

**INSTITUTO SUPERIOR DE CULTURA FÍSICA
“MANUEL FAJARDO”**

**FACULTAD DE CULTURA FÍSICA “LA HABANA”
(Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte)**

**LA BIOMECÁNICA DEL PITCHEO EN
ESCOLARES Y JUVENILES DE PROVINCIA
LA HABANA. METODOLOGÍA PARA EL
ANÁLISIS Y CONTROL DE SU
OPTIMIZACIÓN TÉCNICA.**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE
DOCTOR EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**Autor: MSc. Eugenio Víctor Doria de la Terga.
Tutor: Dr.C. René Romero Esquivel.
La Habana, 2004.**

ÍNDICE.	Páginas
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS-METODOLÓGICOS DEL ANÁLISIS BIOMECÁNICO.	7
1.1 Conceptos sobre las formas del movimiento desde las perspectivas de la Biomecánica.	7
1.1.2 Movimiento mecánico en los sistemas vivos.	7
1.1.3 Particularidades de los movimientos mecánicos del hombre.	9
1.1.4 Contenido de la Biomecánica Deportiva.	9
1.1.5 Teoría de la Biomecánica Deportiva.	10
1.1.6 El método de la Biomecánica Deportiva.	12
1.2 Desarrollo de la Biomecánica Deportiva; su relación con el análisis del movimiento.	13
1.2.1 Premisas del desarrollo de la Biomecánica.	14
1.3 Aspectos teóricos metodológicos del análisis biomecánico en los movimientos del pitcheo.	17
1.3.1 ¿Qué es la transmisión del movimiento?.	25
1.3.2 Posibilidades de la transmisión del movimiento en el lanzador de béisbol.	26
1.3.2.1 Transmisión del movimiento de las extremidades al tronco.	26
1.3.3 La dirección de la transmisión del movimiento.	27
1.3.4 ¿A qué se debe la transmisión del movimiento?	27

1.3.5 Los sistemas y las posibilidades de análisis de los movimientos deportivos.	28
1.3.6 Estructura del sistema de movimientos.	29
1.3.6.1 La estructura como manifestación de la interacción.	29
1.3.6.2 Estructura motora del lanzador de béisbol; cinemática y dinámica.	30
1.4 Requisitos biomecánicos para el entrenamiento de la técnica en el lanzador de béisbol.	31
1.4.1 Objetivos de los análisis del movimiento; su aplicación al lanzador de béisbol.	31
1.4.2 El pitcheo; una habilidad direccional con componentes giratorios.	32
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA.	35
2.1 Enfoque metodológico.	35
2.2 Características generales de los métodos utilizados.	36
2.3 Métodos de investigación.	37
2.4 Metodología aplicada en el estudio.	46
2.4.1 Técnicas instrumentales de registro fotogramétrico.	47
2.4.2 Técnicas instrumentales de tratamiento de datos.	49
2.5 Muestra.	54
2.5.1 Criterios de inclusión.	55
2.5.2 Criterios de exclusión.	55

2.6 Diseño.	56
2.7 Materiales empleados.	56
CAPÍTULO III DIAGNÓSTICO DEL ANÁLISIS BIOMECÁNICO	
EN LANZADORES DE BÉISBOL ESCOLARES	
Y JUVENILES.	58
3.1 Documento que rige el Sistema Nacional de Enseñanza (1996). Programa de Preparación del Deportista. (Federación Cubana de Béisbol Aficionado; FCBA).	58
3.2 Parámetros evaluativos de rendimiento para el Análisis Biomecánico propuesto.	64
3.3 1ra. Evaluación de parámetros biomecánicos de rendimiento (pretest) por fases del pitcheo.	65
3.4 Curvas características de cada lanzador de los grupos "A" experimentales (17-18 y 15-16). Análisis y comparación.	84
3.5 Análisis biodinámico. (Aclaración dinámica externa e interna de las posturas del lanzador).	85
3.5.1 Análisis de las figuras (esquemas de posturas) sin impulso angular.	
3.5.2 Análisis de las figuras (esquemas de posturas) con impulso angular.	88
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL ANÁLISIS	
BIOMECÁNICO DE LOS LANZADORES ESCOLARES	
Y JUVENILES DE BÉISBOL.	92
4.1 Propuesta de una metodología para el análisis biomecánico.	93
Examen global del movimiento, (descripción).	93

4.1.1.1	<u>Fase I: FASE DE PREPARACIÓN</u> : contempla; Equilibrio-Dirección en la sub fase de Wind Up.	93
4.1.1.2	<u>Fase II: FASE PRINCIPAL</u> : contempla; Transferencia de peso (energía) – Engaño, en las sub fases de Zancada y Brazo levantado.	94
4.1.1.2.1	Longitud de zancada, distancia y pie de contacto.	95
4.1.1.3	<u>Fase III: FASE FINAL</u> : comprende; Energía de traslación – Lanzamiento – Aceleración – Desaceleración, en las sub fases de: Aceleración-Deceleración del brazo- Seguimiento del lanzamiento.	96
4.1.2	Estudio funcional de los tres componentes del cuerpo humano; (huesos, articulaciones y músculos).	100
4.1.3.	Análisis mecánico de los elementos presentes en los movimientos; (estudio mecánico y análisis de la trayectoria).	101
4.1.3.1	Ejercicios biomecánicos correctivos de una mecánica de movimiento incorrecta, detectada en las primeras evaluaciones (pretest) a la muestra investigada.	103
4.2	2da. Evaluación de parámetros biomecánicos de rendimiento (postest) por fases del pitcheo. Comprobación experimental. (Diferencias significativas).	103

4.2.1	Discusión de los resultados y conclusiones.	112
4.3	Diseño de la metodología para el análisis biomecánico y control de la optimización técnica de los lanzamientos de escolares y juveniles en el béisbol.	113
	CONCLUSIONES.	117
	RECOMENDACIONES.	120
	BIBLIOGRAFÍA.	
	GLOSARIO DE TÉRMINOS.	

SÍNTESIS

La Tesis presenta la propuesta de una *metodología para el análisis biomecánico de los movimientos del lanzador de béisbol* en las categorías escolares de provincia La Habana, teniendo como principal objetivo; *el contribuir a la prevención de lesiones en los brazos*, uno de los problemas más acuciantes del deporte cubano en estos momentos.

Se detectaron la cantidad de brazos lesionados en los jóvenes lanzadores en el período comprendido entre 1993 al 2002 (datos suministrados por el departamento de Medicina Deportiva provincial). Como antecedentes, se parte de diferentes investigaciones realizadas en este campo en el área internacional y algunos intentos en nuestro país. Se consultó, analizó y adaptó a nuestras propias condiciones la bibliografía especializada nacional e internacional más actualizada.

Se realiza un *examen global del movimiento* (se describe de forma precisa). Se realiza también un *estudio funcional de los tres componentes del cuerpo humano; huesos, articulaciones y músculos* y se realiza *el análisis mecánico de todos los elementos que intervienen en el acto de lanzar*.

Se realiza el experimento con 24 lanzadores, 12 de la categoría 15-16 y 12 de la juvenil, con cinco y siete años respectivamente como promedio de experiencia en el béisbol. Ambos grupos se subdividieron en dos semigrupos, uno experimental y otro de control de seis lanzadores cada uno. El *análisis biomecánico* se centra en la filmación lateral en tercera dimensión de los movimientos de los 24 lanzadores escogidos para el experimento, basado en el programa computarizado (software de análisis del movimiento de la corporación de Santa Rosa, California, EE.UU. Expertvisión 3D) utilizando el método de digitalización de imágenes de transformación lineal directa (DLT) perteneciente a (Abdel Asís Karara, 1977) y desarrollado por (L. Jennings, 1981 y Vaughann, 1984) y adaptado por la facultad de informática del Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (ISPJAE, 2000), calculándose; *posiciones, trayectorias, velocidades y aceleraciones lineales y angulares* de puntos y segmentos corporales del lanzador, (variables cinemáticas y cinéticas), siendo este al que más interés se ha prestado en la investigación por los datos que nos suministra.

Mediante los esquemas de posturas obtenidos de los cineciclogramas confeccionados con las filmaciones, se realiza también el *análisis biodinámico* de las posiciones fundamentales del lanzador, o sea, la interacción entre las características dinámicas de fuerza e inerciales.

Se complementa con el cálculo del centro de gravedad del cuerpo por el método gráfico-analítico. Nos apoyamos también en el método de modelación, al comparar los movimientos de la muestra (ambos subgrupos experimentales) con dos *patrones técnicos a imitar*; Norge Luis Vera Peralta (para lanzadores derecho) y Faustino Corrales Denis (para lanzadores zurdos).

Se utilizaron también los métodos empíricos de observación simple, y complementarios como *la encuesta y la entrevista*, y los métodos *estadísticos* aplicados a las variables empleadas en la hipótesis.

Se realizaron las primeras pruebas (pretest) del experimento en las semanas quinta y sexta del entrenamiento, evaluándose a los 24 investigados mediante *35 parámetros biomecánicos* escogidos de acuerdo a los gestos y movimientos principales registrados en las filmaciones, y que denotan los errores cometidos en las variables biomecánicas consideradas como de obligatorio cumplimiento en la mecánica de lanzamiento.

