

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE DEPORTES**  
**“CAMPUS MEXICALI”**



**Trabajo terminal**

**“Análisis biomecánico de la técnica de pitcheo en lanzadores de edad escolar”**

**Para obtener el Grado de:**

**MAESTRO EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE ESCOLAR**

**PRESENTA**

**L.C.F Héctor Luis González Díaz**

**DIRECTOR DE TRABAJO TERMINAL**

**Dra. Mirvana Elizabeth González Macías**

**MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, JUNIO DE 2024.**

**Trabajo Terminal**

**Para obtener el grado de:**

**MAESTRO EN EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTE ESCOLAR**

**PRESENTA**

**L.C.F Héctor Luis González Díaz**

**Comité de Titulación**

---

**Dra. Mirvana Elizabeth González Macías**

**Presidente**

---

**Mtro. Emilio M. Arráyaes Millán**

**Secretario**

---

**Dr. Carlos Villa Angulo**

**Vocal**

---

**Mtra. Karla Raquel Keys González**

**Vocal**

---

**Mtro. Edgar Ney Galarraga Triana**

**Vocal**

**Copyright © 2024**

**L.C.F Héctor Luis González Díaz**

**Derechos Reservados**

## **Dedicatoria**

A mi primo: Dr. José Luis Expósito Castillo, mi respeto y admiración por ser SNI II en el ámbito académico y SNI III en la vida. El león no es el más rápido, ni el más fuerte, pero es el rey de la selva porque se levanta cada día con inquebrantable determinación y búsqueda constante de oportunidades.

Un profundo agradecimiento a mi amigo-hermano Omar. El trabajo en equipo divide las tareas y multiplica el éxito. Este logro ha sido la culminación de un esfuerzo conjunto.

Nesti, que nuestra hermandad siga siendo una sustancia mágica, eres el mayor regalo que me ha dado la vida. De un hermano como tú, es fácil estar orgulloso. Gracias por existir.

Papá, aquí estoy siguiendo tus pasos. Tu sabiduría y dedicación han sido brújula e inspiración para mí. Gracias por mostrarme el valor de la perseverancia y la integridad. Te amo.

Mamá, tu amor incondicional y apoyo constante han sido mi guía. Tu fuerza y bondad son un ejemplo para mí. Gracias por enseñarme a ser cada día mejor. Te llevo en mi corazón.

## **Agradecimientos**

Al Gobierno de México y a CONAHCYT por brindar esta excelente oportunidad de superación a jóvenes nacionales y extranjeros a través de sus programas y becas, los cuales han sido un verdadero catalizador para nuestro crecimiento. Sin duda han dejado una huella positiva en mi vida.

A la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y la Facultad de Deportes, por abrirme sus puertas, brindarme educación de calidad y un ambiente enriquecedor, optimo donde para aprender y crecer.

Al Dr. Antonio Pineda Espejel, mi gratitud y reconocimiento por su invaluable labor como docente y Coordinador del Programa de Maestría.

A la Dra. Mirvana Elizabeth González Macias, directora del trabajo terminal, quien con su conocimiento, experiencia y sabiduría me ha guiado durante todo el proceso. Su pasión y ejemplar dedicación por la docencia e investigación son dignos de admirar.

A mis compañeros de clase, parte integral de este viaje. Nuestras colaboraciones e intercambio de ideas han enriquecido mi experiencia de aprendizaje.

A todos los maestros, gracias por instruirnos. Su paciencia y dedicación ha desempeñado un papel crucial a la hora de moldear nuestras mentes y prepararnos para el futuro.

## **Resumen**

El objetivo de la presente investigación es analizar la mecánica de lanzamiento de lanzadores en edad escolar en Mexicali, B.C.; utilizando un sistema de captura de movimiento 3D. Se seleccionaron intencionalmente seis lanzadores de la categoría infantil del Club Deportivo Buzitos, ubicado en la Unidad Deportiva Nacozeni con una edad promedio de  $7.16 \pm 1.94$  años, altura de  $1.21 \pm 0.14$  m y peso de  $26.27 \pm 12.80$  kg. Las evaluaciones biomecánicas se realizaron en el Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía de la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California. El movimiento de lanzamiento se analizó en fragmentos para proporcionar mayor entendimiento. Se generó una guía de observación para asegurar la uniformidad en la recolección de datos. Las conclusiones del estudio indican que los deportistas tienden a sobreusar el brazo en lugar de utilizar la mecánica corporal completa, lo que podría aumentar el riesgo de sufrir lesiones a medio y largo plazo en codo y hombro por sobreuso. Se recomienda implementar monitoreo biomecánico periódico mediante estudios longitudinales para seguir la progresión de los lanzadores en el tiempo.

**Palabras clave:** Estudio biomecánico, béisbol, pitcheo

## **Abstract**

The objective of this research is to analyze the throwing mechanics of school-age pitchers in Mexicali, B.C.; using a 3D motion capture system. The study focused on pitchers from the children's category of the Buzitos Sports Club, located in the Nacozari Sports Unit. Six pitchers were intentionally selected with an average age of  $7.16 \pm 1.94$  years, height of  $1.21 \pm 0.14$  m, and weight of  $26.27 \pm 12.80$  kg. The study was conducted under the direction of the Biomechanics and Ergonomics Laboratory of the Sports Faculty of the Autonomous University of Baja California. The pitching motion was analyzed in fragments to provide a better understanding. An observation guide was generated to ensure uniformity in data collection. The conclusions of the study indicate that the athletes tend to overuse the arm instead of utilizing the full body mechanics, which could increase the risk of medium and long-term injuries in the elbow and shoulder due to overuse. It is recommended to implement periodic biomechanical monitoring through longitudinal studies to follow the progression of the pitchers over time.

**Keywords:** Biomechanical study, baseball, pitching

# Índice

Índice de figuras	10
Índice de tablas	11
INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO I - FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	17
1.1    El béisbol	17
1.1.1    El béisbol en México	18
1.2    Características generales del beisbol	19
1.2.1    Campo de beisbol	19
1.2.2    Posiciones de los jugadores	20
1.2.2.1    Lanzador (Pitcher)	21
1.2.2.2    Receptor (Cátcher)	21
1.2.2.3    Primera base (First baseman)	21
1.2.2.4    Segunda base (Second baseman)	22
1.2.2.5    Tercera base (Third baseman)	22
1.2.2.6    Campocorto (Shorstop)	23
1.2.2.7    Jardinero Izquierdo (Left field)	23
1.2.2.8    Jardinero Central (Center field)	23
1.2.2.9    Jardinero derecho (Rigth field)	24
1.3    Reglas básicas del juego.	24
1.3.1    Bateo	25
1.3.2    El Pitcheo	26
1.4    Antecedentes	29
1.5    Biomecánica del lanzamiento	31
1.6    Sistema de captura de movimiento 3D	34
1.6.1    Sistema Vicon	34
1.6.2    Sistema Biovec de AMTI	37
CAPÍTULO II	39
2.1    Planteamiento del problema	39
2.2    Justificación	40
2.3    Objetivos	41
2.3.1    Objetivo General	41

2.3.2 Objetivos Específicos	41
CAPÍTULO III - Metodología	42
3.1 Participantes	42
3.1.2 Muestreo no probabilístico:	43
3.1.2.1 Criterios de selección de la muestra:	43
3.1.2.2 Criterios de exclusión de la muestra:	44
3.2 Diseño de estudio	44
3.2.1 Guía de observación	44
3.2.1.1 Indicadores biomecánicos a medir	44
3.3 Análisis biomecánico	45
3.3.1 Fases del lanzamiento	45
CAPÍTULO IV - RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1 Fase Inicial	47
4.1.1 Angulo del pie de apoyo con respecto a la tabla	47
4.1.2 Balance durante la estadía bípeda	49
4.2 Fase Principal	53
4.2.1 Separación de las manos a tiempo.	53
4.2.2 Traslado hacia home.	55
4.2.3 Amplitud del paso	59
4.2.4 Caída – momento en que ambos pies hacen contacto con el suelo	61
4.3 Fase Final	63
4.3.1 Posición de la mano antes del giro de la cadera	63
4.3.2 Elevación del codo antes de liberar la bola	69
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES	72
LIMITACIONES	74
REFERENCIAS	75
MEDIOS AUDIOVISUALES	84
ANEXOS	85

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Posiciones de los jugadores en el campo.....	20
<b>Figura 2.</b> Sistema Vicon.....	35
<b>Figura 3.</b> Modelo de marcadores de cuerpo completo Plug-in Gait de Vicon®.....	36
<b>Figura 4.</b> Plataformas de fuerza modelo OR6-6 de AMTI™ .....	37
<b>Figura 5.</b> Plataformas de fuerza modelo OR6-7 de AMTI™ .....	38
<b>Figura 6.</b> Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía de la Facultad de Deportes, Campus Mexicali. ....	43
<b>Figura 7.</b> Fases del pitcheo .....	46
<b>Figura 8.</b> Orlando Hernández. Apoyo metatarsiano.....	50
<b>Figura 9.</b> Apoyo plantar. ....	51
<b>Figura 10.</b> Abanico durante el traslado .....	51
<b>Figura 11.</b> Posición Inicial (Tanaka).....	52
<b>Figura 12.</b> Separación tardía de las manos. ....	54
<b>Figura 13.</b> Traslado hacia home .....	56
<b>Figura 14.</b> Ataque con el talón Jacob Degrom.....	57
<b>Figura 15.</b> Fase de Traslado (Tanaka). ....	58
<b>Figura 16.</b> Amplitud del Paso. Tim Lincecum .....	61
<b>Figura 17.</b> Amplitud de paso. Masahiro Tanaka .....	62
<b>Figura 18.</b> Gráfica del ángulo de la articulación del codo derecho antes de iniciar el giro de la cadera.....	65
<b>Figura 19.</b> Supinación temprana de la mano (Atletas 5 y 6). ....	67
<b>Figura 20.</b> Correcta mecánica de lanzamiento (Aroldis Chapman).....	68
<b>Figura 21.</b> Arrastre del codo (Atletas 5 y 6). ....	69

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Registro de edad, talla, peso y brazo de lanzar de la muestra.....	42
<b>Tabla 2.</b> Ángulo del pie de apoyo con respecto a la tabla.....	48
<b>Tabla 3.</b> Amplitud del paso.....	60
<b>Tabla 4.</b> Ángulo del codo y posición de la mano antes de iniciar el giro de la cadera. ....	64

## INTRODUCCIÓN

La actividad física regular proporciona varios beneficios relacionados principalmente con la mejora de la salud y la calidad de vida, (Jimenez, 2022) ayuda a reducir el exceso de peso corporal y sus consecuencias, desarrolla habilidades motrices, (Hacke et al., 2019) optimiza la presión arterial, el funcionamiento cognitivo (Oosterhoff et al., 2016) y mejora las relaciones personales (Aguilar et al., 2021).

La educación física como disciplina docente promueve la actividad física regular y sirve a los niños como plataforma para adquirir y desarrollar habilidades motoras, esenciales para practicar deportes. Además, la educación física y el deporte juntos no sólo mejoran la salud física y cognitiva, sino que también fomentan las relaciones personales y el desarrollo social. Por ello, la práctica de deporte desde edades tempranas, apoyada en una sólida educación física, es fundamental para un desarrollo integral.

En este sentido, Martínez de Osaba et al., (2020), afirma que practicar deporte desde edades tempranas es de gran importancia para el buen desarrollo, tanto en el aspecto físico como en el afectivo, social y cognoscitivo ya que a través del movimiento y de los juegos motores, vivirá nuevas experiencias y estimulaciones en todos estos dominios.

El deporte en México no se queda atrás, ya sea a través de las prácticas o disfrutando como espectadores de las competencias deportivas en las disciplinas. Los campeonatos han hecho que las mejores casas de apuestas México se hayan convertido en una de las plataformas que más atrae jugadores. El esfuerzo de muchos años ha permitido que los deportes mexicanos cuenten hoy con una fiel

fanaticada que han seguido las competencias por años (Baldinelli, 2022).

El deporte en el mundo ocupa una categoría de movimiento social de sorprendentes dimensiones. El factor competición es, sin dudas, uno de los elementos esenciales que hacen que esta manifestación de la actividad humana, de carácter social, adquiera cotas cada día más complejas en las que se busca cada vez mayor perfección y mejores marcas en el rendimiento y resultado deportivo (Durañona et al., 2021).

Refiriéndonos al deporte como fenómeno social, por su capacidad de convocar multitudes y recopilar ganancias millonarias dada su facilidad para generar un espectáculo de alto nivel, tanto las instituciones deportivas estatales como los clubes privados del más alto nivel competitivo intentan ir de mano con la ciencia y la tecnología, motivo por el cual han invertido grandes sumas de capital en la construcción de instalaciones ultramodernas y elaboración de equipamiento novedosos que aumenten la rentabilidad y espectacularidad.

La mejora del rendimiento del deportista a lo largo de la historia, se ha visto influenciada por múltiples factores entre los que se encuentran la genética, la alimentación, y los controles físicos. En la actualidad, uno de estos factores es sin duda, el perfeccionamiento de la ejecución de la técnica, bajo entrenamientos científicamente planificados que han resultado de estudios biomecánicos de alta tecnología (Piloto, 2017).

Es evidente que una información detallada de la técnica deportiva puede aportar una mejora en el rendimiento, pero más importante es el tiempo transcurrido para que ésta llegue de forma clara y comprensible al entrenador o al propio deportista (Borroso et al., 1992). Es por ello que, en todas las modalidades deportivas, la introducción creciente de la tecnología y la ciencia para el perfeccionamiento de la técnica deportiva es una realidad (Pons et al., 2023).

Dentro de las ciencias que ha llevado el deporte a otro nivel se encuentra la biomecánica debido a su capacidad para estudiar y analizar el movimiento humano (Soares, 2012).

Esta disciplina utiliza diversos métodos, como la electromiografía, la cinemática, la dinámica y la antropometría, para investigar las diferentes formas de movimiento y mejorar el rendimiento deportivo.

La biomecánica deportiva es especialmente importante porque nos permite ser más eficientes al realizar esfuerzos, lo que a su vez mejora el rendimiento en el deporte. Al comprender cómo se mueve el cuerpo humano y cómo se pueden optimizar los movimientos, los atletas pueden mejorar su técnica, desarrollar mejores estrategias de entrenamiento y diseñar equipamiento deportivo de alto rendimiento.

De acuerdo con Pilotos et al., (2012), los conocimientos adquiridos a través de la biomecánica deportiva permiten desarrollar una investigación encaminada a establecer la técnica deportiva más eficaz, abordar el estudio con un sentido científico, obtener una información instantánea y objetiva, que posibilite detectar errores o insuficiencias y establecer ejercicios especiales dirigidos al perfeccionamiento de la acción motora.

Además, la biomecánica también contribuye a la prevención de lesiones en el deporte (Soares, 2012). Al analizar las técnicas específicas de cada especialidad e identificar las prácticas que pueden predisponer la acumulación de microtraumas, se pueden desarrollar estrategias para reducir la incidencia de lesiones y garantizar la seguridad de los atletas (Pilotos et al., 2012).

Por tanto, el estudio biomecánico de las técnicas deportivas basado en el análisis cinemático de videos es un método ampliamente utilizado por científicos para brindar información a entrenadores y atletas acerca del comportamiento de los indicadores que determinan el rendimiento.

La medición, el análisis y la comprensión de los movimientos y las fuerzas involucradas en las acciones de los atletas en situaciones reales, proporciona información valiosa para mejorar la técnica deportiva, optimizar el rendimiento,

perfeccionar los sistemas de entrenamiento y prevenir lesiones.