Se integraron al entrenamiento regular de los grupos experimentales *un complejo de ejercicios* diseñados según métodos biomecánicos de corrección, que responden a las deficiencias mecánicas detectadas. Los resultados mostrados después de 16 semanas de aplicación del *complejo de ejercicios* en ambos grupos experimentales, evaluados en la segunda prueba (postest) con los mismos parámetros de rendimiento, son muy superiores en todos los sentidos.

Estos resultados significan la efectividad de *los ejercicios correctivos* de una mecánica de lanzamiento deficiente, evitando así la gran cantidad de brazos lesionados en estas categorías en nuestra provincia La Habana.

INTRODUCCIÓN.

Con el triunfo de la Revolución en nuestro país, se inicia una nueva era en el deporte revolucionario, así como en todos los ámbitos de la educación física, con el objetivo principal del mejoramiento y la elevación de la calidad de vida de la población. *"El deporte derecho del pueblo"* ha sido uno de los lemas que hasta el presente nos ha acompañado, a la vez que cada día son más altos los indicadores de participación en cuanta competencia oficial y amistosa se ven nuestros compatriotas. Paralelo a esto, las ciencias aplicadas a los diferentes deportes comenzó también su continuo y rápido accionar tratando de dar respuestas a las cada vez mayores exigencias científicas de esta área. Al respecto, en la inauguración del moderno laboratorio antidoping (abril, 2001) nuestro Comandante en Jefe expresó: *"...el campo de las ciencias aplicadas al deporte es tan necesario como el deporte y el ejercicio mismo, y su valioso aporte no debe hacer esperar a nuestro pujante movimiento deportivo..."*.

En los niños y jóvenes la práctica sistemática del deporte se ha convertido en factor más que decisivo de la formación multilateral de su personalidad, cada día, mayor cantidad de jóvenes integran las canteras y nominas de nuestros equipos nacionales e internacionales de diferentes categorías, dando muestras de la influencia tan grande del deporte como factor socializador, al contribuir enormemente en un mejor comportamiento ético, estético y social. A su vez, hemos observado contrariamente a esto, como gran cantidad de jóvenes (en sus mejores condiciones físicas) se ven afectados por lesiones que en la mayoría de los casos terminan definitivamente su carrera deportiva. Introducimos a continuación el análisis de una *problemática* tan delicada en nuestros jóvenes escolares y juveniles en un deporte como *el béisbol* considerado nuestro deporte y pasa tiempo nacional, donde todos opinamos, polemizamos y dirigimos.

Lo hacemos desde las perspectivas de la *Biomecánica*, ciencia que tiene entre sus tareas el estudio y análisis de la optimización de los movimientos, con el objetivo; ***“del perfeccionamiento técnico del deportista”***.

Los estudios biomecánicos se han hecho imprescindible por muchas razones, entre ellas; la importancia de los resultados deportivos en diversos ámbitos de la vida y la dificultad, cada vez mayor, para mejorar las marcas, pero principalmente como *prevención de lesiones*. El mejorar los resultados está cada vez más relacionado con el aumento de los parámetros antropométricos de los deportistas, mejoras de tipo biológico, sobre todo relacionadas con la fuerza muscular, y mejoras de tipo técnico además del control de otras variables como las psicológicas.

El aumento de los parámetros antropométricos de los deportistas van ligados a la selección de talentos y mejoras evolutivas de la especie humana. Las del tipo biológico dependen de las adaptaciones que realiza el cuerpo humano a los estímulos que es sometido mediante las cargas de entrenamiento, y estas cargas cada vez tienen mayor volumen e intensidad, por lo que el aparato locomotor se encuentra *casi al límite* de sus posibilidades, soportando un gran estrés, que en la mayoría de las ocasiones desencadenan en lesiones de diferentes tipos dadas las sobre cargas.

Las mejoras en la técnica están condicionadas al descubrimiento de nuevas soluciones motrices a problemas determinados dentro de un marco reglamentario. Esto significa nuevas formas de ejecutar una acción determinada o bien *augmentar la eficacia mecánica de los movimientos que en la actualidad se realizan*.

Para tener una actuación efectiva en las competencias, el deportista debe dominar la técnica que resulte más racional para él. La perfección de las acciones motoras depende de cuáles son los movimientos que las forman y cómo están estructurados dentro de ellas. Es por ello que en nuestra

investigación hemos incluido el estudio detallado de las particularidades de los movimientos del lanzador de béisbol y las posibilidades de su perfeccionamiento.

En la fundamentación biomecánica de la preparación técnica de los lanzadores presuponemos:

1. La planificación de una técnica deportiva racional.
2. La elección de ejercicios auxiliares y propuestas de otros que contrarresten o subsanen los movimientos incorrectos.
3. La valoración de los medios de entrenamiento que se emplean y,
4. El control de su efectividad.

Al exponer la evolución del problema del movimiento y de la investigación sobre el mismo, hacemos énfasis en que el *análisis del movimiento* constituye un fenómeno complejo, al no poder definirse correctamente ni como un fenómeno mecánico – biológico, ni como la simple suma de los elementos que lo componen.

En los últimos años y a todos los niveles la preparación del lanzador de béisbol y específicamente los resultados de su preparación, han motivado preocupaciones y discrepancias entre técnicos a todos los niveles, intentándose por algunos suplir las deficiencias con una mayor preparación física, otros, con una rigurosa preparación mental, pero pocos con el análisis pormenorizado de los movimientos que realizan los lanzadores.

En mayor medida, es muy preocupante la gran cantidad de lanzadores lastimados (lesionados) de sus brazos, que en su inmensa mayoría ven truncada su carrera deportiva de por vida.

Es por ello, que determinado esto como una gran necesidad de nuestro glorioso movimiento deportivo nos propusimos la presente investigación, la cual nos llevó al siguiente planteamiento, que de hecho constituye el **Problema Científico**: ¿Qué características debe poseer una metodología para el análisis biomecánico de los movimientos de los lanzadores de béisbol escolares (15-16) y juveniles, que propicie la prevención de lesiones en los brazos de estos deportistas y el perfeccionamiento de la técnica motriz?

La problemática planteada permite establecer el **objeto de estudio** de la presente investigación en: el análisis biomecánico de los movimientos deportivos.

- **Objetivo general**:

Elaborar una metodología para el análisis biomecánico de los movimientos de los lanzadores de béisbol escolares (15-16) y juveniles, que propicie la prevención de los brazos de futuras lesiones y el perfeccionamiento de la técnica motriz.

Al establecer el objetivo delimitamos una parte del mismo para su estudio, el cual denominamos, **campo de acción**: el análisis biomecánico de los movimientos de los lanzadores de béisbol escolares (15-16) y juveniles en la provincia La Habana.

Los antecedentes que hemos abordados nos posibilitan enunciar la siguiente **hipótesis**:

Una metodología para el análisis biomecánico de los movimientos de los lanzadores de béisbol escolares (15-16) y juveniles, que contemple la valoración cuantitativa y cualitativa de los parámetros de cada subfase del movimiento del pitcheo, propicia la prevención del brazo de futuras lesiones y un perfeccionamiento de la técnica motriz.

Para dar cumplimiento al objetivo planteado cumplimos con las siguientes tareas:

- ✓ Realización de un diagnóstico del comportamiento de los lanzadores investigados al ser evaluados con los parámetros biomecánicos establecidos para el pitcheo.
- ✓ Determinación de los aspectos integrantes del análisis biomecánico de los movimientos del lanzador, que deben conformar su metodología.
- ✓ Comprobación experimental de la metodología propuesta para el análisis biomecánico de los movimientos de los lanzadores de béisbol escolares (15-16) y juveniles.

La metodología para el análisis biomecánico de los movimientos necesita inobjetablemente de la constante actualización científica de cada uno de sus componentes, es por ello que la obtención de resultados de carácter novedosos, probados a través de la ciencia, contribuyen de forma notable a su perfeccionamiento y por consiguiente a su solidez.

El *aporte teórico* y *la novedad científica* de la presente investigación están dados en la metodología para el análisis biomecánico de los movimientos de los lanzadores escolares y juveniles, al contemplar e integrar las valoraciones cualitativas y cuantitativas de los parámetros biomecánicos a cada subfase del movimiento del pitcheo, propiciando el perfeccionamiento de la técnica motriz y la disminución de lesiones en los brazos de los lanzadores.

En esencia consiste en la medición de las variables cinemáticas y cinéticas a cada una de las subfase de los de los movimientos del lanzamiento, en base a 35 parámetros evaluativos, que además, en calidad de propuesta metodológica puede aplicarse al análisis biomecánico del lanzamiento en otros deportes.

La presente investigación basada en la generalización y sistematización teórico-metodológica del estudio, validado con la rigurosidad de las técnicas biomecánicas enriquece la teoría de la

Biomecánica para el estudio del pregrado, sobre todo en los contenidos referentes al Tema III. La Maestría Técnico-Deportiva, y en el postgrado; en los cursos de Teoría y Metodología del Entrenamiento Deportivo en lo referente a la preparación técnica.