En este sentido, el beisbol es un deporte extremadamente preciso, donde las acciones ocurren en fracciones de segundo y algunos detalles importantes escapan de la vista humana. Por ello, los estudios biomecánicos ayudan a identificar posibles asimetrías o limitaciones físicas que puedan afectar el rendimiento de los jugadores.

En el área del pitcheo, obtener información detallada sobre la mecánica del lanzamiento, como velocidad, trayectoria, rotación, posición del brazo, fuerza aplicada, entre otros factores permite identificar patrones de movimiento efectivos y detectar desviaciones que podrían causar lesiones o afectar el rendimiento. Estos datos pueden ser utilizados por entrenadores y médicos para evaluar y mejorar la técnica del lanzador.

Los lanzadores de categoría escolar se encuentran en pleno desarrollo del sistema osteomioarticular (SOMA). Es por ello que, identificar deficiencias en la técnica del lanzador desde edades tempranas ayuda a prevenir lesiones y maximizar el rendimiento del jugador a largo plazo. Esto puede marcar la diferencia en el rendimiento del jugador a medida que avanza en su carrera en el béisbol.

Este trabajo terminal está estructurado por una introducción y cuatro capítulos. El Capítulo I incluye los fundamentos teóricos que respaldan el estudio biomecánico. El Capítulo II contiene el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos de la investigación. El capítulo III tiene como propósito mostrar los métodos científicos para desarrollar el trabajo y definir la población y muestra. El Capítulo IV muestra los resultados del estudio biomecánico. Por último, se visualizan las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

## **CAPÍTULO I – FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.1 El béisbol**

Deporte catalogado por Becerra & Sánchez, (2016) como uno de los deportes más tradicionales en el mundo. Atrae millones de espectadores a los estadios y a las presentaciones por televisión. Es, básicamente, un deporte en el que se enfrentan 9 jugadores vs 9 jugadores, y cuya misión es batear una pelota que es lanzada por el pitcher, para de esta forma, y pasando por tres bases previas, llegar al home y sumar una carrera.

De acuerdo con Fernández, (2004, p. 52) el objetivo del juego es golpear una pelota con un bate, desplazándola a través del campo, correr por el campo interno de tierra buscando alcanzar la mayor cantidad de bases posibles hasta dar la vuelta a la base desde donde se bateó, y lograr anotar el tanto conocido como carrera. Mientras tanto, los jugadores defensivos buscan la pelota bateada para eliminar al jugador que bateó la pelota, antes de que este llegue primero a una de las bases o consiga anotar la carrera.

La complejidad natural del beisbol favorece la extracción de una gran cantidad de datos de diversa, los cuales lo hacen uno de los deportes más completos en cuanto a estadísticas se refiere. La introducción de las nuevas tecnologías en el béisbol ha optimizado los sistemas para el registro y análisis de información, tanto en el entrenamiento como en el juego, contribuyendo a un control más exacto del rendimiento de un jugador (Ríos et al., 2020).

Practicar sistemáticamente esta disciplina, desarrolla capacidades como la percepción espacio-temporal, la coordinación ojo-muscular, la agilidad, el equilibrio y el dominio segmentario (Barrios, 2016). Desde el punto de vista volitivo este

deporte fomenta el trabajo en equipo, la disciplina, la responsabilidad, la perseverancia, el pensamiento rápido, entre otros. Estos factores contribuyen al crecimiento personal y al disfrute del juego y son transferibles a otras áreas de la vida.

### **1.1.1 El béisbol en México**

Según estimaciones de Baldinelli, (2022) en la lista de deportes con mayor fanaticada en México el béisbol ocupa el segundo puesto. Incluso solo en algunos sitios supera al fútbol en cantidad de fanáticos. Actualmente, se disputan dos ligas de béisbol. En la Liga Mexicana participan 16 equipos y una liga de invierno que consta de tan solo 8 equipos.

El béisbol tiene una larga tradición en México y forma parte del legado deportivo del país. A lo largo de los años, México ha producido jugadores destacados que han dejado huella en el béisbol profesional (Adrián González, Fernando Valenzuela, Roberto Ozuna) por mencionar algunos. El talento y la personalidad magnética de estos deportistas ha intensificado el fervor por este juego en todo el país.

Muchos jóvenes mexicanos sueñan con convertirse en jugadores profesionales de béisbol y trabajan arduamente para alcanzar ese objetivo. Los programas de desarrollo de talento y las ligas juveniles en México brindan oportunidades para que los jóvenes jugadores desarrollen sus habilidades y conquisten sus metas deportivas.

## **1.2 Características generales del beisbol**

### **1.2.1 Campo de beisbol**

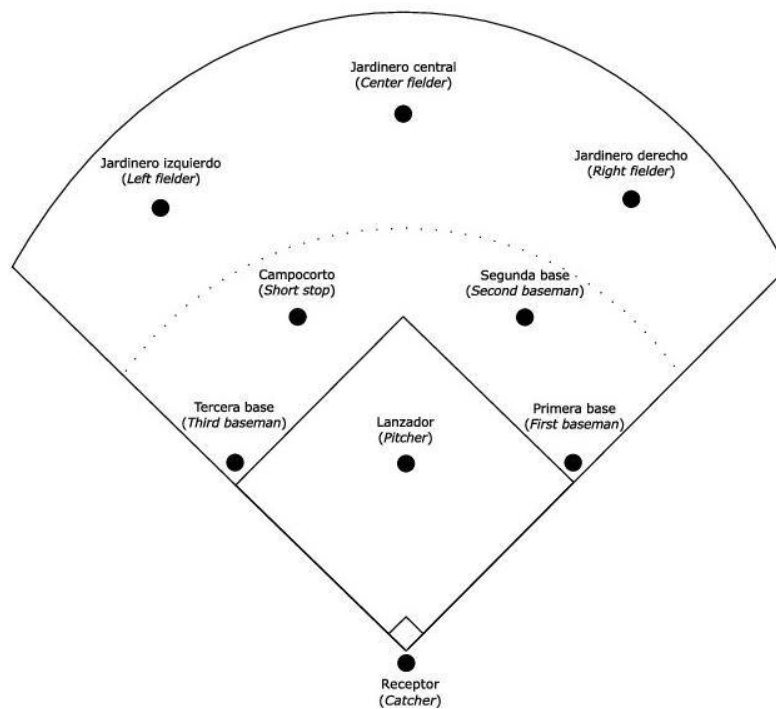
El terreno de beisbol presenta las siguientes dimensiones: (Aldersonet al., (2016).

El cuadro interior será un cuadrado de 90 pies. Los jardines serán el área entre las dos líneas de "foul" formadas al extenderse los dos lados. La distancia desde el plato a la verja más cercana, gradas u otra obstrucción en territorio "fair" será de 250 pies o más. Es preferible una distancia de 320 pies o más a lo largo de las líneas de "foul" y 400 pies o más al jardín central. El cuadro interior estará nivelado de forma tal que las líneas de base y el plato estén al mismo nivel.

La goma del lanzador estará a 10 pulgadas sobre el nivel del plato. El grado de declive desde un punto ubicado a 6 pulgadas del frente de la goma del lanzador hasta un punto de 6 pies en dirección hacia el plato, será de una pulgada por cada 12 pulgadas (1 pie), y tal grado de declive será uniforme. El cuadro interior y los jardines incluyendo las líneas de "foul," son territorio "fair" y toda otra área es territorio "foul".

### 1.2.2 Posiciones de los jugadores

En la Figura 1 se observan las posiciones de los jugadores, cada jugador ocupa una posición específica en el terreno y una función determinada a la defensa: el encargado de lanzar la pelota (*pitcher*), el receptor de la misma (*cácher*), el defensor de la primera base (primera base), el defensor que se sitúa entre la primera y la segunda base (segunda base), el defensor de la tercera base (tercera base), el jugador defensor que se sitúa entre la segunda y la tercera base (campocorto) y los exteriores izquierdo, central y derecho (jardinero izquierdo, central y derecho respectivamente) (Durañona et al., 2021).



**Figura 1.** Posiciones de los jugadores en el campo.

**Fuente:** Soto., (2016).

### **1.2.2.1 Lanzador (Pitcher)**

Según suscribe Durañona et al., (2021), el pitcher es el encargado de abrir las acciones cuando ponen la pelota en juego, a partir del primer lanzamiento desde el montículo o goma de lanzar, dirigiéndola al receptor con el objetivo de poner fuera (out) a los bateadores por cualquier vía.

### **1.2.2.2 Receptor (Catcher)**

Posición vitalmente defensiva, situándose durante el turno defensivo detrás del bateador para recepcionar la pelota del pitcher, para lo que se requiere una persona ágil y con alta estabilidad (Clavijo-Redondo et al., 2016).

Esta posición requiere una gran inteligencia deportiva, brazo potente, agilidad de piernas, capacidad de concentración, temperamento apacible y prever las jugadas en el cuadro y los jardines. Por ende, debe desarrollar una consistencia física tremendamente fuerte y un poder de anticipar jugadas con precisión, de lo contrario cometería un sinnúmero de errores de criterio que redundarían en la derrota de su equipo.

### **1.2.2.3 Primera base (First baseman)**

La primera base es una de las cuatro bases que los jugadores a la ofensiva deben tocar para anotar una carrera y es referida como la posición número 3 (ver Figura 1). Su principal responsabilidad defensiva radica en recibir lanzamientos de otros jugadores en el campo y tocar la primera base para forzar o sacar out a un corredor que intenta llegar a esa almohadilla.

Está a cargo además de defender bolas que son lanzadas hacia su posición y, en algunos casos, puede ser necesario cubrir otras bases en ciertas situaciones. La posición requiere de una buena coordinación, flexibilidad y destreza para recibir tiros y realizar jugadas complicadas.

#### **1.2.2.4 Segunda base (Second baseman)**

Se denomina la llave del cuadro interior dado que su tránsito es indeterminado. En esta base se desarrollan muchas de las jugadas decisivas de un partido.

No es posible fijar rigurosamente una posición determinada al intermedista para todas las ocasiones. La ubicación depende de diversos factores como la potencia de su brazo, el terreno que pueda cubrir, las propensiones de los bateadores, el número de “outs” y los corredores que haya en base.

#### **1.2.2.5 Tercera base (Third baseman)**

El defensor de la tercera base se ubica en la parte izquierda del campo. Requiere habilidades específicas, como una rápida capacidad de reacción para atrapar líneas y roletazos, movilidad lateral para llegar a tiempo a las conexiones hacia la línea de foul o al campo corto y la habilidad de lanzar con potencia y precisión hacia primera base y segunda base en jugadas de doble play.

El jugador de tercera base normalmente es un jugador con un brazo fuerte y una buena habilidad para la captura de pelotas, ya que la mayoría de los bateadores diestros poseen la tendencia natural de dirigir la pelota en su dirección. Además, debe comprender las situaciones estratégicas del juego y los movimientos de los corredores que permitan tomar decisiones rápidamente y realizar lanzamientos precisos.

### **1.2.2.6 Campocorto (Shorstop)**

Atendiendo el criterio de Clavijo-Redondo et al., (2016), los campocortos suelen tener un rol más importante durante la fase defensiva del juego, lo que, junto con su posición cercana a las bases, requiere que sean jugadores ágiles, rápidos y con una gran velocidad de reacción.

Es el jugador que se ubica entre la segunda y tercera base. (ver Figura 1). Debe tener un buen brazo para hacer lanzamientos precisos a la primera base y otras bases, buena técnica para la defensa y habilidades para el bateo ofensivo. Es una posición clave en defensa; un buen jugador de campo corto puede cambiar el curso del juego.

### **1.2.2.7 Jardinero Izquierdo (Left field)**

Es una posición en los jardines y se encarga de cubrir el área del jardín izquierdo. Necesita tener buenas habilidades defensivas y un brazo fuerte para hacer lanzamientos rápidos y precisos al plato para evitar que los corredores anoten.

También son responsables de atrapar los elevados al jardín izquierdo y de ayudar al center field mediante asistencias e indicaciones a que base debe lanzar.

### **1.2.2.8 Jardinero Central (Center field)**

Es una posición defensiva importante en el béisbol que cubre principalmente el área del central del outfielder, ubicado entre los jardineros derecho e izquierdo (ver Figura 1). El jardinero central a menudo se considera el más rápido y atlético de los jardineros debido a la gran cantidad de terreno que deben cubrir. Es responsable de atrapar los elevados lanzados al centro del campo y evitar que los corredores avancen o anoten mediante tiros precisos al cuadro interior y al home plate.

### **1.2.2.9 Jardinero derecho (Righth field)**

Es supuestamente la posición menos importante del juego puesto que durante el partido la menor cantidad de conexiones se dirige al área del jardín derecho. No obstante, requiere tener un brazo fuerte para hacer lanzamientos precisos a tercera base y al home plate evitando que los corredores avancen. También son responsables de atrapar líneas y elevados al jardín derecho, así como asistir detrás de la primera base en jugadas por el cuadro.

### **1.3 Reglas básicas del juego.**

El béisbol es un juego entre dos equipos de nueve jugadores cada uno, jugado en un terreno cerrado, bajo la jurisdicción de uno o más árbitros. El ganador del juego será el equipo que haya anotado el mayor número de carreras al terminar el juego (Alderson et al., 2016).

El equipo que está a la ofensiva (al bate) intenta golpear la pelota lanzada por el pitcher y avanzar por las bases hasta llegar a home y anotar, al tiempo que el equipo que está a la defensa tiene como objetivo impedir que el equipo contrario anote carreras (Alderson et al., 2016).

El lanzador debe lanzar la pelota hacia la zona de strike, que es el área sobre el home donde el bateador debe intentar golpear y luego correr por las bases hasta llegar a home. Si el defensa atrapa la pelota en el aire después de que el bateador la golpee o antes de que toque el suelo, el bateador es retirado (Alderson et al., 2016).

Si la pelota es lanzada fuera de la zona de strike y el bateador no la intenta golpear, se le llama "bola". Cuando el equipo en defensa logre retirar a tres

bateadores del equipo contrario, se cambiarán los roles y el equipo que estaba a la defensa pasará a ser bateador (Alderson et al., 2016).

### **1.3.1 Bateo**

La acción de batear se caracteriza por la capacidad del sistema neuromuscular para vencer una resistencia externa con una elevada rapidez de contracción. Esta requiere de un perfecto dominio de la estructura variable del movimiento, la cual está dada por la realización de movimientos rápidos y precisos que se ejecutan a un ritmo determinado y que exigen una coordinación motora compleja (Díaz et al., 2022).

La coordinación durante el bateo resulta una capacidad imprescindible a desarrollar, dado que el bateador para hacer contacto real con la pelota tiene que armonizar adecuadamente en tiempo y espacio los movimientos que intervienen en la ejecución, todo lo cual es posible debido a la percepción directa e inmediata del lanzamiento realizado (Díaz et al., 2022).

Para ganar juegos de béisbol, los bateadores de un equipo deben anotar más carreras que el equipo contrario. Por lo tanto, los bateadores dedican mucho tiempo y esfuerzo a mejorar su mecánica de bateo. Aunque hay una variedad de estrategias de bateo, la habilidad conectar un jonrón, es una de las más buscadas. (Nakashima et al., 2020).

### **1.3.2 El Pitcheo**

Atendiendo el criterio de Arce et al., (2020), el lanzador constituye una pieza de mucha responsabilidad e importancia dentro del equipo, de su efectividad y control depende en gran medida la victoria. El trabajo monticular es muy difícil, no solo por el esfuerzo físico y la actividad mental, sino también por la diversidad de los movimientos que lo componen y que se emplean en cada uno de sus lanzamientos, de acuerdo a las situaciones en el transcurso del desafío.

Así lo confirman Becerra & Sanchez, (2016), al expresar que el pitcheo es la parte más importante del juego de béisbol, por tanto, su maestría o habilidad en el dominio de la biomecánica de su cuerpo pueden marcar la diferencia entre perder o ganar un encuentro.

Desde el punto de vista técnico, el pitcheo es una acción que requiere una perfecta sincronía entre los miembros inferiores y superiores, dado que el brazo es una estructura que no está diseñada para lanzar. Para alcanzar la velocidad máxima en el disparo es necesario proporcionar una cadena cinemática fluida desde la planta del pie hasta la última falange de la mano. En cambio, una técnica subóptima disminuye la velocidad y el control, al tiempo que puede poner en riesgo la salud del brazo (Valdez, 2020).

En este sentido, Crespo et al., (2021) destaca que un lanzador puede dirigir la bola hacia home sobrepasando los 150 km/h (más de 94 mph), en una distancia un poco más de 18 m, así disminuye el tiempo de reacción del bateador por lo que casi le será imposible conectar la pelota. Pone de ejemplo, el lanzamiento de 106.9 mph (172.04 km/h) del cubano Aroldis Chapman en el béisbol de las grandes ligas, récord que necesitó solo 0.39 s (390 ms) en llegar al guante del catcher, mucho menos de medio segundo.

La secuencia de la cadena cinemática permite que un lanzador acumule y transfiera energía desde las extremidades inferiores a la extremidad superior, a través del tronco. En concreto, la máxima velocidad angular de la parte superior del tronco debe ocurrir poco después de la velocidad angular máxima de la pelvis.

Los segmentos corporales siguen el principio de sumatoria, en el que la energía se transfiere cuando el segmento subsiguiente comienza a girar como el segmento anterior hasta alcanzar su velocidad angular máxima. La estabilidad y control neuromuscular de las extremidades inferiores y la musculatura central son esenciales para optimizar los efectos de este principio (Dietz et al., 2022).

La secuencia inadecuada entre el contacto de los pies, la rotación de la pelvis y la rotación de la parte superior del tronco se ha asociado con una disminución de la velocidad de la pelota, una mayor cinética y un mayor riesgo de lesión en el hombro (Douoguih et al., 2015).

Un lanzador de béisbol, puede efectuar más de 100 lanzamientos en un juego, todos a máxima intensidad, su ejecución debe ser lo más fluida posible para poder

aguantar este trabajo físico-técnico en nueve entradas, sin comprometer la salud del brazo. Es frecuente que lanzadores jóvenes (menores de 22 años), hayan sufrido una operación de hombro o codo, producto de una ejecución técnica subóptima.

Teniendo en cuenta que lanzar es una compilación compleja de movimientos ordenados y articulados entre tronco, hombro y codo, la articulación glenohumeral, incrustada en el segmento de la escápula (Ver anexo 3), puede sufrir micro traumatismos en caso de que antes de iniciar la rotación de la cadera la mano se encuentre en supinación, trayendo consigo que la cabeza del húmero se inserte en la cavidad glenoidea de la escápula y daña la cápsula articular del hombro.

La incidencia de lesiones en lanzadores adolescentes ha aumentado a un ritmo alarmante. Su etiología es multifactorial. La mecánica deficiente y sobreuso han sido las causas más comunes. Como respuesta, los entrenadores han tratado de enseñar la mecánica "adecuada" a una edad temprana. Los entrenadores de pitcheo generalmente dependen de la experiencia, y observación visual para proporcionar la base para modificar la técnica o consejos de entrenamiento (Nissenet al., 2007).

Una mecánica que no respete los patrones de movimiento natural de la articulación del codo (flexión y extensión) puede ocasionar la ruptura del ligamento colateral ulnar, obligando al atleta a someterse a una reconstrucción del ligamento colateral cubital ("cirugía Tommy John") ahora tiene una mayor incidencia en 15 a 19 años de edad (Erickson et al., 2021).

Teniendo en cuenta el criterio de los autores anteriormente citados, podemos afirmar que la técnica del lanzamiento debe ser estudiada detalladamente desde el

punto de vista biomecánico para lograr un movimiento racional que respete la conformación anatómica del brazo y evitar traumatismos causados por realizar esta acción repetitiva y forzada.

#### **1.4 Antecedentes**

Varios investigadores han analizado la mecánica de lanzamiento utilizando herramientas biomecánicas. Por ejemplo, Sabick et al., (2004) utilizando cámaras de 120 cuadros por segundo, evaluó 14 lanzadores de 12 años y analizó una variedad de parámetros cinemáticos y cinéticos demostró la estrecha correlación entre el torque en valgo del codo y con las lesiones del ligamento colateral ulnar del codo.

Por su parte, Stodden et al., (2005) examinaron 19 pitchers y determinaron como factores influyentes en la velocidad del lanzamiento, la fuerza proximal del hombro y la flexión del codo. El aumento de la aceleración del torso permite transferir más impulso del tronco al brazo de lanzar. Por esta razón, los lanzadores en aras de alcanzar rendimientos deportivos máximos, deben en primer lugar perfeccionar su mecánica de lanzamiento, y, en segundo lugar: fortalecer la musculatura del hombro y el codo que resisten la distracción, así como mejorar la fuerza y la flexibilidad del tronco para maximizar la velocidad y ayudar a prevenir lesiones.

De igual manera, Fleisig et al., (2006) analizaron varios parámetros cinemáticos, cinéticos y temporales para examinar el lanzamiento de bola rápida en 23 atletas juveniles (de 10 a 15 años), y determinaron que estos lanzadores generalmente lanzan de manera similar a los lanzadores adultos.

A fin de describir la cinemática y cinética del movimiento de lanzamiento en

atletas de edad escolar, Nissen et al., (2007) estudiaron la mecánica de lanzamiento de 24 lanzadores adolescentes (14 años) con más de 2 años de experiencia mediante el Sistema de Movimiento Vicon 512, colocando 38 marcadores en todo el cuerpo, donde determinaron la secuencia de rotación de todas las articulaciones y resaltando la importancia de la aceleración de la muñeca para imprimir mayor velocidad al disparo.

Mediciones de Anz et al., (2010) en 23 beisbolistas profesionales durante entrenamientos primaverales con el objetivo de disminuir la tasa de lesiones de la articulación del codo, corroboraron que los lanzadores que realizaban torque en valgo del codo tienen mayor probabilidad de sufrir lesiones en dicha articulación.

Con el propósito de proporcionar un mayor entendimiento sobre el movimiento de las extremidades inferiores y su importancia para el correcto funcionamiento de los miembros superiores Milewski et al., (2012) estudiaron la mecánica de 32 lanzadores adolescentes (10 – 15 años). Un error recurrente en estos lanzadores fue la hiperextensión de la pierna de péndulo en el momento del traslado, producto del apoyo plantar en la fase inicial del wind up.

Un programa de ejercicios utilizando bolas pesadas (32 onzas) implementado por Fleisig et al., (2016) con el objetivo de aumentar la velocidad en un grupo de 25 atletas de edad juvenil, demostró que a medida que aumentaba la masa de la pelota la velocidad del lanzamiento disminuye. Sin embargo, no hubo variación significativa en los principales ángulos durante el movimiento (hombro, codo y pelvis). Este estudio concluyó que el entrenamiento con bolas pesadas aumenta la velocidad una vez que se retome la pelota oficial.

Otro estudio de Fleisig et al., (2017) con el propósito de evaluar si los lanzadores

mejoran su mecánica después de un análisis biomecánico, demostró que 46 pitchers de ligas menores mejoraron sus deficiencias un 44 % en la segunda medición con respecto a la primera. Ambas mediciones tuvieron un lapso de 12 meses entre una y otra. Esta investigación concluye que, para corregir patrones técnicos inadecuados en lanzadores, los estudios biomecánicos son una herramienta de gran ayuda.

Sin embargo, tal y como apunta Thompson et al., (2018), la mala mecánica de lanzamiento en lanzadores jóvenes no ha sido suficientemente evaluada debido a la falta de una comprensión biomecánica del movimiento de lanzamiento.

Si bien estos trabajos tributan al tratamiento que merece el objeto que se investiga, en su mayoría están dirigidos a características generales. Son experiencias aisladas, que no brindan herramientas concretas que permitan la corrección individualizada de esos pequeños detalles, los cuales llevan a la insatisfacción de los elementos físicos, orgánicos y psicológicos que demanda el lanzador en su totalidad.

### **1.5 Biomecánica del lanzamiento**

El pitcheo es considerado en biomecánica como un ejercicio físico donde la tarea del movimiento consiste en el desplazamiento de un cuerpo externo, en este caso la pelota (Donskoi & Zatsiorski, 1998).

La transmisión de la “información mecánica” en el caso del lanzador tiene su recorrido más importante desde el pie de pivot, apoyado en la goma de lanzar hasta la mano con que el pitcher lanza la pelota, transitando por todos los segmentos intermedios. La unión de estos segmentos constituye una cadena biocinemática abierta con un miembro final libre, que en este caso es la mano del lanzador

(Perdomo, 2007).

Aquí la pelota no se considerada un miembro más de la cadena, sino, simplemente como el objeto a desplazar. Esta información mecánica en forma de velocidad es la que se propaga por todos los segmentos de la cadena hasta que se le comunica a la mano de lanzar y de aquí a la pelota, el impulso necesario para satisfacer el objetivo del lanzamiento. Dicha transmisión se verifica a través de los puntos de contacto, residentes en las articulaciones y que relacionan a los segmentos con sus vecinos (Perdomo, 2007).

Los movimientos biomecánicos-energéticos de traslación y de rotación, manifiestos en el gesto técnico del pitcher, exigen de una secuencia lógica, ininterrumpida, sincronizada y dependiente, hasta soltar la pelota como producto final, fundamentados en las leyes de la mecánica clásica de Newton y de la conservación de la energía mecánica y/o del momento cinético y el momento angular (Sears et al., 2013).

Lanzar una pelota de béisbol requiere la transmisión de fuerzas generadas en la extremidad inferior, a través del tronco, luego a la extremidad superior y finalmente a través de la pelota. Cada segmento recibe energía potencial elástica del segmento anterior (Calabrese, 2013).

La correcta acción del tronco es fundamental para transferir la energía producida por las extremidades inferiores. (Hiramoto et al., 2023) Utilizar una mecánica de lanzamiento adecuada, específicamente la rotación del torso y la longitud de la zancada, es una forma de minimizar el riesgo de lesiones, sin comprometer el rendimiento (Dietz et al., 2022).

Otro requisito clave para la efectividad del lanzamiento, según el criterio de

Kibler & Sciascia (2019), es la conversión de energía potencial en energía cinética que se produce durante la fase de zancada cuando el lanzador avanza hacia el home. La sincronización inadecuada, la falta de separación de segmentos o la pérdida de transferencia de energía en la fase de aceleración podrían ser un punto crítico para la necesidad de generación de energía compensatoria en las extremidades superiores.

A propósito, Becerra & Sánchez, (2016) plantea, que ejecutar de forma óptima la mecánica de lanzamiento puede hacer la diferencia total entre ganar un partido o no. ¿Cómo hacerlo? Además de practicarlo una y otra vez, nunca esta demás plantearse modelos en los que se pueda notar los movimientos que ejecuta alguien, que podríamos considerar, como un ejecutante ideal.

La codicia por lanzar duro en el béisbol, más el desconocimiento mecánico-energético del aporte y lo que evita la correcta ejecución de las fases del gestor técnico del pitcher, son las principales causas de las lesiones en jóvenes lanzadores (Crespo et al., 2021). A propósito, Sabik et al., (2004) concluye que, dado que las variables biomecánicas del lanzamiento no son fácilmente modificables, limitar el número de entradas lanzadas es probablemente la mejor manera de reducir las lesiones en lanzadores jóvenes.

Teniendo en cuenta lo planteado por Stodden et al., (2006) la memoria neuromuscular de la mecánica de lanzamiento se desarrolla en edades tempranas. Si se aprenden las técnicas adecuadas a esta edad, existe gran probabilidad de que continúen durante la adolescencia y adultez.

Igualmente, Fleisig et al., (2017) recalca la vital importancia de instruir a los lanzadores escolares y juveniles sobre la mecánica adecuada cuando están

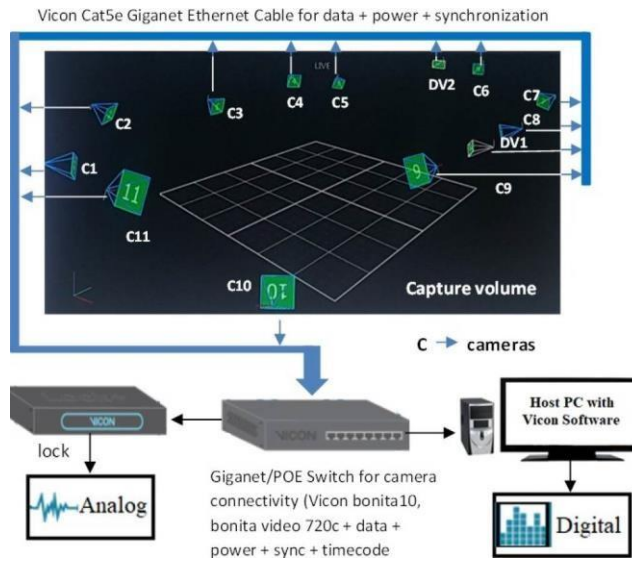
desarrollando su movimiento de lanzamiento, dado que una pobre mecánica conduce a un aumento de las fuerzas sobre las articulaciones, los huesos y ligamentos sin aumento de la velocidad.

## **1.6 Sistema de captura de movimiento 3D**

### **1.6.1 Sistema Vicon**

El sistema de captura de movimiento tridimensional, está conformado por once cámaras infrarrojas optoelectrónicas (Bonita B10) de hasta un megapíxel (1024 x 1024) de alta resolución, con distancia focal variable y velocidad de 250 cuadros por segundo (cps) y dos cámaras de video (Bonita 720c) de resolución HD de 1280 x 720, con una frecuencia de 120 Hz, totalmente sincronizada (González et al., 2022).

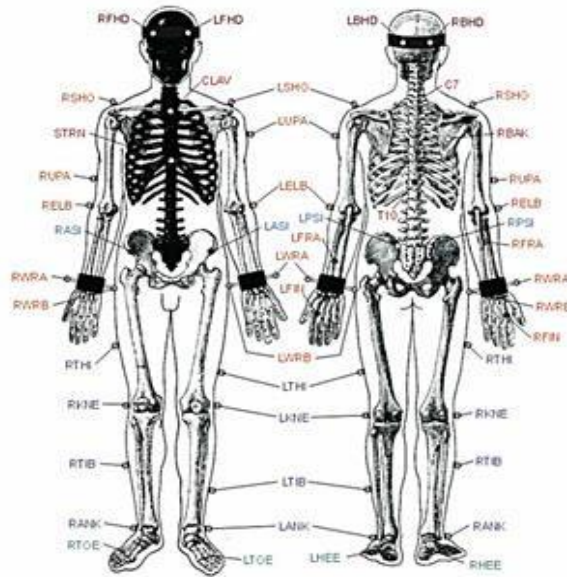
Las cámaras se distribuyeron en el volumen de captura para medir todos los detalles posibles en el movimiento del deportista en 3D. Además, el sistema incluye un conmutador de cámara Giganet (POE) en una red Ethernet, una cerradura Vicon para observación de señales analógicas, una PC host con el software Vicon Nexus 2 y cuatro plataformas de fuerza (AMTI, Waterdown, MA, EE. UU.) (ver Figura 2).