El *aporte práctico* consiste en la derivación de un método para llegar a un grupo de ejercicios correctivos de una mecánica del movimiento inapropiada, detectada al aplicarse las variables biomecánicas presentes en los movimientos, los cuales van dirigidos a perfeccionar los movimientos y prevenir las lastimosas lesiones.

A su vez, los datos cuantitativos y cualitativos que aporta el estudio en base a cálculos cinemáticas y cinéticos, curvas características velocidad-tiempo ($v-t$), etc., permitirán a entrenadores y profesores trabajar con

parámetros confiables y comparables con los límites fisiológicos del ejercicio, lo que les permitirá realizar una reflexión y por consiguiente una revisión de los métodos y medios del entrenamiento, contribuyendo a que el proceso enseñanza – aprendizaje que constituye el entrenamiento, no solo sea más humano, lógico y comprensible para todos, sino también ayudará a preservar los brazos de los jóvenes lanzadores de posibles lesiones.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS – METODOLÓGICOS DEL ANÁLISIS BIOMECÁNICO.

1.1 Conceptos sobre las formas del movimiento desde las perspectivas de la biomecánica.

El objeto de una ciencia pone en claro qué es precisamente lo que se estudia y con cuál objetivo.

La Biomecánica es la ciencia de las leyes del movimiento mecánico en los sistemas vivos. En su sentido más amplio, a los sistemas vivos (biosistemas), a los que pertenecen: a) organismos íntegros (por ejemplo, el hombre); b) sus órganos y tejidos, así como también los líquidos y gases contenidos en ellos (sistemas internos del organismo) e, incluso; c) agrupaciones de organismos (por ejemplo, una pareja de acróbatas que actúan conjuntamente, dos luchadores en contra, etc.). (Donskoi-Zatsiorski, 1988).

La Biomecánica deportiva, como disciplina docente, estudia los movimientos del hombre en el proceso de los ejercicios físicos. Además, *analiza las acciones motoras del deportista como sistemas de movimientos activos recíprocamente relacionados (objeto del conocimiento).* En este análisis se investigan las causas mecánicas y biológicas de los movimientos y las particularidades de las acciones motoras que dependen de ellas en las diferentes condiciones (*campo de estudio*). (Ibidem, 1988).

El movimiento, como forma de existencia de la materia, es tan variado, como variado es el mundo. (Engels, 1925).

1.1.2 Movimiento mecánico en los sistemas vivos.

Este autor comparte la opinión dada por (Donskoi-Zatsiorski, 1988) que el movimiento mecánico en los sistemas vivos se pone de manifiesto en: a) el desplazamiento de todo el biosistema respecto a su entorno, (medios, apoyos, cuerpos físicos), y b) la deformación del biosistema mismo, o sea, el desplazamiento de algunas de sus partes con respecto a otras.

Las leyes fundamentales de la mecánica de Newton describen el movimiento de cuerpos abstractos absolutamente rígidos, que no se deforman. En la naturaleza no existen tales cuerpos, aunque en los denominados cuerpos rígidos las deformaciones son tan pequeñas que generalmente pueden despreciarse. En los sistemas vivos, por el contrario, varía sustancialmente la disposición relativa de sus diferentes partes. Estas variaciones *son los movimientos humanos*. Las partes de los sistemas vivos (por ejemplo, la columna vertebral y la caja torácica) también se deforman muchas veces de manera sustancial.

Es por eso que, al estudiar el movimiento de un sistema vivo, se tiene en cuenta que el trabajo de las fuerzas se emplea tanto para el desplazamiento del cuerpo en su conjunto, como para las deformaciones. (Ibidem, 1988).

En tales casos siempre existen gastos y disipación de energía. En la naturaleza no existe en lo absoluto el movimiento puramente mecánico. Este va acompañado siempre de transformaciones de la energía mecánica en otros tipos de energía (por ejemplo; calorífica) , y con pérdida de esta. El movimiento mecánico del hombre, que se estudia en la biomecánica deportiva, se produce bajo la acción de las fuerzas mecánicas externas (gravedad, fricción y muchas otras) y de las fuerzas de tracción muscular. Estas últimas las dirige el sistema nervioso central y, por consiguiente están condicionadas por procesos fisiológicos.

Debemos tener en cuenta que no existen leyes particulares de la mecánica para el mundo vivo. Pero de la misma forma y en la misma medida que los sistemas vivos se diferencian de los cuerpos abstractos absolutamente rígidos, igualmente el movimiento mecánico de los sistemas vivos es *más complejo* que el de un cuerpo absolutamente rígido. Por consiguiente, al aplicar las

leyes generales de la mecánica a los objetos vivos, resulta imprescindible tener en cuenta sus particularidades mecánicas y biológicas; por ejemplo, las causas de la adaptación de los movimientos humanos a las condiciones, las vías de perfeccionamiento de los movimientos, la influencia de la fatiga, etc.

1.1.3 Particularidades del movimiento mecánico del hombre.

La actividad motora del hombre se realiza en forma de acciones motoras organizadas mediante muchos movimientos interrelacionados (sistemas de movimientos). (Ibidem, 1988).

La actividad motora del hombre es uno de los fenómenos más complejos, no solo porque no son nada sencillas las funciones de los órganos de movimiento, sino también porque en ella participa la conciencia como producto de la materia más altamente organizada: *el cerebro*. Es por ello que la actividad motora humana se diferencia sustancialmente de la actividad de los animales.

En el proceso de la educación física y con actividad motora, el hombre transforma su propia naturaleza de forma activa y se perfecciona físicamente. Transforma el mundo utilizando las posibilidades del progreso científico-técnico y, en última instancia, también mediante la actividad motora (acciones, habla, escritura, etc.), que está integrada por las acciones del hombre.

Las acciones motoras se realizan con ayuda de movimientos activos voluntarios, provocados y dirigidos por el trabajo de los músculos. El hombre por voluntad propia, comienza los movimientos, los varía y los hace cesar cuando ya el objetivo ha sido alcanzado. (Sechenov, 1965).

1.1.4 Contenido de la Biomecánica Deportiva.

La biomecánica, como ciencia y disciplina docente, se caracteriza por los conocimientos acumulados, los que conforman un determinado sistema de postulados fundamentales: *la teoría de la biomecánica*. Además, se elaboran las vías para la obtención de esos conocimientos: *el*

método de la biomecánica. La teoría y el método se expresan mediante los correspondientes conceptos y leyes, con los cuales se pone en claro el contenido de la biomecánica.

1.1.5 Teoría de la Biomecánica Deportiva.

En el fundamento de la interpretación contemporánea de las acciones motoras se encuentra el enfoque sistémico-estructural, que permite analizar el cuerpo humano como un sistema en movimiento; y los procesos mismos del movimiento, como sistemas de movimientos en desarrollo.

La dialéctica materialista analiza el mundo como *sistemas*, a los que es inherente determinada relación entre los cuerpos y procesos. (Engels, 1925). El enfoque *sistémico-estructural* es el principio dialéctico del conocimiento científico de la integridad de objetos y procesos (sistemas) complejos.

El autor comparte y está muy de acuerdo con el concepto de que el enfoque de la técnica deportiva como objeto de aprendizaje, está dirigido contra la división metafísica de lo integral, que no valora la interacción de los elementos. (Donskoi-Zatsiorski, 1988). Dicho enfoque está orientado también contra la *reducción* de fenómenos cualitativamente complejos a sus componentes más simples.

El enfoque sistémico-estructural del estudio de los movimientos del hombre se hace realidad en la teoría de la estructuralidad de los movimientos, instaurada por las ideas de N. A. Bernshtein. *“El movimiento no es una cadena de detalles sino una estructura (en el caso dado un sistema)”*. (Donskoi, 1982), *“que se diferencia en detalles, es una estructura íntegra, a la vez que existe una alta diferenciación de los elementos y de las formas variadamente selectivas de interrelaciones entre ellos”*. (Bernshtein, 1959).

En la teoría de la estructuralidad de los movimientos encontramos los principios de la:

- *Estructuralidad* en la conformación de los sistemas de movimientos, pues todos los movimientos están interrelacionados con el sistema; precisamente estos vínculos estructurales son los que determinan la integridad y la perfección de la acción.
- *Integridad* de la acción, ya que todos los movimientos de la acción motora forman un todo único, un sistema íntegro de movimientos dirigidos al logro de un objetivo. La variación de uno u otro movimiento influye sobre todo el sistema.
- *Dirección consciente hacia un objetivo*, propia de los sistemas de movimientos, porque el hombre se plantea conscientemente un objetivo, realiza los movimientos convenientes y los dirige con vistas a alcanzar el objetivo planteado.

G. Hochmuth, 1973, señala: "los fundamentos de la teoría de la biomecánica incluyen las premisas de la fundamentación mecánica y de la naturaleza refleja de los movimientos". El autor es de la opinión (compartida con Donskoi-Zatsiorski, 1988) de que "todos los movimientos se efectúan bajo la acción de fuerzas mecánicas de origen diferente, en completa correspondencia con las leyes de la mecánica". Por su parte, J. G. Hay, 1988, plantea que: "todos los movimientos se caracterizan por la naturaleza reflejo de la dirección de las acciones motoras, sobre la base del principio del nervismo".