**Figura 2.** Sistema Vicon.

**Fuente:** González et al., (2022).

La figura 2, ilustra la configuración del sistema de captura de movimiento en 3D. Además, todas las dimensiones demográficas y antropométricas de los participantes, se capturan el software Nexus versión 12. Después, se procede a la colocación de 39 marcadores reflectantes pasivos de acuerdo al modelo Plug-in Gait de Vicon® (Vicon Motion Systems, 2017) de cuerpo completo (ver Figura 3).



**Figura 3.** Modelo de marcadores de cuerpo completo Plug-in Gait de Vicon®.

**Fuente:** Vicon Motion System (González, 2018).

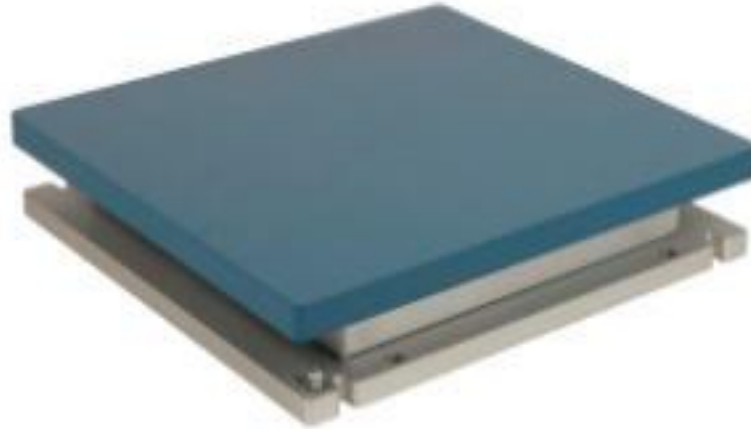
### 1.6.2 Sistema Biovec de AMTI

El sistema BIOVEC™ de AMTI, está especialmente diseñado para la medición precisa de las fuerzas de reacción al suelo. Conformado por cuatro plataformas de fuerza. Dos de ellas del modelo OR6-6 con una capacidad de 2000 lb con una frecuencia de 1000 Hz en Fz y de 550 Hz para Fx y Fy (ver Figura 4). Las otras dos, son modelo ORG-7 (ver Figura 5), con una capacidad de 1000 lb, una frecuencia de 480 Hz en Fz y de 300 Hz en Fx y Fy, ambos modelos utilizan un amplificador y el software BioAnalysis™ (Advanced Mechanical Technology, 2000).



**Figura 4.** Plataformas de fuerza modelo OR6-6 de AMTI™.

**Fuente:** (González, 2018).



**Figura 5.** Plataformas de fuerza modelo OR6-7 de AMTI™.

**Fuente:** (González, 2018).

La plataforma mide los tres componentes ortogonales de la fuerza a lo largo de los ejes X, Y y Z, y los momentos sobre los tres ejes. El sistema BIOVEC™ de AMTI™ es un sistema completo de plataformas de fuerza para el análisis de la marcha (González, 2018).

Los datos capturados por el sistema Biovec se pueden utilizar para estudiar patrones de movimiento humano y diagnosticar trastornos del movimiento.

## **CAPÍTULO II**

### **2.1 Planteamiento del problema**

En aras de buscar soluciones con fundamento científico a la problemática existente, la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) cuenta con un laboratorio de Biomecánica ideal para analizar la mecánica de pitcheo en lanzadores de Mexicali B.C de edad escolar con el propósito de detectar las principales deficiencias que conducen a resultados subóptimos en el área de los lanzadores.

Por otro lado, en junio de 2011 la UABC y Águilas de Mexicali firmaron un convenio de cooperación con el propósito de implementar proyectos científicos que contribuyan a aumentar el rendimiento deportivo del club. En el mismo la UABC se compromete a difundir en los estudiantes la realización de proyectos de vinculación y prácticas profesionales de acuerdo con la carga académica descrita en el plan de estudios, la cual será aplicable en Águilas de Mexicali.

Los adolescentes y jóvenes que practiquen béisbol en el municipio de Mexicali son candidatos potenciales a ingresar a futuro a la organización de los Águilas, por ello cualquier estudio enfocado en el perfeccionamiento técnico de estos equipos de categoría menor pueden tener un impacto positivo a largo plazo en dicho club.

Dentro de este marco, a pesar de los avances tecnológicos disponibles, los entrenadores de los equipos de béisbol de edad escolar de Mexicali B.C solo corrigen los elementos técnicos sobre la base del empirismo y acuden únicamente a sus observaciones para identificar el comportamiento de las características cinemáticas. Esto demuestra que constituye una falencia latente en el territorio, la existencia de herramientas que permitan, desde los fundamentos de la ciencia,

determinar las principales dificultades técnicas de los lanzadores.

A la vista del ser humano muchos movimientos rápidos e involuntarios pueden desfavorecer la ejecución de distintas técnicas que se pretenden mejorar, la importancia del control biomecánico a través de una observación indirecta aplicando un análisis videográfico, puede facilitar la correcta ejecución de técnicas y movimientos innecesarios (López et al., 2024)

El empleo de la técnica del video-análisis es hoy en día una tecnología apropiada para el entorno científico y académico. Esta tecnología permite desarrollar el estudio de fenómenos de la realidad y brinda la oportunidad única de obtener, con bajo consumo de recursos, un amplio espectro de información sobre las diferentes magnitudes que permiten caracterizar mejor el movimiento mecánico de los cuerpos (Pons et al., 2023).

Lo antes expuesto justifica la necesidad de instruir, sensibilizar y dirigir a entrenadores y atletas hacia la aplicación de estudios biomecánicos que demuestren detalladamente las principales deficiencias que impidan un mejor desempeño, para trabajar de inmediato sobre ellas.

Debido a las deficiencias encontradas en la teoría y en la práctica se pudo identificar **la necesidad de estudiar la mecánica de pitcheo en lanzadores de edad escolar en Mexicali, B. C.**

## **2.2 Justificación**

El presente estudio tendrá lugar en un laboratorio de análisis de movimiento 3D, con equipos de alto nivel, permitiendo una evaluación precisa en los lanzadores de béisbol. Por tanto, la investigación tendrá un impacto positivo en entrenadores y atletas de béisbol de edad escolar de Mexicali, B.C, ya que podrán conocer sus

propias deficiencias en la mecánica de lanzamiento, ajustar la técnica y los programas de entrenamiento para abordar estos problemas, evitar lesiones y lograr el dominio de los objetivos atléticos; mejorando así su desempeño en el campo de béisbol.

Además, durante la edad escolar, los lanzadores se encuentran en pleno desarrollo, y los estudios biomecánicos pueden ayudar a identificar posibles cambios en el crecimiento óseo y articular que puede afectar su técnica y salud en general. Es importante realizar estos estudios con frecuencia para monitorear la evolución del lanzador en el tiempo y hacer correcciones técnicas a tiempo que conlleven a alcanzar la maestría deportiva desde temprana edad.

## **2.3 Objetivos**

### **2.3.1 Objetivo General**

Analizar la mecánica de pitcheo en lanzadores de edad escolar de Mexicali, B.C, a través de un sistema de captura de movimiento 3D.

### **2.3.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Evaluar la ejecución de lanzamiento en lanzadores de edad escolar de Mexicali, B.C, con un sistema de captura de movimiento 3D.
- ✓ Analizar la correlación entre los diferentes indicadores biomecánicos en lanzadores de edad escolar.
- ✓ Identificar las deficiencias técnicas durante la ejecución de pitcheo en lanzadores de edad escolar.

## CAPÍTULO III – Metodología

### 3.1 Participantes

El presente estudio está dirigido a los lanzadores de edad escolar de las Ligas Infantiles de Mexicali, B.C, específicamente de la categoría infantil del Club Deportivo Buzitos con sede en la Unidad Deportiva Nacozari. Se utilizó, una muestra intencional, seleccionaron 6 lanzadores con una edad promedio ( $7.16 \pm 1.94$ ) años, talla ( $1.21 \pm 0.14$ ) m y peso ( $26.27 \pm 12.80$ ) kg (Ver tabla 1).

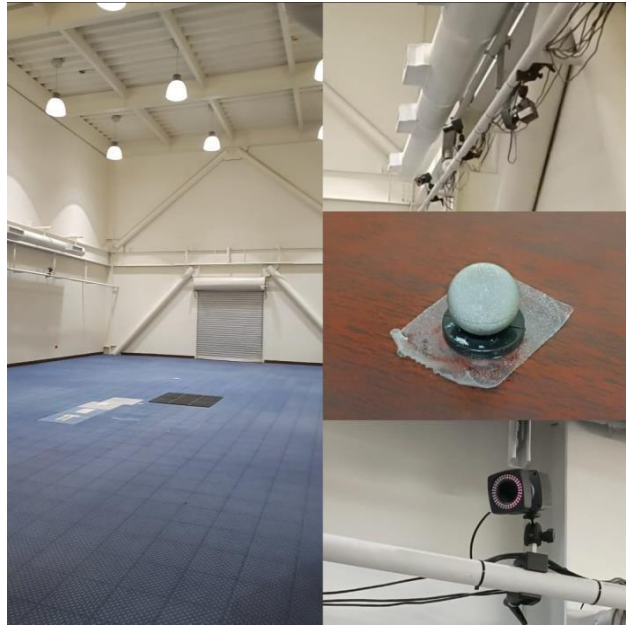
**Tabla 1.** Registro de edad, talla, peso y brazo de lanzar de la muestra.

<b>Atleta</b>	<b>Edad (años)</b>	<b>Talla (m)</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Brazo de lanzar</b>
1	7	1.16	20.8	Diestro
2	6	1.10	16.64	Diestro
3	11	1.48	49.2	Diestro
4	7	1.27	33.54	Diestro
5	6	1.07	17.19	Diestro
6	6	1.18	20.3	Diestro
<b>Promedio</b>	<b>7.16</b>	<b>1.21 m</b>	<b>26.27 kg</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

Los participantes y sus entrenadores fueron informados sobre naturaleza del estudio y tomaron parte en él voluntariamente. Los padres de los atletas firmaron un consentimiento informado antes de iniciar las evaluaciones.

De acuerdo con lo mencionado previamente, el presente estudio se llevó a cabo en una muestra de lanzadores de edad escolar de Mexicali, B.C, bajo la dirección del Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía de la Facultad de Deportes de la Universidad Autónoma de Baja California (ver Figura 6).



**Figura 6.** Laboratorio de Biomecánica y Ergonomía de la Facultad de Deportes, Campus Mexicali.

**Fuente:** (González, 2018).

El mismo, tiene como objetivo fundamental, determinar a partir del análisis a través del software Nexus, los principales elementos que impiden la ejecución correcta del lanzamiento. El colectivo de entrenadores y atletas manifestaron su total acuerdo con el desarrollo de la investigación y facilitaron que la misma se llevara a cabo.

### **3.1.2 Muestreo no probabilístico:**

La elección de los elementos se realizó de manera intencional atendiendo los siguientes elementos.

#### **3.1.2.1 Criterios de selección de la muestra:**

- ✓ Interés personal del entrenador.
- ✓ Ausencia de lesión en el brazo.
- ✓ Consentimiento por escrito del padre.

### **3.1.2.2 Criterios de exclusión de la muestra:**

- ✓ Lesión previa en el brazo.
- ✓ Bajo rendimiento deportivo.

### **3.2 Diseño de estudio**

El estudio fue realizado desde una perspectiva objetiva, se realizaron mediciones exactas. El movimiento (pitcheo) es una secuencia continua e ininterrumpida, se fragmentó por partes con vista a proporcionar un mayor entendimiento. La presente investigación es de enfoque cuantitativo, no experimental de tipo descriptivo-correlacional y corte transversal.

Se generó una guía de observación, donde aparecen los elementos del proceso que se estudiarían, lo cual garantiza la uniformidad del procedimiento de coleccionar los datos para todos los sujetos con el objetivo de que puedan ser valorados, evaluados y comparados en igualdad de condiciones.

Se elaboró un registro de la información y los observadores estuvieron incluidos directamente en el proceso de estudio. Este instrumento se empleó durante todo el período de análisis de los resultados.

#### **3.2.1 Guía de observación**

##### **3.2.1.1 Indicadores biomecánicos a medir**

- ✓ Angulo del pie de apoyo con respecto a la tabla
- ✓ Balance durante la estadía bípeda
- ✓ Separación de las manos.
- ✓ Traslado hacia home
- ✓ Caída – momento en que ambos pies hacen contacto con el suelo
- ✓ Posición de la mano antes del giro de la cadera
- ✓ Elevación del codo antes de liberar la bola
- ✓ Amplitud del paso

### **3.3 Análisis biomecánico**

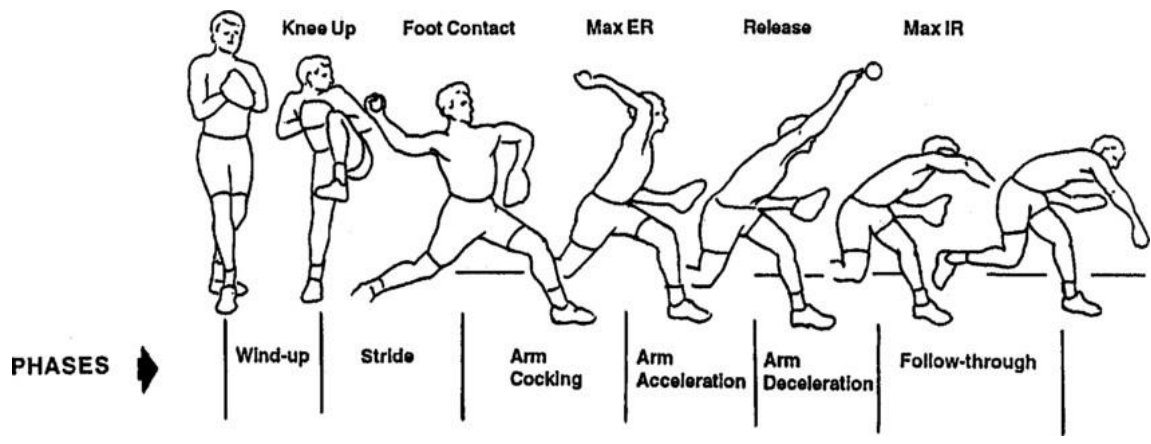
#### **3.3.1 Fases del lanzamiento**

El lanzamiento es un movimiento continuo y fluido que nunca se detiene. Con el objetivo de obtener la mayor cantidad de información posible bajo la luz de la biomecánica, es necesario fraccionar el movimiento, debido a la explosividad del movimiento. Desde el punto de vista biomecánico, cualquier gesto técnico se divide en 3 fases fundamentales: Inicial, Principal y final.

1. **Fase Inicial o Preparatoria:** Desde el Wind Up (considerado desde el primer movimiento) hasta que las manos se separan.
2. **Fase Principal o Desplazamiento:** Zancada y elevación del codo.
3. **Fase final:** Aceleración, Desaceleración del brazo y Seguimiento del Lanzamiento.

En aras de proporcionar un mayor entendimiento, el entrenador, Miguel Valdés con una amplia trayectoria en la Selección Cubana y 10 años como director de pitcheo de los Mets de New York, una autoridad en mecánica de lanzamiento, fragmenta el movimiento en 6 fases (ver Figura 7).

1. Parada
2. Elevación de la pierna
3. Rotación interna de la cadera e inicio del traslado con la pierna de atrás
4. Traslado – Delivery Compacto
5. Liberación del implemento
6. Final del movimiento – anteversión de la espalda primero que el brazo



**Figura 7.** Fases del pitcheo.

**Fuente:** Fleisig et al., (1996).

## **CAPÍTULO IV – RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Fase Inicial**

La fase de Wind-up comienza con el primer movimiento del lanzador, (partiendo desde la posición estática determinada reglamentariamente de frente al bateador, con los dos pies sobre la goma y mano dentro del guante a la altura del pecho) y en donde a través de pasos cortos (generalmente laterales a la goma) sin grandes desplazamientos del centro de gravedad (CDG) ni trasferencias de peso excesivo entre ambas piernas (Suárez, 2014).

Se logra alcanzar una posición final en dicha fase en la que la pierna delantera (más cercana al bateador) alcanza una flexión determinada de la articulación de la cadera (90 o más grados) con cierto grado de aducción asociado (Suárez, 2014).

Para garantizar un correcto cumplimiento de esta fase es necesario prestar especial atención a dos aspectos fundamentales; en primer lugar, el ángulo del pie de apoyo con respecto a la goma de lanzar que ayuda al correcto direccionamiento de la articulación de la rodilla hacia home, y, por otra parte, el apoyo metatarsiano durante la estadía que permite concentrar la fuerza y aprovechar el impulso de las cadenas biocinemáticas.

#### **4.1.1 Ángulo del pie de apoyo con respecto a la tabla**

La rodilla es una articulación monofuncional, con poco desarrollo evolutivo, no tiene traslados laterales, Funciona como la visagra de una puerta, únicamente realiza flexión y extensión (Valdez,2020).

Para garantizar un pitcheo rápido y certero, en concordancia con Arce et al. (2020), la pierna de pivot debe estar a unos 15°o 20° respecto a la tabla sobre el

montículo, esto favorece el trabajo de extensión de la rodilla (flexión y extensión) su funcionamiento de manera correcta y sin riesgo de lesiones, con suma de más fuerza en el pliegue de la articulación tibio - femoral (rodilla) la cual garantizará una adecuada amplitud de la zancada en el momento del traslado en dirección al cátcher.

Colocar el pie de esta manera propicia que la rodilla vaya hacia adelante y direcciona la cadera hacia home. Si la cadera gira rápido aumenta la velocidad inicial del brazo y la calidad del empuje. De esta forma, se garantiza mayor amplitud del paso, mayor energía rotacional de la cadera, y, por ende, un tiro más fluido y dinámico.

Según muestra la Tabla 2, el pie de pivot de los atletas medidos describe un ángulo negativo con respecto a la tabla, esto provoca que la rodilla no empuje hacia adelante durante el inicio del traslado. Si la rodilla no empuja el paso se acorta, la cadera se enlentece y no ayuda a la aceleración del brazo. Ambos aspectos inciden negativamente en la velocidad y el comando de los lanzamientos.

**Tabla 2.** Ángulo del pie de apoyo con respecto a la tabla.

<b>Atleta</b>	<b>Pie de apoyo / tabla</b>
1	-5.51046 °
2	-0.059665 °
3	-0.0205658 °
4	-17.1707 °
5	-2.52818 °
6	-1.96628 °

**Fuente:** Elaboración propia.

El mejor registro fue obtenido por el atleta # 3 (-0.0205658 grados), a pesar de que se acerca bastante a cero, sigue siendo una cifra negativa. El peor registro es -17.1707 grados, del atleta #4 que impide la flexión proyectada de la rodilla a home. El promedio de los ángulos es -4.54 grados.

Teniendo en cuenta que la posición del pie con respecto a la tabla durante la posición inicial es fundamental, para lograr un lanzamiento efectivo y preciso en el béisbol, los entrenadores y atletas deben prestar atención a este aspecto y asegurarse de practicarlo y perfeccionarlo adecuadamente.

#### **4.1.2 Balance durante la estadía bípeda**

El apoyo metatarsiano constituye la base aseguradora de que la energía sinérgica junto a la fuerza explosiva se traslade hacia el brazo de lanzar en búsqueda de una mayor tirada (Scull et al., 2018).

Un lanzamiento efectivo solo será posible si, durante la elevación de la pierna libre, el apoyo del pie trasero está en el metatarso, lo cual permite la energía del cuerpo se concentre de la mitad hacia adelante (tendencia metatarsiana). De esta manera, el centro de gravedad se adelanta y entra en la línea de disparo, los hombros se cierran y evitan que la cadera se abra prematuramente, permitiendo una concentración de la F y con ello, un movimiento explosivo y dinámico, sin perder la línea de tiro (ver Figura 8).

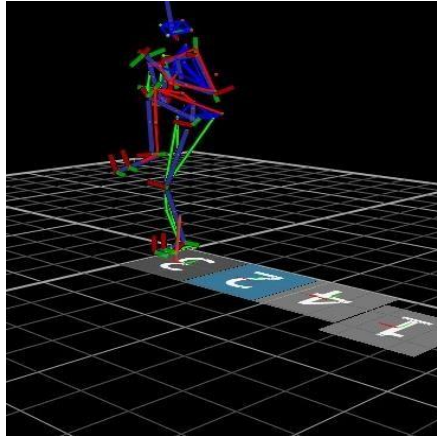


**Figura 8.** Orlando Hernández. Apoyo metatarsiano.

**Fuente:** Valdés, (2020).

Otro aspecto a tener en cuenta en esta fase del movimiento es que las rodillas deben estar semiflexionadas, para que los músculos de bíceps femoral (semitendinoso y semimembranoso) empujen hacia adelante y contribuyan a la amplitud del paso. Estos músculos se encuentran en muslo posterior y tienen función antagonista en la flexión del muslo, por tanto, durante su extensión transmitirá la energía con potencia a la cadera (Valdés, 2020).

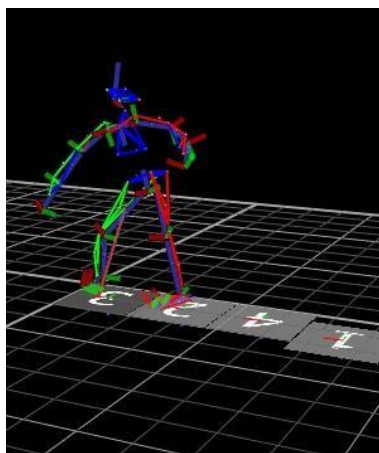
Por el contrario, el apoyo plantar del pie de pivote ocasiona un frenaje condicionado del movimiento, puesto que el centro de gravedad cae hacia atrás creando una resistencia que vencer. Asimismo, el retraso del cuerpo con respecto a la línea media corporal produce una dispersión de la fuerza y con ello una apertura prematura de los hombros y la cadera (Valdés, 2020). Resulta difícil desde esa posición, atacar el home con el talón, en su defecto, el pie libre se extiende al trasladarse a home, para buscar equilibrio.



**Figura 9.** Apoyo plantar.

**Fuente:** Elaboración propia (Software Nexus).

Los atletas objeto de estudio no cumplen con este principio de la técnica. Como se puede apreciar en la imagen (ver Figura 9), producto del apoyo plantar la fuerza del cuerpo se concentra hacia atrás, haciendo que la pierna delantera se traslade en forma de abanico durante su recorrido hacia la goma (ver Figura10), como mecanismo compensatorio para mantener el equilibrio. Por esta razón la fase de vuelo se alarga, la cadera se enlentece y la velocidad del envío disminuye.



**Figura 10.** Abanico durante el traslado.

**Fuente:** Elaboración propia (Software Nexus).

Países desarrollados como Estados Unidos y Japón muestran sorprendentes éxitos en el pitcheo en cuanto a la diversidad de lanzamientos, el control, el pensamiento táctico y estratégico, la concentración, aprovechamiento del tiempo en el box y los estudios que realizan de los equipos contrarios (Arce et al, 2020).

La figura 11, muestra la posición del lanzador japonés Masahiro Tanaka de los Yankees de New York de la Mayor League Baseball (MLB). Este atleta se considera un fuerte exponente en cuanto a mecánica de pitcheo depurada se refiere.



**Figura 11.** Posición Inicial (Tanaka).

**Fuente:** Brenkus, J. (2015).

Este lanzador, al levantar la pierna de péndulo, la cadera rota, el hombro mantiene la dirección a home. Ambos aspectos, facilitan el contacto con la línea de disparo. Por otra parte, se aprecia la ligera flexión de la rodilla de la pierna de pivot, dándole un carácter pliométrico al tobillo (articulación primaria en el impulso) lo que hace que se concentre la mayor parte de la masa corporal hacia adelante y mantener concentrada toda la fuerza y energía que se dispone utilizar en el

lanzamiento.

Tanto la pronación interna del tobillo, formando un ángulo positivo con el borde de la tabla, como la tendencia metatarsiana durante la posición inicial garantizan el éxito en la etapa posterior cuando empieza a subir la rodilla e inicia el traslado.

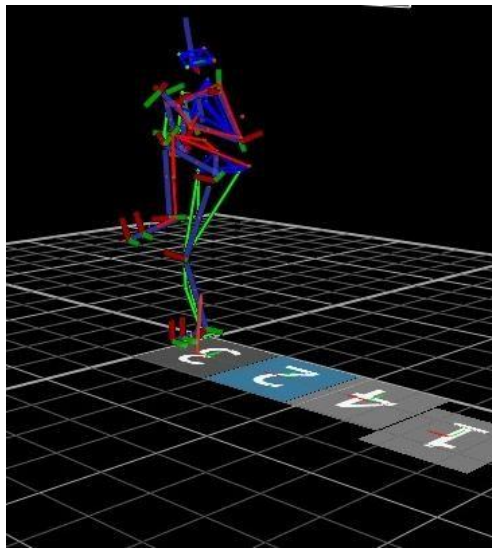
#### **4.1 Fase Principal**

Según apunta Crespo et al (2021) en la fase principal se transfiere a la pelota todo el impulso mecánico y la energía mecánica suficiente almacenada para lograr un lanzamiento rápido. Es donde el pitcher se dispone a propinarle a la pelota, de una masa de 145 g, una velocidad superior a las 90 mph (144.8 km/h), al liberar la energía mecánica almacenada en la fase (I) y continúa la cadena cinética, sin pausas y aprovechando la restitución de las propiedades elásticas del sistema, al extremo de ser considerado uno de los movimientos más rápidos en cualquier destreza deportiva, con una velocidad angular o de giro considerable.

##### **4.1.1 Separación de las manos a tiempo**

La separación de las manos a tiempo, antes de comenzar a bajar la rodilla, permite al lanzador sincronizar su cuerpo y brazo para generar la máxima velocidad y control en el lanzamiento. Otro aspecto a destacar en Tanaka (ver Figura 11), es que aun cuando la rodilla del pie libre no ha comenzado el descenso, ya la pelota se encuentra fuera del guante, permitiendo así la llegada a tiempo de la mano al punto de salida, elemento fundamental para dirigir el envío a la zona de strike.

Por el contrario, todos los atletas investigados al iniciar el descenso de la rodilla la pelota todavía se encuentra dentro del guante. La ansiedad por tirar hace que el pie salga primero y se abran las manos después, provocando que el brazo no llegue al punto de salida y aumentando la dificultad de que el envío se dirija a la zona de strike (ver Figura 12).



**Figura 12.** Separación tardía de las manos.

**Fuente:** Elaboración propia (Software Nexus).

Una separación tardía de las manos interrumpe la secuencia progresiva del lanzamiento, dado que cuando el pie toca el suelo, hace que la cadera gire rápido y el brazo salga hacia home dondequiera que se encuentre. Esa fracción de segundo donde el pie se va primero que las manos, impidiendo llegar al releast point.

Los lanzadores japoneses, reconocidos mundialmente por su control, realizan un movimiento peculiar para asegurarse de cumplir este elemento técnico. Al subir la pierna hacen una pequeña parada para que la mano no se quede detrás y el brazo llegue sin problemas al punto de salida.

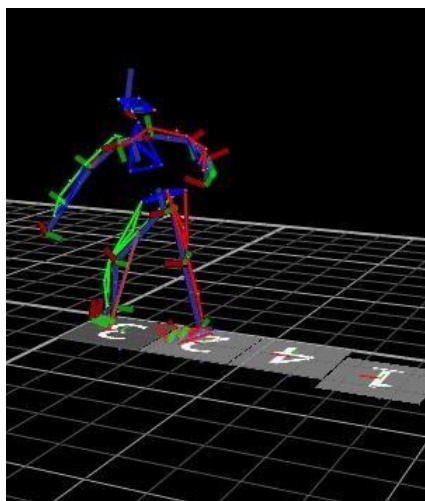
#### 4.1.2 Traslado hacia home

Durante el traslado hacia el home plate, de acuerdo con Pilotos- Martínez, et al, (2012), 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. Hay mucha energía, nervios, concentración y actividad física.

Es importante que cuando se suba la rodilla, el peso del cuerpo se mantenga de la mitad hacia adelante, de lo contrario, la cadera se abre prematuramente y el traslado inicia con una rotación latero – izquierda que alarga el brazo y no se genera la pliometría necesaria. De igual manera, es imprescindible que la cadera rote internamente, haciendo que la cabeza del fémur se inserte en la cavidad del iliaco para crear un torque, transmitiendo la energía rotacional al segmento corporal siguiente (Valdez, 2020).

Sin embargo, en dicha rotación la rodilla no debe sobrepasar la línea media corporal, puesto que, por un lado, los hombros no pueden mantenerse en línea con el catcher y se pierde la línea de tiro; y, por otro lado, se anula la acción de los oblicuos en el momento de alzar el brazo.

En los 6 atletas evaluados se pudo constatar que debido al apoyo plantar durante la fase inicial y recargar el peso del cuerpo hacia atrás, el pie de péndulo como mecanismo compensatorio en respuesta al apoyo tiene que salir hacia adelante en forma de abanico y no en forma de onda, como debería ser. Así lo testimonia Palma- López, A. (comunicación personal, el 11 de febrero 2022) Campeón Olímpico en Atenas 2004 con la selección cubana de beisbol.



**Figura 13.** Traslado hacia home.

**Fuente:** Elaboración propia (Software Nexus).

Como se aprecia en la Figura 13, la pierna de péndulo ataca barriendo, provocando que la cadera se esfuerce más de lo habitual en búsqueda de una correcta dirección hacia el objetivo final (cácher). Como consecuencia, la pierna delantera permanece más tiempo en fase de vuelo, por lo que pierde aceleración. La cadera gira mucho más lenta, frenando la energía sinérgica y la fuerza que se generó en la pierna de pivot.

Valdés, (2020), afirma que la cadera es el motor del brazo, si la cadera gira rápido, el brazo se desplazará con fluidez por la línea de tiro. Uno de los aspectos determinantes en la velocidad del lanzamiento es el giro explosivo de la cadera, para que transmita energía a través de las cadenas cinemáticas y propulse al brazo a gran velocidad.

Otro de los fundamentos, que nos aporta Palma- López, A. (comunicación personal, el 11 de febrero 2022), apunta hacia la incorrecta caída con el talón, ocasionando primero, que la fuerza del sistema se concentre hacia atrás

provocando un frenaje del movimiento, anulando así la acción de la espalda. En segundo lugar, la cadera abre prematuramente y existe escape de fuerza.