En un análisis realizado por K. Hainaut, 1976, ratificado por M. Gutiérrez Dávila, 1988, acerca de la estructura biomecánica de la motricidad, se aprecia que: "partiendo de los postulados teóricos generales, se investigan las regularidades de los grupos de acciones particulares (teoría de choque, del empuje, de los lanzamientos, etc.).

1.1.6 El método de la Biomecánica Deportiva.

Según Donskoi-Zatsiorski, 1988, opinión que compartimos plenamente, el método de la biomecánica deportiva es la forma fundamental de investigación, la vía de conocimiento de las regularidades de los fenómenos. La teoría de la biomecánica fundamenta su método. El método, a su vez, determina las posibilidades de obtención de nuevos datos, las posibilidades de aclaración de nuevas regularidades.

El método de la biomecánica, en su aspecto más general, está basado en el análisis sistémico y en la síntesis sistémica de las acciones, con la utilización de características cuantitativas, en particular, la modelación de los movimientos. (Donskoi-Zatsiorski, 1988). La vía principal del conocimiento es «la conjunción del análisis y de la síntesis, el desmontaje de las diferentes partes, y el conjunto, la suma de las partes» (Lenin, V. I. 1961). Es propósito de este autor señalar que en el estudio de los movimientos, la especificidad del método consiste en la determinación de las formas concretas del análisis sistémico de las acciones y de la síntesis de estas. La determinación de la composición de los elementos del sistema es una etapa del conocimiento de la integridad de la acción motora.

La biomecánica como ciencia experimental, se apoya en el estudio experimental de los movimientos. Con ayuda de equipos se registran las particularidades cuantitativas (características) de los movimientos; por ejemplo, las trayectorias, las velocidades, las aceleraciones, que permiten diferenciar los movimientos y compararlos entre sí. Al analizar las características se divide mentalmente, a partir de determinadas leyes, el sistema de movimientos en sus partes componentes, de esta forma se establece su composición. En esto consiste *el análisis sistémico de las acciones*.

El sistema de movimientos, como algo íntegro, no es simplemente una suma de las partes que lo componen. Las partes del sistema están agrupadas por múltiples interrelaciones que transmiten al sistema nuevas cualidades que no son propias de cada elemento en particular (propiedades del sistema). En el análisis biomecánico del movimiento la forma de interrelación de las partes del sistema, las regularidades de su interacción, *son su estructura*. Al estudiar las variaciones de las características cuantitativas, se pone en claro cuáles elementos influyen sobre otros, se determinan las causas de la integridad del sistema. En esto se pone de manifiesto *la síntesis sistémica de las acciones*.

Las características cuantitativas de los movimientos permiten construir modelos de sistemas de movimientos (modelos físicos y matemáticos) a un alto nivel del análisis sistémico. Sin embargo, para la práctica deportiva resultan particularmente necesarios los modelos integrales de la técnica deportiva como objeto de enseñanza y perfeccionamiento de la maestría técnica. Para la solución de esta tarea se emplea, de la forma más completa, la investigación de los sistemas de movimientos, el estudio de su organización estructural interna.

1.2 Desarrollo de la Biomecánica Deportiva; su relación con el análisis del movimiento.

La biomecánica deportiva comenzó a desarrollarse impetuosamente en los últimos decenios, como resultado de los logros obtenidos por la biomecánica general. Al surgimiento mismo y al desarrollo de la biomecánica como ciencia autónoma contribuyeron, a su vez, determinadas premisas; la acumulación de conocimientos en la esfera de las ciencias físicas y biológicas, así como también el progreso científico-técnico, que permitió elaborar metodologías complejas perfeccionadas para el estudio de los movimientos y analizar su estructura de una forma nueva.

1.2.1 Premisas del desarrollo de la Biomecánica.

En el surgimiento de la biomecánica ejerció una influencia decisiva el desarrollo de la *mecánica*, en particular, su tendencia nueva formada desde los tiempos de Galileo y Newton. Sin embargo, ya Leonardo da Vinci afirmaba que «*la ciencia de la mecánica era la más útil y generosa de todas las ciencias semejantes, porque resulta que todos los cuerpos vivos que tienen movimiento actúan bajo sus leyes*». La mecánica teórica contiene todas las leyes fundamentales del movimiento mecánico. En biomecánica se comenzaron a utilizar los datos de ciencias autónomas tales como *la hidrodinámica y la aerodinámica, la resistencia de materiales, la reología* (teoría de la elasticidad), de la plasticidad y del escurrimiento), *la teoría de las máquinas y los mecanismos, etc.*, estructurados sobre la base de la mecánica general.

La ciencia matemática, que desempeñó un importante papel en el desarrollo de la mecánica, posteriormente se separó en campos independientes del conocimiento. La aplicación de esta ciencia en la biomecánica se amplía cada vez más, no solo al estudio estadístico del material recopilado, sino también a métodos independientes de investigación, en particular *la modelación matemática*.

D. Borrellí, (alumno de Galileo) –médico, matemático y físico– sentó las bases de la biomecánica como rama de la ciencia en su libro *Acerca del movimiento de los animales* (1679). De las *ciencias biológicas*, la que más se ha utilizado en la biomecánica han sido los datos de la *anatomía* y de la *fisiología*, que se desprendió de ella en los siglos XVI – XVII. Posteriormente, ejerció una gran influencia en la biomecánica *la anatomía funcional* y, en especial, las ideas del *nervismo* en la fisiología contemporánea.

Las tendencias fundamentales en la biomecánica surgieron unas tras otra y han continuado desarrollándose paralelamente. En la *tendencia mecánica* se mantienen las ideas básicas relacionadas con la variación de los movimientos bajo la acción de las fuerzas aplicadas y sobre la aplicación de las leyes de la mecánica a los movimientos de los animales y del hombre. En el enfoque *anatómico-funcional* se conservan las ideas sobre la unidad y la condicionalidad recíproca entre la forma y la función en el organismo vivo.

La tendencia *fisiológica* se basa sobre las ideas de la sistematicidad de las funciones del organismo, del aseguramiento energético y las ideas del nervismo, que pone en claro la importancia de los procesos de dirección de los movimientos en la actividad motora. La tendencia *mecánica* comenzada con los trabajos de D. Borelli y desarrollada por W. Braune y O. Fischer, tuvo su mayor representación en la antigua URSS, con los aportes de; Donskoi, D., Zatsiorski, V., Sechenov, I. M., Ujtomski A. A., así como los trabajos de muchas escuelas extranjeras de los antiguos países socialistas; Hochmuth, G. Hainaut, K. Holdebrand, F. Homburger, K. y Hoffmann K. en la antigua RDA; en Polonia los de Dworak, P., en EE.UU. los de Flanders, J., Hay, J. G., Nelson R., y otros muchos que gran aporte han dado a esta ciencia en la rama de deporte.

Este autor concede gran importancia al enfoque mecánico del estudio de los movimientos del hombre, ya que permite, ante todo, determinar la medida cuantitativa de los procesos motores. La medición de los indicadores mecánicos de la función motora resulta totalmente imprescindible para explicar la esencia física de los fenómenos mecánicos. *Este es uno de los fundamentos de la biomecánica.* Desde el punto de vista de la física, se ponen al descubierto la estructura y las propiedades del aparato locomotor y de los movimientos del hombre. En este sentido, la tendencia mecánica nunca pierde su importancia.

Aunque debemos aclarar, que un enfoque puramente mecánico puede resultar a veces un terreno propicio para simplificaciones irrazonables. Existe cierto peligro de subestimar las especificidades cualitativas de la física del ser vivo, pueden ponerse de manifiesto tendencias mecanicistas que explican fenómenos cualitativamente altos, mediante factores mecánicos simplísimos. La interpretación errónea de la biomecánica como *una ciencia técnica aplicada a lo vivo*, que se conserva, a veces reduce las posibilidades de conocer la complejidad real de los movimientos humanos y su perfeccionamiento dirigido a un fin determinado.

La tendencia *anatómica – funcional* creada en la antigua URSS por los trabajos de P. F. Lesgaft, I. M. Sechenov, M. F. Ivanitski y otros, se caracteriza preferentemente por el análisis descriptivo de los movimientos en las articulaciones, por la determinación de la participación muscular en la conservación de las posiciones del cuerpo y en sus movimientos. Cada día se emplea más el registro de la actividad eléctrica de los músculos (electromiografía), el cual permite determinar el tiempo y el grado de participación de los músculos en los movimientos, y la coordinación de la actividad de los diferentes músculos y grupos musculares. De esta forma, el conocimiento de las particularidades morfológicas de los sistemas biomecánicos, garantizan una fundamentación más profunda y correcta de la preparación física y técnica en la educación física, en particular en el deporte.

Gran respeto merece el estudio de la tendencia fisiológica de la biomecánica (que tiene sus orígenes también en la escuela soviética) formada bajo la influencia de las ideas del nervismo, es decir, los estudios sobre la actividad nerviosa superior y los últimos datos de la neurofisiología. Científicos como I. M. Sechenov, I. P. Pavlov, A. A. Ujtovski, P. K. Anojin, y principalmente N. A. Bernshtein, entre otros, pusieron al descubierto la naturaleza refleja de las acciones motoras y el

papel de los mecanismos de la regulación nerviosa durante la interacción del organismo con el medio, lo que conforma el fundamento fisiológico del estudio de los movimientos del hombre.