Atacar a home indicando con el talón de la manera que lo logra el lanzador de los New York Mets Jacob Degrom (ver Figura 14), garantiza una eficaz rotación de la cadera hacia adentro, facilitando que la energía fluya hacia los miembros superiores mediante las cadenas cinemáticas que se generan.

Esto permite que la pierna permanezca menos tiempo en el aire y se traslade en dirección a home en línea recta y de manera descendente (aterrizando). Esto fue posible por el apoyo metatarsiano en la posición inicial que permitió concentrar la fuerza y desplazarse hacia home con fluidez por la línea de tiro.

Gracias a que nunca se pierde la línea de tiro, es posible que el centro de gravedad baje, se mantenga el equilibrio y la pierna llegue al suelo en franco apoyo plantar al finalizar el giro de la cadera. Facilitando un movimiento dinámico y explosivo, con un gasto de energía es mínimo, por consiguiente, la técnica es más racional y efectiva.



**Figura 14.** Ataque con el talón. Jacob Degrom.

**Fuente:** Valdez, (2020).

El ataque a home con el talón garantiza una perfecta rotación interna de la cadera que permite más aceleración en la parte superior del cuerpo; además la pierna se traslada sin dificultad hacia home, de esta manera se evitan movimientos que requieran un gasto energético adicional e innecesario que atente contra el desempeño del lanzador durante el partido.

De manera similar, la secuencia del lanzador Masahiro Tanaka (ver Figura 15) evidencia un perfecto ataque a home con el talón, logrando una excelente rotación interna de la cadera. De este modo, la pierna de péndulo va en dirección al home plate sin ejecutar movimientos inútiles y empieza a descender diagonalmente buscando un apoyo plantar, que garantiza un mayor equilibrio y un trabajo dinámico de la espalda que ayuda al brazo. Esta postura le permite un gran dominio de su cuerpo y un aumento de probabilidad de poner out al bateador.



**Figura 15.** Fase de Traslado (Tanaka).

**Fuente.** Elaboración propia.

## Otros indicadores de la mecánica de Tanaka

- ✓ El hombro del brazo derecho hace un recorrido corto y dinámico, permitiendo una mayor concentración de fuerza.
- ✓ La flexión de la pierna de pivót propicia una adecuada polimetría de la articulación femorotibial que activa las fibras musculares de contracción rápida en búsqueda de generar explosividad en el movimiento.
- ✓ La pierna trasera inicia el movimiento hacia la goma, esto provoca una zancada amplia acercándose más al oponente y restándole posibilidades de reaccionar ante los envíos.

### 4.1.1 Amplitud del paso

Otro aspecto deficiente que se pudo detectar en el estudio a través del software es que en el instante donde ambos pies hacen contacto con el suelo, producto de que el pie delantero se extiende y busca el home describiendo un abanico, la amplitud del paso es relativamente corta y la línea de tiro se pierde, por ende, se dificulta encontrar la zona de strike.

La amplitud de paso depende fundamentalmente de iniciar el traslado hacia home con la pierna de atrás, aspecto a mejorar por el lanzador objeto de estudio. A mayor amplitud del paso, menor es la distancia entre el pitcher y el bateador. Si se inicia el traslado hacia home con la pierna delantera ocurre un alejamiento de dicha extremidad con respecto a la línea media corporal, por ende, el orden se rompe y la pierna trasera no ayuda en el empuje.

Los lanzadores jóvenes en su ansiedad por lanzar, inician el traslado hacia

home con la pierna delantera, aspecto que enlentece la cadera, puesto que la pierna de pivot no crea la energía cinética requerida para lograr un empuje de calidad, lo cual reduce las posibilidades acelerativas de las piernas que provoca una zancada por debajo de las posibilidades reales (ver tabla 3).

**Tabla 3.** Amplitud del paso.

<b>Lanzador</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Estatura (m)</b>	1.16	1.10	1.48	1.27	1.07	1.18
<b>Paso ideal (87 %) (m)</b>	1.01	0.95	1.28	1.10	0.93	1.02
<b>Amplitud de paso (m)</b>	0.52	0.41	1.06	0.56	0.60	0.61
<b>% con la Estatura</b>	44.82	37.27	71.62	44.09	56.07	51.69

**Fuente:** Elaboración propia.

El lanzador 3 presenta el mejor registro con una amplitud de paso que representa el 71.62% de su estatura (ver anexo 1). Por otro lado, el atleta 5, obtuvo la peor marca que representa el 56.07% de su estatura. La media del porcentaje de amplitud de paso con respecto a la estatura es del 50.97%. La desviación estándar es aproximadamente 11.98, lo que indica que hay una variabilidad considerable en los datos.

Por su parte, iniciar el traslado hacia home con la rodilla trasera, favorece tanto, la amplitud del paso lo cual permite acortar la distancia con respecto al bateador y dificultar el trabajo del mismo, como mantener la cadera cerrada, transmitiendo energía rotacional al brazo de lanzar.

El aprovechamiento de la energía generada por la pierna de pivot y la tendencia rotacional interna de la rodilla de la pierna delantera del lanzador de los

San Francisco Giants Tim Lincecum (ver Figura 16), impide que se abra prematuramente la cadera, garantizando un disparo veloz y efectivo.



**Figura 16.** Amplitud del Paso. Tim Lincecum.

**Fuente:** Valdez, (2020).

Otro aspecto que permite un paso grande es la flexibilidad de cadera, que provoca bajar el centro de gravedad y que la espalda trabaje correctamente para ayudar al brazo en el lanzamiento.

#### **4.1.2 Caída – momento en que ambos pies hacen contacto con el suelo**

Durante el momento donde el pie de péndulo termina la fase de vuelo (momento donde se produce el apoyo), la caída debe ser con la planta del pie, para permitir que la espalda trabaje correctamente e impulse al brazo. En cambio, caer con el talón del pie anula la acción de la espalda, provoca un frenaje del movimiento y produce una pérdida de la secuencia de sumatorias de fuerza y velocidad que trae desde el inicio.

Masahiro Tanaka (ver Figura 17) describe una alineación de cabeza, hombro, rodilla y metatarso del pie en correspondencia con su objetivo visual haciendo uso

de su capacidad propioceptiva, al dominar esta capacidad lo sitúa en una posición favorable puesto que podrá colocar la bola con efectividad en el área donde más le afecte al bateador. A pesar de que su estatura es de 1.88 m, su paso supera los 2m lo cual acorta la distancia con respecto al bateador y maximiza las posibilidades de ponerlo out.



**Figura 17.** Amplitud de paso. Masahiro Tanaka.

**Fuente:** Brenkus, J. (2015).

Por su parte los lanzadores que formaron parte del estudio abren el hombro para compensar el apoyo, para hacer esto antes tuvo que abrir la cadera prematuramente, que produce un descenso en la aceleración e influye negativamente en la potencia del envío.

El apoyo de la pierna delantera durante la caída obliga a hacer una pequeña inclinación de la rodilla hacia adentro, este es uno de los factores que no permiten la abertura temprana de la cadera y la correcta función de la mecánica. El incumplimiento de este parámetro, provoca rotación externa de la rodilla delantera como consecuencia de la apertura de la cadera. Este es otro factor que impide un envío eficiente y dinámico.

Según Valdez, (2020) en el momento de la caída la pierna trasera debe describir un ángulo de alrededor de  $110^{\circ}$ , garantizando que el centro de gravedad se mantenga bajo y que la espalda esté preparada para accionar correctamente.

## **4.2 Fase Final**

La fase final evidencia el cumplimiento de toda la secuencia cinética de los movimientos, es donde el pitcher muestra el control externo durante la desaceleración cinética y angular de todo el sistema y de la inercia del cuerpo, dado que algunas partes del sistema tienden a continuar su estado de movimiento de rotación acelerado. El no saber cómo contrarrestar tal efecto, puede desestabilizarlo e incluso hacerlo caer, como producir lesiones de cadera, espalda y rodillas, entre otras posibles (Crespo et al, 2021).

La efectividad en esta fase depende en gran medida del correcto cumplimiento de los patrones técnicos de las fases anteriores. Una secuencia ordenada de los movimientos que aproveche la acción de las cadenas cinemáticas y los pliegues articulares requiere de una alta maestría deportiva.

### **4.2.1 Posición de la mano antes del giro de la cadera**

Durante las fases de aceleración y desaceleración del brazo, la cabeza humeral debe permanecer centrada en la fosa glenoidea de la escápula. Un desequilibrio muscular sobre el hombro o abducción significativamente por encima de  $90^{\circ}$  puede provocar pinzamiento o lesión del hombro (Fleisig et al., 2017).

Resulta imprescindible para propiciar un lanzamiento veloz y en zona de strike, en el instante donde la pelota llega al punto de salida con cumplir dos aspectos fundamentales:

- ✓ Pronación de la mano al llegar al punto de salida.

- ✓ Angulo relativo del codo menor de 90 °.

La mecánica de lanzamiento inadecuada es un el principal factor de riesgo de lesiones en el brazo (DeFroda et al., 2021). El incumplimiento de este gesto técnico puede comprometer seriamente la salud del brazo, dado que cuando la cabeza del húmero choca en la cavidad glenoidea de la escápula puede causar daños severos en la articulación del glenohumeral y provocar lesiones en el hombro.

A continuación, se muestra el ángulo del antebrazo con la mano antes de iniciar el giro de la cadera y la posición de la mano (pronación o supinación) en los lanzadores investigados (ver tabla 4).

**Tabla 4.** Ángulo del codo y posición de la mano antes de iniciar el giro de la cadera.

<b>Atleta</b>	<b><math>\alpha</math> relativo del codo</b>	<b>Posición del dorso de la mano</b>
1	128.05	supinación
2	48.54	supinación
3	113.12	supinación
4	113.86	supinación
5	122.72	supinación
6	139.58	supinación

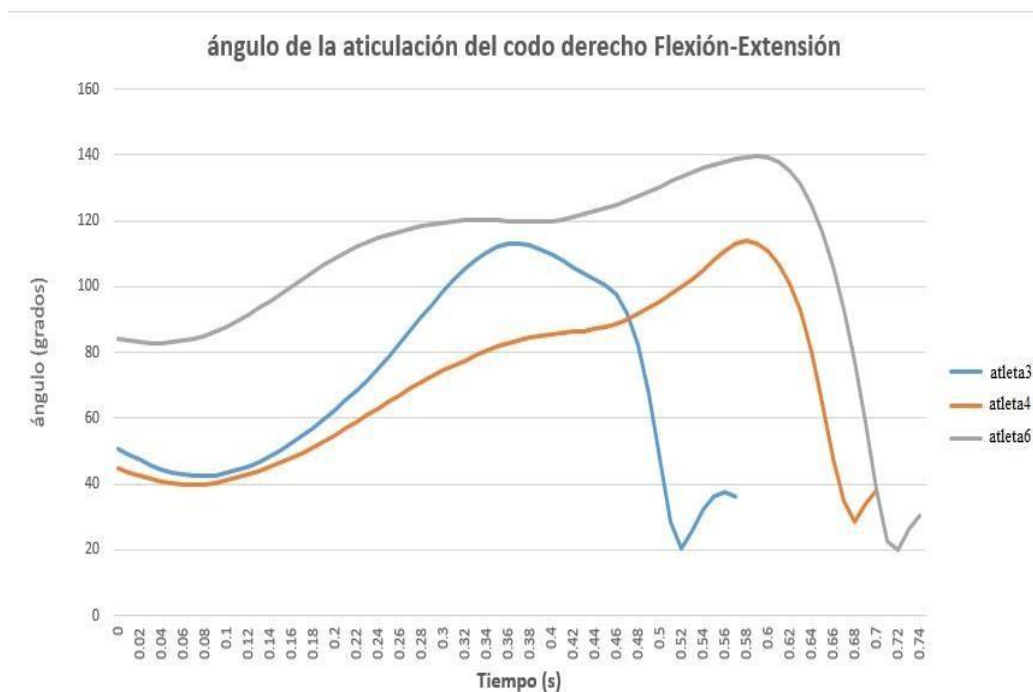
**Fuente:** Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que el ángulo idóneo durante esta posición debe ser inferior a los 90 grados, el atleta # 2 es tuvo el mejor ángulo y el atleta # 6 obtuvo la peor marca seguido del atleta # 1, que llega a 128 grados en el momento de máxima flexión (ver anexo 2), alejándose bastante del ángulo correcto.

El problema tiene un origen común, dado que todos los lanzadores sacan la pelota del

guante sujetándola con los dedos hacia afuera.

La figura 18, ilustra la dinámica de la articulación del codo de los atletas 3, 4 y 6, que se muestran en azul, naranja y gris, respectivamente. Aunque los atletas 3 y 4 alcanzan un ángulo de flexión similar, el atleta 3 demuestra una mecánica más eficaz, logrando una aceleración del brazo superior, lo que resulta en una mayor velocidad. En contraste, el atleta 6 emplea una técnica menos eficiente con un ángulo máximo de 139°, lo que obstaculiza un movimiento fluido del brazo a lo largo de la línea de tiro.



**Figura 18.** Gráfica del ángulo de la articulación del codo derecho antes de iniciar el giro de la cadera.

**Fuente:** Elaboración Propia.

Las acciones de los atletas 4 y 6 son bastante similares, realizando movimientos superfluos que interrumpen la fluidez del lanzamiento. Esto podría ser el resultado de que el entrenador no enfatizó los detalles de este elemento técnico durante la formación del hábito motor. Por este motivo, es esencial que los atletas se enfoquen en la eficiencia de sus movimientos para maximizar la velocidad y fluidez de sus lanzamientos. Los entrenadores deben poner énfasis en los detalles técnicos durante la formación de los hábitos motores para evitar la adopción de técnicas ineficientes.

Por otro lado, la supinación temprana de la mano de lanzar, antes de iniciar el giro de la cadera, es un aspecto desfavorable que atenta contra la fluidez del movimiento. Al girar la mano, giran los huesos que la sostienen (radio, cúbito, húmero), el radio y el cúbito empujan al húmero causando que la cabeza del húmero haga pequeña rotación dentro de la cavidad glenoidea de la escápula, que limita los grados de amplitud de la articulación escápulo- humeral, esto impide que el codo suba y efectúe un recorrido amplio por la línea de disparo (Valdés, 2020).

En todos los atletas, sin excepción, cuando la mano de lanzar se traslada hacia atrás para buscar altura antes de girar y tirar se encuentra supinada, esto trae consigo que no pueda utilizar todas las palancas del brazo restando fuerza y velocidad.

Como se puede apreciar en la Figura 19, cuando se rota la mano antes de tiempo las dos palancas (antebrazo y brazo), se convierten en una limitando la funcionalidad de la articulación del codo y provocando una entropía en el

movimiento. Esta acción negativa puede comprometer al ligamento colateral ulnar y la articulación humero radial del codo.

La reconstrucción del ligamento colateral cubital (UCLR), comúnmente conocida como cirugía de Tommy John, ha crecido considerablemente tanto en atletas recreativos como de alto nivel. (Erickson et al., 2015)



**Figura 19.** Supinación temprana de la mano (Atletas 5 y 6).

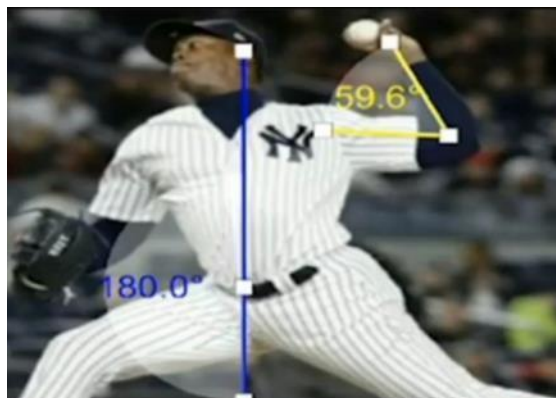
**Fuente:** Tomada durante la filmación (SAMSUNG A12).

El lanzador Aroldis Chapman considerado por los especialistas como una de las mejores mecánicas de lanzamiento que existe actualmente en el béisbol profesional, es capaz de registrar disparos de 100 mph gracias a su excelente mecánica de pitcheo.

La figura 20 describe la mano de lanzar, cuando sale a buscar altura para girar y tirar debe estar rotada hacia la cabeza, hasta que termine el giro de la cadera (pronación). Al finalizar el giro de la cadera, la mano rota y se coloca de frente al

cácther y de esta manera el codo se extiende, movimiento para el cual está diseñada dicha articulación. La mano va hacia adelante en la misma línea del brazo, no por fuera.

Así, con esta acción redonda, se evita que el húmero se inserte en la cavidad glenoidea de la escápula (ver anexo 3), por ello el hombro tiene mayor libertad de movimiento, el codo no sufre y la salud del brazo no se compromete. Por otra parte, la articulación del codo describe un ángulo menor de  $90^\circ$ , esto hace el brazo más corto y aumenta la aceleración puesto que es posible utilizar todas las palancas óseas en un movimiento fluido y dinámico.



**Figura 20.** Correcta mecánica de lanzamiento (Aroldis Chapman).

**Fuente:** Valdez, (2020).

La pronación de la mano, (dorso del mano girado hacia la cabeza) ayuda a subir el codo y ampliar el movimiento. Esto va a provocar una acción en el brazo de mucha fluidez y energía en el momento que la cadera termina de rotar, la articulación del codo va a describir un círculo grande haciendo que la pelota venga detrás del brazo lo cual reduce el % de lesión.

Por otra parte, la cadera se encuentra cerrada factor fundamental en el momento de acelerar y ganar en fuerza explosiva, la rodilla derecha describe una

pequeña rotación interna que no permite que la cadera abra prematuramente y pierda los valores de aceleración generado por la propia acción. Estos aspectos ayudan a que su amplitud de paso sea superior a su estatura (ver anexo 4).

#### 4.2.2 Elevación del codo antes de liberar la bola

Infringiendo lo dictado por la técnica, en esta ilustración se aprecia cómo el codo viene muy por debajo de sus posibilidades en cuanto a amplitud de movimiento se trata y la mano se queda muy atrás. El codo no puede subir más, debido a la supinación temprana de la mano, de esta manera, se afecta su movimiento y aceleración, la espalda debe ayudar al brazo trasladando la energía y fuerza que le fue suministrada de la cadera y así concretar una acción fuerte y explosiva que se imponga ante la situación real de juego (ver Figura 21).



**Figura 21.** Arrastre del codo (Atletas 5 y 6).

**Fuente:** Tomada durante la filmación (SAMSUNG A12).

El codo realiza correctamente la función para la cual está diseñado, si antes de iniciar el giro de la cadera la mano se encuentra en pronación, permitiendo que

la cabeza del humero se desplace sin contratiempos por la cavidad glenoidea de la escapula y como consecuencia el codo se eleve y el brazo termine con una extensión explosiva que transmita energía a la mano de lanzar.

En el codo, los músculos grandes de la parte superior del brazo controlan el movimiento del codo. En el lanzamiento esta articulación sirve solo para extender el brazo y las lesiones del codo envuelven a tendones y como el resultado de una mecánica de lanzar ineficiente.

El ligamento colateral ulnar (estructura minúscula, de apenas media pulgada de largo), es crucial para mantener la estabilidad del codo durante el lanzamiento. En algunos casos, debido a una técnica defectuosa el ligamento se desgarró o se estira y el atleta siente por lo general dolor o pinzamiento y pierde la capacidad para lanzar.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se analizó la mecánica de pitcheo en lanzadores de edad escolar de Mexicali, B.C., se identificaron patrones de movimiento incorrectos en las diferentes fases biomecánicas (wind-up, elevación de la pierna, traslado y liberación del implemento) a través de un sistema de captura de movimiento 3D. Lo más importante del análisis de la mecánica de pitcheo fue la identificación de un patrón negativo en todos los atletas medidos, supinación de la mano de lanzar antes de iniciar el giro de la cadera, aspecto que provoca que la cabeza del humero se inserte en la cavidad glenoidea de la escapula lo cual reduce la efectividad del lanzamiento.

Se analizó, la correlación entre los diferentes indicadores biomecánicos, se pudo constatar en los 6 atletas evaluados que como consecuencia del apoyo plantar durante la fase inicial, el peso del cuerpo recae hacia atrás y el pie delantero se traslada hacia home abanicando, lo cual enlentece el movimiento y provoca una apertura prematura de la cadera lo cual es negativo para la efectividad del lanzamiento.

El atleta número 3, de 11 años de edad, debido a su mayor experiencia en la práctica del deporte, mostró una mejor coordinación y fuerza muscular, lo que se traduce en un lanzamiento más efectivo (ver anexo 5). Los lanzadores restantes poseen menor estabilidad en la pierna de apoyo durante el lanzamiento, lo que disminuye la velocidad y precisión del lanzamiento.

## RECOMENDACIONES

El estudio sugiere que los programas de entrenamiento para lanzadores escolares en Mexicali, deben enfatizar la técnica de lanzamiento adecuada, el fortalecimiento de los músculos relevantes, y la flexibilidad para reducir el riesgo de lesiones.

Se recomienda la implementación de monitoreo biomecánico periódico a través de estudios longitudinales para seguir la progresión de los lanzadores a lo largo del tiempo. Además, sería beneficioso expandir la muestra de estudio para incluir a lanzadores de diferentes regiones del estado.

Enfocarse en corregir los elementos de forma separada, prestando atención a cada fase del movimiento, utilizando posturas límites y ejercicios específicos como orientadores para evaluar si los movimientos son correctos.

Con el objetivo de dominar la pronación interna del tobillo durante la posición inicial se debe simular el movimiento las veces que sean necesarias hasta que se logre la sensibilidad propioceptiva necesaria para formar un ángulo entre el pie y el borde de la tabla de 15 - 20° sin necesidad de la visión.

Para contrarrestar la separación tardía de las manos se recomienda un ejercicio en tres tiempos, al conteo de uno: levantar la rodilla, dos: separar las manos y tres: desplazarse a home.

Se propone trabajar la movilidad articular (esencial para lograr la maestría deportiva en el béisbol), dado que las edades tempranas son las más idóneas para desarrollar la este elemento. Trabajar en este aspecto garantiza el desarrollo muscular necesario en etapas posteriores.

Se aconseja limitar el número de lanzamientos en los niños para cuidar la

salud de su brazo. Asimismo, debido a que el sistema óseo continúa en crecimiento no se recomienda lanzar curvas en edades tempranas.

## LIMITACIONES

La medición tuvo lugar en un laboratorio de biomecánica fuera del entorno natural donde normalmente se practica el deporte. Esto puede afectar la precisión de las mediciones y los resultados del estudio.

El tamaño de la muestra es relativamente pequeño, pudiendo no ser representativa de la población general. Esto puede limitar la capacidad del estudio para generalizar sus resultados en una población más amplia.

La realización de una sola medición puede no capturar la variabilidad en el rendimiento del lanzamiento de béisbol, impidiendo detectar diferencias significativas o cambios en el rendimiento a lo largo del tiempo.

La presencia de los padres puede hacer que los niños se sientan nerviosos, lo que puede alterar su rendimiento y las mediciones resultantes.

## REFERENCIAS

- Aguilar, M. D., García Fernández, C. M., Gil del Pino, C., Nogueira Falcão, C. S., Carina Stelko-Pereira, A., & Gonçalves Alves, D. L. (2021). Efectividad de un programa educativo en educación física para fomentar las habilidades socioafectivas y prevenir la violencia en educación primaria. *Retos. Nuevas Tendencias En Deporte, Educación Física y Recreación [Edición Electrónica]*, 47(41), 492–501.  
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eue&AN=155511287&lang=es&site=ehost-live&scope=site%0A10.1590/S1678-4634202147217359>
- Alderson Sandy, C. C. A., Bernabe, S., Dipoto, J., Mozeliak, B. G. J., Ryan, T., & Torre, J. S. J. (2016). *2016 Spanish Version Official Baseball Rules\_2016 Official Baseball Rules--Spanish Version* (Tom Lepperd (ed.)).
- Anz, A. W., Bushnell, B. D., Griffin, L. P., Noonan, T. J., Torry, M. R., & Hawkins, R. J. (2010). Correlation of torque and elbow injury in professional baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine*, 38(7), 1368–1374.  
<https://doi.org/10.1177/0363546510363402>
- Arce, A., Tabares Arévalo, R. M., Govea Díaz, Y., & Cuesta Martínez, L. A. (2020). Efectividad en la zona de strike de los lanzadores pinareños. In *Podium. Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física* (Vol. 15, Issue 2, pp. 319–330). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1996-24522020000200319&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-24522020000200319&lang=es)

- Baldinelli, F. (2022a). Análisis del crecimiento masivo de las apuestas deportivas en línea en México. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 27(294), 5.  
<https://www.efdeportes.com/efdeportes/index.php/EFDeportes/article/view/3753/1721>
- Baldinelli, F. (2022b). Los deportes en México más populares y exitosos. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 27, 210–2015.  
<https://www.efdeportes.com/efdeportes/index.php/EFDeportes/article/download/3598/1627?inline=1>
- Barrios, H. (2016). Neurociencias, educación y entorno sociocultural. *Educación y Educadores*, 19(3), 395–415. <https://doi.org/10.5294/edu.2016.19.3.5>
- Becerra, A. A., & Sanchez, A. (2016). *Análisis de los movimientos corporales durante el lanzamiento de un pitcher*. August.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33649.07527>
- Borroso, R. A., Anloni, J., & Subirón, P. (1992). *Nuevas Tecnologías: La visualización biomecánica*. 1992, 31–34.
- Calabrese, G. (2013). Pitching mechanics, revisited. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 8(5), 652–660.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24175144>  
<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC3811736>
- Clavijo-Redondo, A. R., Vaquero-Cristóbal, R., López-Miñarro, P. A., & Esparza-Ros, F. (2016). Kinantropometry characteristic of elite baseball players.

*Nutrición Hospitalaria*, 33(3), 629–636. <https://doi.org/10.20960/NH.271>

Crespo, E. J., Costa Acosta, J., & Valdéz López Portill, M. R. (2021). Fundamentos físicos del gesto técnico del pitcher. In *Podium. Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física* (Vol. 16, Issue 2, pp. 332–344).

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1996-24522021000200332&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-24522021000200332&lang=es)

DeFroda, S., Sugimoto, D., Staffa, S., Bae, D., Shanley, E., Thigpen, C., & Kriz, P. K. (2021). Reliability of an Observational Biomechanical Analysis Tool in Adolescent Baseball Pitchers. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(6), 1523–1531. <https://doi.org/10.26603/001C.29869>

Díaz, M., Monteagudo Soler, J. F., & Pedroso Valdés, M. (2022). *El proceso de enseñanza-aprendizaje del bateo en la Escuela Deportiva* (p. 341).

Dietz, Z., Deweese, D., Shaw, N., Huth, C., Ball, J., Reeves, V., Monti, R., & Bitzel, R. (2022). Stride Length and Torso Biomechanics as They Relate to Medial Elbow Injuries in Adolescent Aged Baseball pitchers: A Clinical Commentary. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(4), 732–737.

<https://doi.org/10.26603/001c.35258>

Donskoi, D., & Zatsiorski, V. (1998). *Biomecánica de los Ejercicios Físicos*.

Douoguih, W. A., Dolce, D. L., & Lincoln, A. E. (2015). Early cocking phase mechanics and upper extremity surgery risk in starting professional baseball pitchers. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 3(4), 1–5.

<https://doi.org/10.1177/2325967115581594>

Durañona, H. A., Pons Gámez, Y., Gil López, Y., & Crispin Castellanos, D. (2021).

Indicadores de rendimiento deportivo para el proceso de selección del lanzador abridor. *Podium. Revista de Ciencia y Tecnología En La Cultura Física*, 16(2), 395–407.

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1996-24522021000200395&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-24522021000200395&lang=es)

Erickson, B. J., Chalmers, P. N., D'Angelo, J., Ma, K., Rowe, D., & Ahmad, C. S.

(2021). Do Injury Rates in Position Players Who Convert to Pitchers in Professional Baseball Differ From Players Who Have Always Been Pitchers? *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 9(10), 4–8.

<https://doi.org/10.1177/23259671211050963>

Erickson, B., Nwachukwu, B., & Romeo, A. (2015). Trends in Medial Ulnar

Collateral Ligament Reconstruction in the United States: A Retrospective Review of a Large Private-Payer Database From 2007 to 2011. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(7).

Fernández, L. M. (2004). *Conocer el deporte. Béisbol*. p.52

Fleisig, G., Chu, Y., Weber, A., & Andrews, J. (2006). Variability in baseball pitching biomechanics among various levels of competition. *Sports Biomechanics*, 8(1), 10–21.

Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Escamilla, R. F., & Andrews, J. R. (1996).

Biomechanics of overhand throwing with implications for injuries. *Sports Medicine*, 21, 421-437.

Fleisig, G. S., Diffendaffer, A. Z., Aune, K. T., Ivey, B., & Laughlin, W. A. (2017). Biomechanical Analysis of Weighted-Ball Exercises for Baseball Pitchers. *Sports Health*, 9(3), 210–215. <https://doi.org/10.1177/1941738116679816>

Fernández, L. M. (2004). *Conocer el deporte. Béisbol*.

González, M. E. (2018). La biomecánica en la actividad física y deporte: Concepto, equipo y aplicación. In *Actividad Física y Ciencias Aplicadas al Deporte* (Editorial, Issue 1, pp. 13–19).

González Macías, M. E., Villa Angulo, C., Arrayales Millán, E. M., & Keys

González, K. R. (2022). Biomechanics Assessment of Kinematic Parameters of Low-Sprint Start in High-Performance Athletes Using Three-Dimensional Motion Capture System. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 43(1), 52–64. <https://doi.org/10.17488/RMIB.43.1.5>

Hacke, C., Ketelhut, S., Wendt, U., Müller, G., Schlesner, C., & Ketelhut, K. (2019). Effectiveness of a physical activity intervention in preschoolers: A cluster-randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 29(5), 742–752. <https://doi.org/10.1111/sms.13390>

Hiramoto, M., Matsui, T., Hashimoto, R., Azuma, Y., & Seo, K. (2023). *Range of motion patterning in trunk and upper and lower extremities of high school baseball pitchers*. 12(1), 17–25. <https://doi.org/10.7600/jpfsm.12.1>

- Jimenez, E. (2022). Los efectos neurofisiológicos de la actividad física en los niños: revisión sistemática. *Revista Iberoamericana de Ciencias de La Actividad Física y El Deporte*, 11(3), 170–188.  
<https://doi.org/10.24310/riccafd.2022.v11i2.14533>
- Kibler, B., & Sciascia, A. (2019). *Mechanics, Pathomechanics and Injury in the Overhead Athlete: A Case-Based Approach to Evaluation, Diagnosis and Management*. Springer.
- Lopez Araujo, L., Tolano Fierros, E. J., & Toledo Domínguez, I. (2024). Análisis por videografía 2D de la técnica de pitcheo de la categoría 13-16 años de la academia de béisbol de Itson. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación.*, 51.
- Martinez de Osaba, C. R., Acosta, C. A. P., & Hernández-Cruz Pérez, R. (2020). La profesionalidad en la orientación profesional hacia la carrera licenciatura en Educación. Física en la educación preuniversitaria. *Mendive. Revista de Educación*, 18(3), 541–558.  
<http://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/1966>
- Milewski, M. D., Öunpuu, S., Solomito, M., Westwell, M., & Nissen, C. W. (2012). Adolescent baseball pitching technique: Lower extremity biomechanical analysis. *Journal of Applied Biomechanics*, 28(5), 491–501.  
<https://doi.org/10.1123/jab.28.5.491>
- Nakashima, H., Horiuchi, G., & Sakurai, S. (2020). *Standard of the Initial Ball Velocity for a Fly Ball in Baseball Hitting*. 137.