De esta forma, se desarrollaron las tendencias fundamentales en el desarrollo de la biomecánica; *la mecánica, la anatomía funcional y la fisiología*, que existen aún en la actualidad.

1.3 Aspectos teóricos metodológicos del análisis biomecánico en los movimientos del pitcheo.

La década del 90 intentó darle solución al viejo debate acerca del pitcheo entre los estudiosos y seguidores tradicionales y contemporáneos; *¿es el béisbol una ciencia o un arte?* Miembros de las antiguas escuelas tradicionales de baseball piensan que cada pitcher *lanza a su manera* (a su propio modo), usando un número finito de lanzamientos, dados más por la *madre naturaleza* que por otros factores, con un determinado nivel de habilidades que los ubica en un cierto nivel de competencia. (House, 1995).

Los seguidores de las nuevas escuelas contemporáneas de baseball son más científicos, piensan que los factores genéticos son los únicos limitantes en el desarrollo de las *habilidades* del pitcheo, necesarias para alcanzar un nivel óptimo de competencia.

El cuerpo humano en su similitud con los mecanismos simples de la mecánica, es un sistema de cadenas, palancas, péndulos y poleas que debe ser entrenado de una forma específica para competir. Este puede ser entrenado para responder a las demandas físicas que el pitcheo requiere, y el cerebro y los sentimientos pueden ser preparados con información y experiencias de tal forma que se logre proveer de un acondicionamiento mecánico y físico adecuado. (Ibidem, 1995). Aunque las escuelas antiguas y modernas difieren filosóficamente en como se

desarrollan las *habilidades*, coinciden en que lanzar es una *habilidad*. Entonces nos atrevemos a decir que lanzar (pitchear) es ambas cosas: *“una ciencia y un arte”*. (Ibidem, 1995).

Al pitcheo, podemos añadirle todo; gran atención a la secuencia de nervios y contracciones musculares que crean velocidad e imparten rotación, mientras se suministra una cantidad calculada de estrés en los músculos, tendones, ligamentos y huesos.

“El arte de pitchear” es simplemente la forma en que un individuo usa sus pies, piernas, torso, brazos y cabeza para interpretar la información de la ciencia del pitcheo. (Ibidem, 1995). *“El movimiento del cuerpo es el arte del pitcheo”*. Es la forma en que uno desarrolla *un parecer* en un estilo predecible, que coordina la genética, el acondicionamiento mental y emocional, y los movimientos neuromusculares necesarios para lanzar una bola desde un montículo a 60 pies y 6 pulgadas, tanto en prácticas como en competencias. (Ibidem, 1995).

La técnica del pitcheo ha sido impartida por cientos de años. Durante los primeros 90 años de baseball, los entrenadores usaban su propia experiencia visual para enseñar a sus pitchers. Este error continuó hasta los últimos años de los 70 cuando entrenadores profesionales norteamericanos, canadienses y japoneses, adaptaron nuevas tecnologías (cámaras de cine y vídeo, plataformas de fuerzas, celdas fotoeléctricas, electro miógrafos, etc.) a técnicas de instrucción. En los últimos 8 ó 10 años los entrenadores e investigadores han comenzado a integrar análisis computarizado en 2D y 3D (bidimensionales y tridimensionales) en sus enseñanzas y en sus análisis de movimientos de lanzadores. Se plantea en la actualidad, que los mejores entrenadores son usualmente pensadores tridimensionales, y los mejores pitchers *siempre desarrollan estilos eficientes en tres dimensiones*. Sin embargo, somos de la opinión de que aún queda mucho por mejorar en el proceso del pitcheo entre instructores o entrenadores y atletas. Desde hace unos años, la preparación del lanzador ha motivado preocupaciones y

discrepancias entre técnicos y entrenadores a diferentes niveles, trayendo como consecuencia intentos aislados por resolver el problema que se agudiza, sin convencer a la opinión especializada. (Guerra, 1989). La inmensa mayoría de entrenadores opinan que las insuficiencias están dadas por falta de preparación física, otros lo achacan a falta de preparación mental. Es obligatorio referirse a la gran cantidad de brazos lesionados, sobre todo en las categorías inferiores entre los 15 y 18 años. Por sólo citar un ejemplo; en nuestra provincia La Habana de 5 lanzadores que se inician en la pirámide; 2 sólo llegan al equipo nacional, 3 quedan en el camino principalmente por molestias en el brazo de lanzar. (**Anexo No. _**

Una buena constitución física, fortaleza muscular y reserva de energías son cualidades esenciales para todo buen lanzador; una estatura alrededor de 183 cm. (6,03 pies) y un peso aproximado de 86 Kg. (189,2 libras), con brazos y manos grandes, para obtener un mejor agarre de la bola, son condiciones adicionales que lo favorecen. (Ealo de la Herrán, 1987). La mecánica de los movimientos y la velocidad en los envíos son factores de vital importancia, ya que la falta de control en los lanzamientos es el resultado de una mala coordinación de esos elementos, los que mediante un trabajo rítmico y de conjunto coadyuvan eficazmente al perfeccionamiento del control. La **IBF (International Baseball Foundation)** presenta un modelo de pitcheo basado en el modelo biomecánico de la **ASMI (American Sports Medicine Institute)**, donde plantean y exigen que las condiciones físicas ideales para un lanzador deben ser: una talla entre 1,85 y 1,90 cm. (entre 6 y 6,2 pies), un peso entre 85,5 y 90,2 Kg. (entre 188 y 198,4 libras), extremidades largas y con gran flexibilidad, sobre todo en el brazo de lanzar, fuerte complexión física recalcada en las extremidades inferiores (incluyendo los glúteos), etc.

La **ASMI (American Sports Medicine Institute)** en diferentes trabajos que hemos consultado, plantea que las habilidades a desarrollar deben estar siempre por encima de los dones naturales

(dotes físicas), aunque enfatizan que existen mejores condiciones para desarrollarlas en los prototipos citados. En las diferentes encuestas aplicadas a entrenadores de pitcheo, más del 85% de estos plantean que conceden gran importancia a las dotes físicas naturales del atleta, aunque esto no sea una limitante para su trabajo. También en las diferentes entrevistas efectuadas, plantean que prefieren trabajar con atletas cuyas condiciones físicas sean las idóneas para un buen lanzador, ya que esto posibilita el perfeccionamiento de su acciones en cuanto al movimiento ideal para el cumplimiento eficaz de la tarea motora. Entre los trabajos bibliográficos revisados a nivel nacional nos llama la atención la tesis de trabajo de diploma de (Goicoechea-Romero, 1995), donde estos autores plantean que aunque no constituye una limitante para el pitcheo; la talla y el peso son imperantes del lanzador ya que cuando no se poseen las apropiadas; mayor es el esfuerzo a realizar por el brazo y mayores las posibilidades de lesiones.

En el campo del pitcheo (Andrews / Fleisig, 1996) plantean la necesidad de un análisis diferenciado y especificado, pero teniendo en cuenta siempre las especificidades y limitaciones morfológicas del organismo humano, aclarando hasta donde puede llegar el hombre al traspasar la barrera del límite fisiológico y como esto en el mayor por ciento de los casos, se convierte en lesión fatal para el lanzador. (Atwater, A. E. 1986), realiza su análisis biomecánico obviando también todo lo referente a la mecánica sustentiva del movimiento del lanzador, no integrando las leyes de la mecánica, verdaderas causantes de los movimientos.

(Borba, 1986; Bontovskic, 1990; Balsevich, 1996; Barbero, A. J.C. 2000; y Coleman, 2000); dirigen sus estudios e investigaciones subrayando la importancia del entrenamiento de la mecánica del lanzamiento necesario para dar respuestas a las exigencias cada vez mayores de los movimientos de los atletas y como de esta forma contribuiremos siempre a la prevención de lamentables lesiones.

En los últimos años (Collins, Hr. & Lund, D. 1985) comienzan a trabajar los análisis de los movimientos en los lanzadores con todas las argumentaciones mecánicas necesarias, de manera que el peso mayor de las deficiencias detectadas en los diferentes análisis se basara en irregularidades del sistema mecánico del movimiento. Es necesario aclarar que a partir de 1985, los conglomerados y equipos de investigadores se integraron en su totalidad por *Físicos, Ingenieros Mecánicos, Médicos, Analistas en Sistemas Automatizados*, y otros estudiosos de esta ciencia, que pudieran aclarar y diseminar cualquier posible duda que apareciera en las bases mecánicas de los diferentes movimientos deportivos. Es así como: (Hainaut, 1976; Holdebrand, 1984; Zedlick, M / Puni, A.T, 1985; Dapena-Fetlner 1986; Komi, 1986; IBF, 1987; Hay, J.G. 1988; Vera, 1988; Utkin, 1988; Fleisig, 1989, 1992,1993, 1994, 1994, 1994, 1996, 1996 y 1999; Makarov, 1992; Thurston, 1993; Sakurai, 1993; House, 1993, 1995 y 1999; Kuznetsov, 1995; Nelson / Zatsiorski, 1995; Soto, 1995; Laputin, 1996); Meinel / Schabel, 1996); y Menzel, 1998 y 1999); hacen el mayor énfasis en sus respectivos análisis del movimiento en diferentes deportes en los aspectos mecánicos, combinándolos con las características morfológicas; constituyendo así valiosos argumentos *biomecánicos* fundamentados por todas las *características biomecánicas* presentes en estos movimientos. Hemos dejado para último a este investigador **Fleisig, G. S**, director del **(ASMI) (American Sports Medicine Institute)**, que ha dedicado sus últimos diez años al estudio pormenorizado y análisis de los movimientos de los lanzadores de baseball en diferentes categorías (desde 7-8 hasta 25 años) en los EE.UU. llegando a crear y proponer un modelo de pitcheo de acuerdo a los estudios realizados. Este modelo fue creado en los laboratorios de este Instituto, por lo que opinamos que al llevarlo y validarlo en la realidad práctica, con estudios y adaptaciones de diferentes categorías de lanzadores, presente muchas dificultades por su generalización tan grande y no ahondar en las particularidades de las edades.

Referencia también merecen los trabajos de **House-Blizblaut**, biomecánico este último, especializado en el análisis tridimensional de los movimientos de los lanzadores y en el cálculo por parámetros de la eficiencia del lanzador. Interesantes por la profundidad de su contenido están los trabajos de **Sakurai, et, al**, con lanzadores de las universidades japonesas, todos tratados y analizados en 3D, y tomando como referencia la gran cantidad de lanzadores lesionados de este país y el poco tiempo de vida deportiva-útil que tienen.

El trabajo de (**Dapena, et, al, 1986**) en la Universidad de Indiana (Bloomintang) con lanzadores de la misma, respaldado por sus análisis cinematográfico en 3D y proponiendo gestos específicos y movimientos exactos de la mayoría de las extremidades que intervienen en el pitcheo. Todos estos demuestran la importancia tan grande que viene brindando la *biomecánica* a los movimientos de los lanzadores de baseball. Es necesario señalar también la gran tecnificación en equipos y medios electrónicos (de un elevado costo económico) integrados al estudio y análisis de los movimientos, en los entrenamientos y cuantas competencias de renombre mundial existen.

Debemos confesar que la metodología sobre el adiestramiento del movimiento se basa, (en nuestro país) en gran parte todavía en experiencias prácticas. Es por eso, que nuestro saber teórico de la evolución de los movimientos y de su predeterminación acusa grandes lagunas. En nuestra revisión bibliográfica sobre la materia no existe todavía ninguna exposición completa del saber acumulado hasta hoy en día por nuestros especialistas.

Juan Ealo de la Herrán. (Ealo, 1988) bordea en su importante libro algo acerca de los movimientos de los lanzadores, sus posiciones reglamentarias, llamándole inclusive a su descripción "mecánica del lanzamiento", sin entrar en detalles biomecánicos de sus manifestaciones, definiciones,

estructuras, características, etc. Aunque es necesario que aclaremos que es el primero de nuestros autores que adopta un modelo del lanzador cubano de acuerdo a sus características naturales. Jesús Guerra González (Guerra, 1989), interioriza más y explica basado en experiencias personales de sus años como lanzador algunas de las particularidades del pitcheo, mencionando entre ellas las características biomecánicas del acto de lanzar, citándolas como “fundamentación biomecánica”, pero sin entrar a considerar ninguna de las verdaderas *características biomecánicas (cinemáticas y dinámicas)*, ni las transformaciones de energías y fuerzas que se ponen de manifiesto en las diferentes posturas y gestos adoptados por los pitchers, recomienda ejercicios pero no correctivos de una mecánica inapropiada.

Se plantea de forma clara que *“...se habrá logrado una mecánica correcta cuando se esté convencido que quien menos trabaja es el brazo de lanzar”*. (Guerra, 1989). Aspecto con el que estamos completamente de acuerdo. Pedro Pérez Delgado, (Pérez, 1997) plantea una serie de ejercicios correctivos y auxiliares necesarios para reforzar la mecánica del movimiento, con basamentos y métodos biomecánicos, pero que no surgen del análisis biomecánico pormenorizado, ni son específicos de las incorrecciones detectadas en los movimientos.

(Camacho, et, al, 1994) realiza también un pequeño análisis acerca de las condiciones físicas y sus características propias (comparadas contra un patrón medio del somatotipo del lanzador para esas edades) de los lanzadores de la ESPA de provincia Ciudad de La Habana.

(Perdomo, 2000) con su investigación acerca del análisis biomecánico del pitcheo y el bateo en el béisbol, aborda parte de lo relacionado con la mecánica de los lanzamientos, al tratar sobre la técnica de ejecución de los movimientos de los lanzadores en el béisbol cubano de alto

rendimiento a partir de la interacción con el apoyo del lanzador; (estudios dinamográficos). Otros trabajos han sido realizados pero desde diferentes ámbitos; (Álvarez, 2002), en su artículo se refiere a la efectividad del lanzador de béisbol contemporáneo basado en el entrenamiento especializado que debe realizar tanto físico como mental y las metas o compromisos a alcanzar que debe trazarse este. (González / Yáñez, 2001), en su valioso artículo, nos da a conocer algunas de las consideraciones más necesarias en la planificación del entrenamiento personificado en el béisbol, incluyendo al lanzador; pero no aborda en ningún momento ninguna sugerencia acerca de cómo corregir las imperfecciones de nuestros lanzadores. Este autor en sus artículos (2002, 2003) basados íntegramente en el análisis biomecánico, nos refiere la experiencia investigativa del trabajo realizado con jóvenes lanzadores, considerando *el equilibrio y la dirección* como la primera de las imperantes biomecánicas para el pitcheo y dejando sentado como base; *"qué de no partir de esta posición al comenzar sus movimientos, el lanzador no podrá lograr un completo dominio de los mismos durante el resto de su ejecución"*. Es decir, respetando las fases tradicionales de los lanzamientos en el béisbol, adaptar las fases de la investigación biomecánica al análisis de estos movimientos.

Somos de la opinión que de esta forma le será más fácil a los entrenadores interpretar y llevar a efecto, todas las sugerencias, recomendaciones, etc., que hagan de la presente investigación una vía productiva en la preservación de los brazos de nuestros jóvenes lanzadores de béisbol. En todas las encuestas y entrevistas realizadas se revela la escasez de información que poseen los entrenadores y especialistas acerca de las regularidades y formas actualizadas de analizar la ejecución de los movimientos de nuestros lanzadores, por lo que ha medida que la investigación avanzaba se realizaron múltiples actividades docentes – investigativas; (conferencias especializadas, talleres, cursos de actualización a dirigentes y entrenadores de béisbol, etc.),

se conformaron varias tesis de trabajos de diploma derivadas de la misma y se conformó un Proyecto de Investigación Aplicada con el tema del análisis de movimiento.

1.3.1 ¿Qué es la transmisión del movimiento?

Si se observa minuciosamente un movimiento deportivo en una película rodada en cámara lenta, se advierte con facilidad que la fase principal del movimiento no comienza de forma simultánea en todas las articulaciones, ni en todas las extremidades, sino que se observa una sucesión, un desarrollo *consecutivo*. (Meinel, 1981).

Como sabemos, todo movimiento deportivo es una acción donde se encuentra implicado todo el cuerpo. No es un sistema rígido que se mueve en su totalidad con la misma velocidad y la misma amplitud. El cuerpo humano es un sistema articulado de gran movilidad; las distintas articulaciones pueden moverse de la manera más variada y distinta. (Ibidem, 1981).

En la observación del pitcheo bien ejecutado, con ayuda de la cámara lenta, se percibe bien claro que las diferentes articulaciones se mueven consecutivamente, creándose la impresión de una *"transmisión del movimiento"* de unas articulaciones a las otras. En primer lugar va el movimiento de las extremidades inferiores las cuales transmiten su energía al tronco, sucediéndole inmediatamente el movimiento cortante del brazo, que a su vez muestra una sucesión de brazo, antebrazo y mano. Como vemos, en último lugar se observa la acción de la mano y los dedos, mientras que los pies, piernas, tronco y brazos comienzan antes sus movimientos. Esta sucesión no debe comprenderse en el sentido de que el movimiento de una articulación no comienza hasta que no ha terminado la anterior, sino que simplemente se aprecia un retraso evidente en el comienzo de una de las fases (por ejemplo, de la *fase preparatoria* o *la principal* de un movimiento). (Ibidem, 1981).

Este fenómeno lo denominamos *transmisión del movimiento*, comprendiendo por ello *la sucesión de movimientos de las distintas articulaciones que se percibe en el desarrollo del movimiento total*. Esta sucesión sólo se ve con todo detalle con la cámara lenta, lo que explica que hasta ahora haya sido objeto de poca atención en la práctica deportiva. (Ibidem, 1981).