<https://doi.org/10.3390/proceedings2020049137>

Nissen, C. W., Westwell, M., Öunpuu, S., Patel, M., Tate, J. P., Pierz, K., Burns, J. P., & Bicos, J. (2007). Adolescent baseball pitching technique: A detailed three-dimensional biomechanical analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1347–1357.

<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318064c88e>

Oosterhoff, M., Joore, M., & Ferreira, I. (2016). The effects of school-based lifestyle interventions on body mass index and blood pressure: a multivariate multilevel meta-analysis of randomized controlled trials. *Obesity Reviews*, 17(11), 1131–1153. <https://doi.org/10.1111/obr.12446>

Perdomo, M. (2007). *Contribución al análisis biomecánico del pitcheo y el bateo en el béisbol*. Instituto Nacional de Deportes Educación Física y Recreación.

Piloto, A. (2017). Análisis biocinemático de la ejecución técnica del lanzamiento rápido en los lanzadores de béisbol de la categoría 15-16 años de la EIDE “Ormani Arenado” de Pinar del Río. In *EFDeportes.com*.

<https://www.efdeportes.com/efd165/analisis-biocinematico-del-lanzamiento-en-beisbol.htm>

Pilotos, A., Morejón-Díaz, A. M., & Miranda-Camejo, Y. (2012). Estudio de las características espacio temporales en la fase principal del lanzamiento rápido en el béisbol. *Revista Electrónica de Ciencia y Tecnología En La Cultura Física*, 7(22), 16–27.

Pons, Y., Durañona Nápoles, H. A., Pérez Ruiz, O. A., & Duverger Zamora, A. R. (2023). La biomecánica aplicada a la técnica de pitcheo en lanzadores de béisbol. *PODIUM - Revista de Ciencia y Tecnología En La Cultura Física*, 18(2).

Ríos, A., Calero Morales, S., Eizméndiz Domínguez, R. E., Aguiar Alpízar, Y., & Sánchez Córdova, B. (2020). Variables del rendimiento de los bateadores del béisbol cubano utilizando el sensor Blast Motion Baseball. *Podium. Revista de Ciencia y Tecnología En La Cultura Física*, 15(3), 509–517.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1996-24522020000300509&lang=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-24522020000300509&lang=es)

Sabick, M. B., Torry, M. R., Lawton, R. L., & Hawkins, R. J. (2004). Valgus torque in youth baseball pitchers: A biomechanical study. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 13(3), 349–355. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2004.01.013>

Scull González, R., Portela Pozo, Y., & Rodríguez Márquez, J. R. (2018). Tareas Psicopedagógicas Para El Entrenamiento Perceptivo Visual En Béisbol. *Emás F: Revista Digital de Educación Física*, 53, 10–27.

Sears, K., Lavalley, M. E., & Corrigan, A. (2013). The evaluation and treatment of elbow injuries. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 40(2), 428.

Soares, W. S. (2012). Biomecánica aplicada al deporte: contribuciones, perspectivas y desafíos. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 1(170), 1–9.

<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4741932&info=resumen&idioma=GER>

Soto Valero, C. (2016). *Modelos predictivos con aplicación en el béisbol*

[Universidad Central Marta Abreu de las Villas].

<http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/8918/Tesis MCC ->

[César.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/8918/Tesis MCC - César.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Stodden, D. F., Fleisig, G. S., McLean, S. P., & Andrews, J. R. (2005). Relationship

of biomechanical factors to baseball pitching velocity: Within pitcher variation.

*Journal of Applied Biomechanics*, 21(1), 44–56.

<https://doi.org/10.1123/jab.21.1.44>

Stodden, D. F., Langendorfer, S. J., Fleisig, G. S., & Andrews, J. R. (2006).

Kinematic constraints associated with the acquisition of overarm throwing part

I: Step and trunk actions. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 77(4),

417–427.

Suárez Doval, J. A. (2014). *El lanzador. Análisis de las fases de lanzamiento.*

*WIND-UP (Parte 1).*

[http://www.esa.int/esl/ESA\\_in\\_your\\_country/Spain/El\\_lanzador\\_Vega](http://www.esa.int/esl/ESA_in_your_country/Spain/El_lanzador_Vega)

Thompson, S. F., Guess, T. M., Plackis, A. C., Sherman, S. L., & Gray, A. D.

(2018). Youth Baseball Pitching Mechanics: A Systematic Review. *Sports*

*Health*, 10(2), 133–140. <https://doi.org/10.1177/1941738117738189>

## MEDIOS AUDIOVISUALES

Valdez, M. (2020). *Acción Kinematic constraints associated with the acquisition of overarm throwing part I: Step and trunk actions del brazo y conformación de la articulación del hombro*. Aprende con Miguel Valdez. *Probeis*. [archivo de video] Recuperado de <https://www.facebook.com/BTEDmx/videos/prob%C3%A9is-aprende-con-miguel-vald%C3%A9s-acci%C3%B3n-del-brazo-y-la-conformaci%C3%B3n-de-la-artic/869791230095331/>

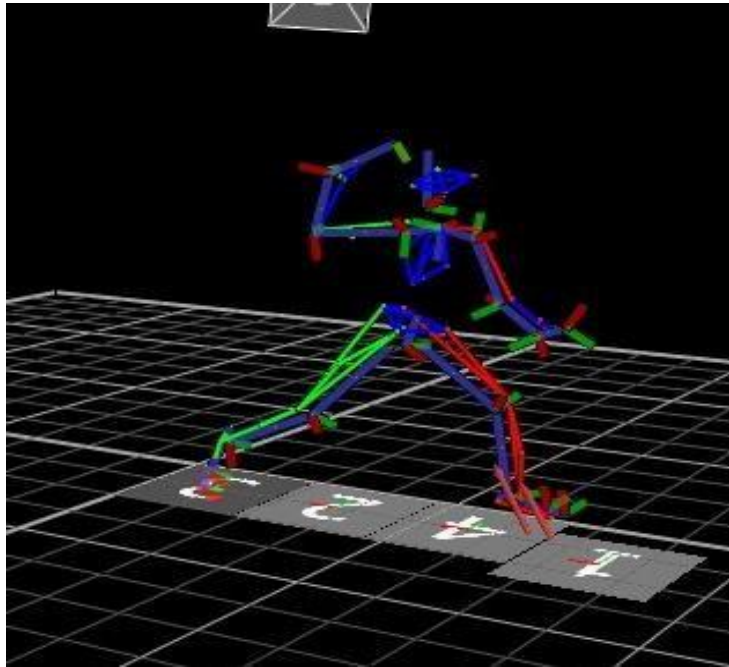
Valdez, M. (2020). *Posición inicial en el montículo*. Aprende con Miguel Valdez. *Probeis*. [archivo de video] Recuperado de [https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch\\_permalink&v=268816904243497](https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch_permalink&v=268816904243497)

Valdez, M. (2020). *Separación de las manos* *Probeis*. [archivo de video] Recuperado de [https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch\\_permalink&v=2857602441018769](https://www.facebook.com/watch/live/?ref=watch_permalink&v=2857602441018769)

Brenkus, J. (2015). Masahiro Tanaka (HD) Sport Science. YouTube [archivo de video] Recuperado de [https://www.youtube.com/watch?v=ZEtZGmMxwaw&ab\\_channel=EinsteinU](https://www.youtube.com/watch?v=ZEtZGmMxwaw&ab_channel=EinsteinU)

## ANEXOS

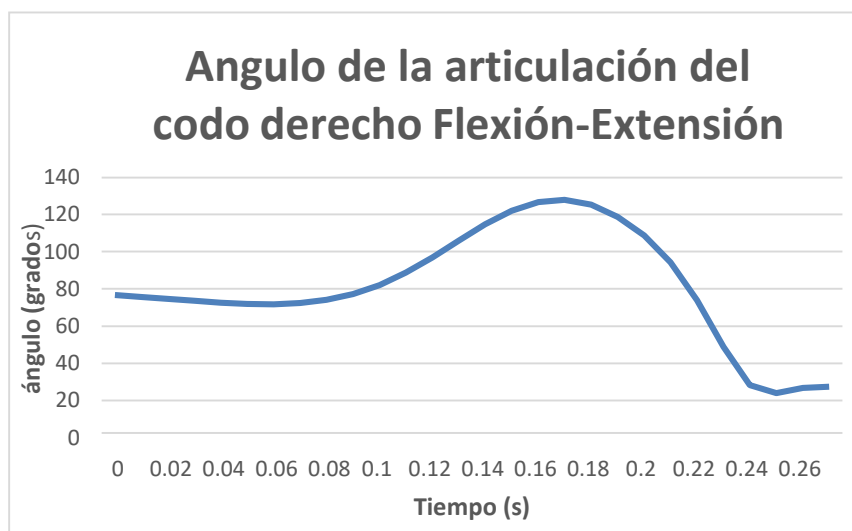
### Anexo 1: Amplitud de paso. Atleta # 3



**Fuente:** Elaboración propia.

La figura muestra el atleta 3 durante en instante que ambos pies hacen contacto con el suelo. En primer lugar, se puede apreciar que el centro de gravedad esta alto, anulando la acción de la espalda. Por otro lado, la cadera izquierda se abrió antes de tiempo, provocando un escape de fuerza. Por último, el brazo no llego a tiempo al punto de salida, afectando el control sobre la zona baja.

**Anexo 2:** Ángulo de la articulación del codo derecho. Atleta #1.



**Fuente:** Elaboración propia

En el gráfico, se registra el comportamiento de la articulación del codo derecho del atleta #1, en el momento donde el brazo llega arriba, antes de iniciar el giro de la cadera, el antebrazo con respecto al brazo forma un ángulo de 128 grados, haciendo que el brazo se torne largo y se desplace por fuera dado que no se crea la pliometría necesaria para generar un movimiento explosivo. Durante la extensión del brazo, en el momento de liberar el implemento el ángulo va decreciendo paulatinamente.

### **Anexo 3:** Conformación de la articulación escapulo – humeral



**Fuente:** Valdez, (2020).

La articulación del hombro (glenohumeral) se forma entre la cabeza del húmero y la cavidad glenoidea de la escápula. Dicha cavidad es pequeña y poco profunda, lo que contribuye a la flexibilidad del hombro, pero también a su inestabilidad. Además, la articulación está reforzada por el ligamento coracohumeral y los músculos del manguito rotador, que incluyen el supraespinoso, infraespinoso, teres menor y subescapular.

La prevención de lesiones en el hombro del lanzador incluye la mejora de la técnica de lanzamiento, el calentamiento adecuado, la limitación del número de lanzamientos y el fortalecimiento de la musculatura del hombro.

**Anexo 4:** Amplitud de paso de Aroldis Chapman.

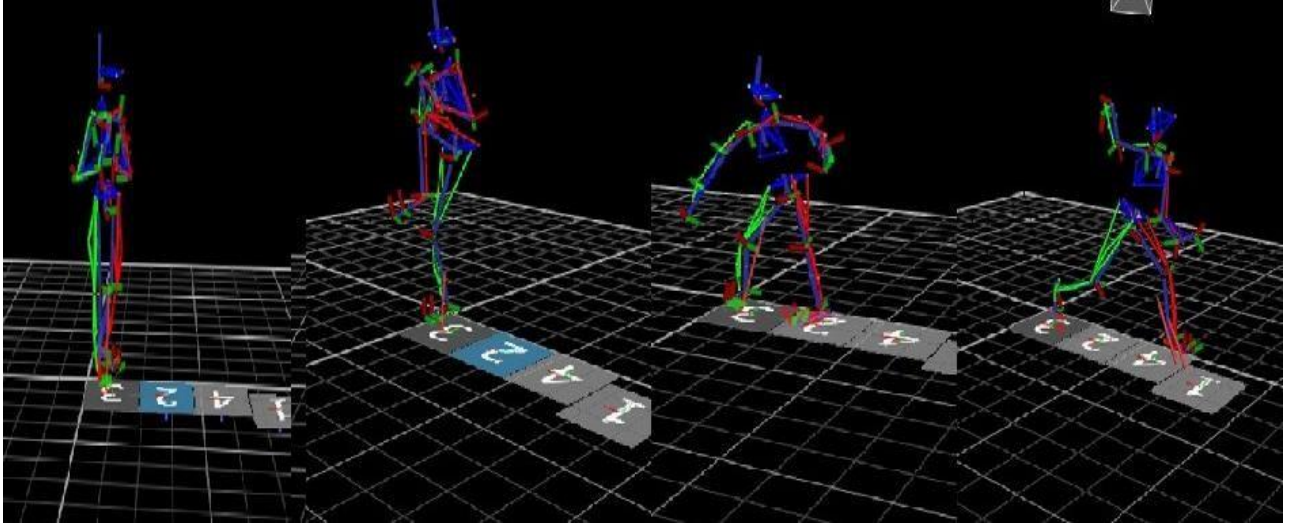


**Fuente:** Valdez, (2020).

Aroldis Chapman, el lanzador cubano, es conocido por su amplitud de paso de 7.5 pies mayor que su estatura, lo que sumado a su velocidad y que suelta la pelota más cerca del bateador, lo convierte en uno de los lanzadores más temidos de la MLB.

Chapman inicia el traslado hacia home con la pierna de atrás, aprovechando toda la fuerza generada por la pierna de pivót. Por otra parte, al levantar la rodilla, hace una pequeña rotación interna de la cadera para evitar un escape de fuerza y mantener la cadera cerrada hasta el final. Ambos elementos técnicos, combinados con su condición físicas ideales para jugar al beisbol permiten que su paso sea gigantesco.

### Anexo 5. Secuencia del atleta # 3.



**Fuente:** Elaboración propia

La imagen anterior muestra la secuencia del lanzador # 3, quien debido a tener una mayor experiencia en el deporte tiene la mecánica más efectiva. Sin embargo, en la fase de wind-up, el ángulo del pie de apoyo con respecto a la tabla impide la flexión proyectada de la rodilla hacia el home, lo que puede alterar la correcta transmisión de fuerzas intersegmentarias desde el suelo a la mano de lanzar, disminuyendo potencialmente la velocidad de lanzamiento.

En el momento en que la rodilla empieza a descender, la pelota todavía está dentro del guante, provocando que el brazo se retrase y no llegue al punto de salida, lo cual incide negativamente en la precisión del lanzamiento. Durante la fase de stride, como consecuencia del apoyo plantar del pie de pivot, el pie de péndulo se traslada hacia home abanicando, enlenteciendo la cadera y anulando la generación de rotaciones acelerativas de abajo hacia arriba.

Por último, la supinación temprana de la mano hace que la cabeza del humero se inserte en la cavidad glenoidea de la escapula provocando el arrastre del codo, lo que puede aumentar el estrés en el codo y el hombro.