1.3.2 Posibilidades de la transmisión del movimiento en el lanzador de béisbol.

Realizando un análisis más detallado, se puede observar que entre las distintas posibilidades de transmisión de movimiento, la del lanzador pertenece a la forma de *transmisión de las extremidades inferiores al tronco y del tronco a las extremidades superiores*. Esta distinción a grandes rasgos es objeto de diferenciación más detallada al realizarse un análisis más profundo del movimiento del lanzador.

1.3.2.1 Transmisión del movimiento de las extremidades al tronco.

- De las piernas al tronco.

La tensión hacia arriba de ambas piernas y la labor propulsora que realizan constituyen una forma de transmisión de movimiento de las piernas al tronco. En las cadenas biocinemáticas del cuerpo humano el movimiento puede transmitirse de un miembro a otro. La velocidad por ejemplo, de la mano durante el lanzamiento de la bola, es el resultado de los movimientos de los pies-piernas-tronco-articulaciones del brazo. (Donskoi-Zatsiorski, 1988). El movimiento de la mano en este caso, es como si estuviera compuesto por los movimientos de los otros miembros del cuerpo, lo que denominamos en biomecánica *movimiento compuesto*.

- Del tronco a las extremidades superiores.

Encontramos este tipo de transmisión especialmente en todas las formas de lanzamiento con las extremidades superiores. La transmisión sale del tronco y pasa por los brazos hasta que llega a la pelota y vence la resistencia externa.

1.3.3 La dirección de la transmisión del movimiento.

Las diferentes posibilidades de transmisión de movimiento muestran que la dirección en que este se lleva a cabo, puede ser en sentidos muy distintos. Al profundizar en el estudio y análisis, vemos que existe una relación regular entre *la dirección de la transmisión y la tarea motriz*:

- Si la tarea consiste en dar impulso a un objeto externo (la pelota; caso que nos ocupa), o en una acción de fuerza sobre el medio externo, se da una transmisión del movimiento *de las extremidades al tronco en dirección al objeto móvil*.

Podemos pues formular una ley de dependencia de la dirección de la transmisión respecto a la tarea propuesta al movimiento: *“la transmisión del movimiento se efectúa en la misma dirección que la acción dinámica planteada”*; unas veces en dirección al objeto que debe ponerse en movimiento, otras en dirección a la masa principal del cuerpo. (Meinel, 1981). (Grosser, 1993), (Meinel-Schnabel, 1995), (Fleisig, y col. 1999).

1.3.4 ¿A qué se debe la transmisión del movimiento?

De lo expuesto anteriormente se deduce *“que la transmisión de movimiento es un rasgo esencial de los movimientos deportivos”*. Y, *¿qué es lo que condiciona la sucesión observada; cuáles son sus causas fundamentales?* Desde el punto de vista físico tenemos lo siguiente: *en la sucesión de tronco y extremidades o viceversa se realiza una transmisión de energía mecánica*. Cuando se acelera el movimiento del cuerpo en el wind up a costa de la pierna impulsora, (pierna de pivote) es porque las piernas le han dado energía al tronco. Cuando en el pitcheo tiene lugar el golpe rápido y litigante del brazo, disminuye la velocidad inicial del tronco, por lo que el tronco ha transferido *energía cinética* al brazo y por ende a la pelota. Desde el punto de vista de las características *biomecánicas energéticas* (características dinámicas), hay que hablar pues de una transmisión de energía.

Aunque hay autores (con los cuales estamos de acuerdo) que plantean que la explicación de la transmisión de movimiento como transmisión de energía no es del todo exacta, sino que sería más exacto hablar de *“transmisión de impulso”*, es decir utilizar la magnitud física *“impulso”* (calificada también como *“cantidad de movimiento”*), dado que este representa una magnitud vectorial, en el sentido de que, *para la transmisión de movimiento no interesa respecto a la tarea motora la energía total del sistema, sino sólo la energía cinética que actúa en una dirección determinada. La magnitud vectorial “impulso” expresa de forma más o menos implícita este contexto.*

Si a pesar de ello seguimos hablando en los sucesivos de transmisión de energía cinética, lo hacemos porque nos parece que este concepto mecánico es más fácil de comprender para la mayoría de los interesados en el tema, ya que no se requiere una fijación mecánica cuantitativa, y nos permite y facilita la comprensión de hechos importantes. (Doria, 2001).

1. 3. 5 Los sistemas y las posibilidades de análisis de los movimientos deportivos.

Al estudiar la técnica deportiva (**Anexo No. 20**), se investigan *sistemas materiales* (aparato locomotor) y *sistemas de procesos de ejecución de la acción* (teniendo en cuenta el aseguramiento energético de los movimientos y la dirección de estos procesos). *“La composición del sistema de movimientos son sus elementos: aquellos movimientos de los cuales consta el sistema.”* (Donskoi-Zatsiorski, 1988). En el caso del béisbol, la composición de las acciones técnicas es variable y generalmente está formada por las acciones elementales más perfeccionadas, en la combinación más perfecta posible. Como las acciones motoras se ejecutan mediante los movimientos de las partes del cuerpo y de todo el cuerpo en *el espacio y en el tiempo*, en el sistema de movimientos se distinguen sus elementos, ya sea a partir de un indicador espacial, o de su indicador temporal. (Ibidem, 1988).

1. 3. 6 Estructura del sistema de movimientos.

Para perfeccionar el sistema de movimientos es importante conocer no solo de cuáles movimientos está compuesto (composición del sistema), sino también como se ha organizado en un sistema integral, o sea, como se han agrupado todos los elementos; en fin: *cuál es la estructura del sistema*).

1. 3. 6. 1 La estructura como manifestación de la interacción.

La estructura de un sistema de movimientos no es más que las leyes más formadas y determinadas por la interacción de sus elementos (subsistemas). Entre la multitud de elementos agrupados en el sistema de movimientos, existen *leyes* muy complejas de interacción e interrelación. Por una parte, los elementos, al estar relacionados entre si, se ayudan unos a otros, coadyuvan al perfeccionamiento del sistema, generan al sistema mismo y a sus particularidades. Tales relaciones, en esencia, son *formadoras del sistema*. (Anexo No. 20). Por otra parte, son también inevitables las *interferencias* reciprocas internas. (Ibidem, 1988). En nuestro caso, las interferencias más frecuentes que surgen dentro del sistema pueden dividirse en dos grupos. En primer lugar; *están las descoordinaciones de la tracción muscular*. Es imposible coordinar de manera idealmente exacta el comienzo y el final de los esfuerzos musculares; *la rapidez* de incrementos de estos, su *decremento*, etc. En el acto motor toman parte cientos de músculos, en el trabajo de cada uno de los cuales son inevitables las desviaciones.

En segundo lugar; *en las cadenas biocinémicas complejas, durante los movimientos con aceleraciones, surgen múltiples fuerzas internas: de inercia, elásticas, de reacción, etc.* Estas fuerzas se transmiten por las cadenas biocinémicas, se reflejan, chocan, lo que también provoca interferencias substanciales que son imposibles de prever. (Anexo No. 20).

1. 3. 6. 2 Estructura motora del lanzador de béisbol; cinemática y dinámica.

Los movimientos del lanzador de béisbol están sujetos a las leyes de la interrelación de los movimientos *en el espacio y en el tiempo (estructura cinemática)*, así como de las interacciones *energéticas y de fuerza (estructura dinámica)* en el sistema de movimientos. Estos movimientos deben distinguirse por su armonía, por su concordancia. Mediante *la observación (simple y con equipos)* determinamos el cuadro externo, que es **la forma** de las trayectorias (**en el espacio**), y el **carácter** de los movimientos. Para estudiar la estructura cinemática se parte de las características biomecánicas cinemáticas. A partir de las características *espaciales* se determinan cómo están recíprocamente relacionadas *las trayectorias* de los movimientos, cuáles son *las posturas (iniciales, intermedias, finales)*, es decir, se pone en claro el dibujo espacial de los movimientos, *la concordancia* de los movimientos en el espacio. A partir de las características *temporales* se establece cómo los movimientos están interrelacionados y coordinados en el tiempo (cuánto duran, cuándo uno sustituye al otro, cuál es la sucesión, *el ritmo, el tempo* de ellos, etc.). Las *velocidades y aceleraciones*, como características *espacio-temporales* conjuntamente con las *características temporales* determinan el carácter del movimiento. Así, *todas las correlaciones de los movimientos en el espacio y en el tiempo se determinan por su estructura cinemática*, por el hecho de cómo estén organizados externamente. Durante la enseñanza de los movimientos del lanzador con frecuencia se trata de establecer, en primer lugar, la estructura cinemática de los movimientos, como su organización visible general, es decir, se trata de **describirlos**.

Pero esto no es suficiente; todos los movimientos del lanzador varían constantemente, es decir, las velocidades de los miembros varían su magnitud (impulso y frenaje) y su dirección. Las partes del cuerpo humano poseen propiedades inerciales (masa, momento de inercia), por eso el

incremento de la velocidad, el frenaje o deceleración del movimiento y la variación de su sentido se producen sólo cuando se aplican fuerzas.

Las *estructuras dinámicas* son precisamente esas leyes fundamentales de conjugación de las fuerzas. Las estructuras dinámicas de los movimientos se estudian a partir de las características biomecánicas dinámicas, utilizando también las características cinemáticas. En nuestro estudio realizaremos el análisis de estas estructuras a partir del análisis biodinámico de interacción de las fuerzas presentes en los movimientos del lanzador.

1.4 Requisitos biomecánicos para el entrenamiento de la técnica en el lanzador de béisbol.

Cada técnica como imagen ideal de una secuencia de movimientos está constituida por determinadas características basadas en normas generales y en particularidades específicas de la acción del lanzador. Para una visión más clara, desde que comenzamos el estudio abordamos *las características* como las partes o elementos que más fácil nos harían describir el movimiento (*técnica*) en su totalidad, tratadas en partes; *examen global-descriptivo, anatómico-funcionales y condiciones intrínsecas biomecánicas*. Es decir, las características *cinemáticas* nos aclaran la forma y carácter del movimiento (su cuadro exterior) y las *dinámicas* el contenido del movimiento. Como describiremos detalladamente en el Capítulo III, es muy necesario al aplicar las características cinemáticas enmarcar el movimiento en *fases gestuales* y a partir de ellas determinar que tipos de características son las necesarias en el movimiento que se analiza.

1. 4. 1 Objetivos de los análisis del movimiento; su aplicación al lanzador de béisbol.

Es de nuestra consideración, que un entrenador de pitcheo, entre los requisitos más importantes a considerar debe tener: *<los conocimientos sobre las características; partes del movimiento a*

aprender o bien a entrenar>, y con ello también; *<las posibilidades de análisis (conocimientos de los procedimientos diagnósticos) para la descripción de las partes del movimiento completo>*. (Meinel-Schnabel, 1995). En principio, todas las secuencias de movimientos visibles se pueden descomponer en:

- *Una estructura básica* que se describe mediante la tal llamada teoría de las fases, y
- *Una estructura fina diferenciada* que está constituida por procedimientos científicos del entrenamiento.

Estos análisis nos dan para el primer caso de las llamadas *fases parciales: (fase preparatoria, fase principal y fase final)* y para el segundo caso las *características cualitativas y cuantitativas del movimiento*. Describiéndolo más detalladamente, el 1er. Paso: sería el análisis científico de la estructura biomecánica del desarrollo gestual de conjunto. El 2do. Paso: establecer los parámetros técnicos dominantes (imperantes) para establecer la eficacia de los medios de entrenamiento y la revelación de los puntos débiles del sistema biomecánico, y un 3er. Paso: evaluar los parámetros técnicos imperantes.

En los métodos más modernos y contemporáneos todo esto se realiza en base al modelo técnico ideal, mediante el que se efectúa la información y por consiguiente el proceso de aprendizaje del deportista.

1. 4. 2 El pitcheo; una *habilidad direccional con componentes giratorios*.

El pitcheo moderno se considera que debe realizarse con una gran simetría durante todo el movimiento integro. Es decir, los movimientos del lanzador desde que comienzan a enseñarse se dividen en tres fases: Fase I. Fase de Preparación. Fase II. Fase Principal. Fase III. Fase Final.

Diferentes investigadores (entre ellos este autor) adaptan un sistema de subfases subordinadas a estas tres fases principales, que por sus coincidencias y recoger las acciones principales de los movimientos del lanzador nos vemos obligados a mencionar (Ealo, de la Herrán, 1984).

Es de señalar, que las tres fases mencionadas con anterioridad y que son utilizadas en la de la enseñanza del béisbol, así como en las diferentes áreas deportivas de nuestro país se encuentran desglosadas como aparece en el **(Anexo No. 20)**.

En nuestra investigación dada las características biomecánicas que empleamos, encontramos una mejor adaptación a la subdivisión realizada por (Tom House, et, al, 1995 y 2000).

<p>Sub. división en fases realizadas por Tom House y col: 1995, 2000.</p>	<p>1. Equilibrio – Dirección; 2. Transferencia de Peso – Engaño; 3. Energía de traslación – Lanzamiento Aceleración – Desaceleración - Seguimiento del lanzamiento.</p>
---	---

- I. **FASE DE PREPARACIÓN:** Equilibrio – Dirección; en la subfase de Wind up.
- II. **FASE PRINCIPAL:** Transferencia de Peso – Engaño; en las subfases de Zancada, y Brazo levantado.
- III. **FASE FINAL:** Energía de traslación – Lanzamiento – Aceleración – Desaceleración; en las subfases de Aceleración, Desaceleración del brazo y Seguimiento del lanzamiento.

Es decir, a las fases tradicionales de enseñanza y entrenamiento de los movimientos de los lanzadores, adaptamos esta sub. división anteriormente expuesta como parte de la integración del estudio biomecánico del lanzamiento y como forma de hacer más comprensible y asequible el mismo. Como parte fundamental del mismo integramos la ilustración de estas subfases con *esquemas de posturas* (líneas representativas de partes importantes del cuerpo) de imágenes computarizadas tridimensionales que nos ayudarán a comparar y comprender la mecánica apropiada de lanzamiento.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN APLICADA.

2.1 Enfoque metodológico.

Al utilizar el método de análisis histórico- lógico fundamentamos el enfoque metodológico del presente trabajo, al indagar el estudio de la trayectoria de los *análisis del movimiento* en los lanzadores de béisbol en el decursar de la etapa (del triunfo de la Revolución hasta hoy), observamos que no existen antecedentes en nuestro país al respecto, o sea, las tendencias de la enseñanza, así como las fases que se utilizan para la misma, no contemplan *el análisis* de las incorrecciones en los movimientos en ninguna de las subfases, tampoco ningún tipo de ejercicios correctivos por especificidades para una mecánica inapropiada y tendiente a producir graves lesiones entre los brazos de los lanzadores.

A partir de este enfoque se le comunicó por escrito y verbalmente después a la Comisión Nacional de Béisbol, los objetivos de la presente investigación, así como la necesidad de integración de un grupo de trabajo, del cual formaron parte miembros de la Comisión Provincial de Béisbol de La Habana, técnicos del área de pitcheo de la Comisión Nacional, entrenadores de las áreas de base, de la EIDE, ESPA y Academia Provincial de La Habana, destacándose que las contribuciones a partir de criterios empíricos y científicos de este grupo se integraron a la sumatoria de resultados, al enriquecer las valoraciones técnicas en la toma de decisiones: investigador – entrenadores.

Con la participación del equipo de trabajo se elaboraron y definieron los parámetros biomecánicos de evaluación para acometer el diagnóstico (pretest), así como la integración del complejo de ejercicios al entrenamiento de los grupos experimentales.

2.2 Características generales de los métodos utilizados.

En la *Biomecánica Deportiva*, cuando no se conocen con firmeza las causas que generan el movimiento, se recurre al método inverso con el que se realiza la descripción del movimiento a fin de calcular determinados factores de análisis y así deducir las causas que lo producen. (Donskoi-Zatsiorski, 1978, 1988), (Dapena-Feltner, 1986). Esta Tesis utilizará un método inverso basado en los análisis *cinemático* y *dinámico* de un evento motor como es el lanzamiento en el béisbol, el cual se caracteriza por ser un gesto cíclico y cerrado. (Adaptado de; Ranzola, 2001).

Para la cuantificación de los factores de análisis se ha empleado un sistema de registro indirecto, situado fuera del sistema biológico de la muestra-estudio y basado en técnicas fotogramétricas de vídeo de alta resolución en 3D (tridimensional). En la actualidad, este es uno de los sistemas de registro de gran aplicación en la Biomecánica Deportiva ya que permite analizar el movimiento en condiciones del entrenamiento o competitivas, sin que el deportista se vea perturbado. (Attwater, 1970; Tarbell, 1971; etc.). A través del análisis fotogramétrico tridimensional en vídeo, hemos podido obtener las coordenadas planas y la representación gráfica del gesto en 3D. La filmación se realizó desde una visión perpendicular y lateral.

Por medio de un proceso informático se computarizaron y digitalizaron las imágenes. Los cálculos cinemáticos y dinámicos fueron realizados con el software de Análisis del Movimiento Expertvisión 3D de la Corporación de Análisis del Movimiento de Santa Rosa, California, EE.UU. utilizando el método de transformación lineal directa (DLT). (Adaptado por la Facultad de Informática del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”. ISPJAE, 2000). Se utilizó también el vídeo estándar y videográfico de alta velocidad (Ektapro 1000, Kodak) para la valoración cualitativa de los lanzadores.

Utilizando las coordenadas tridimensionales tomadas de los marcadores reflexivos, se midió la cinemática lineal y angular y las variables cinéticas. Las variables cinemáticas de la velocidad del desplazamiento angular del hombro (glenohumeral), la junta del codo, tronco y bajas extremidades fueron calculadas como se muestra en la **(Figura No. I; a, b, c, d)**. Las cinética del hombro fueron calculadas como las *fuerzas* y *torques* aplicados a la parte superior del brazo por *el tronco*, y la cinética del codo fueron calculadas como las *fuerzas* y *torques* aplicadas al antebrazo por la parte superior del brazo. (Dapena-Feltner, 1986). (Fleisig y col. 1998, 1999 y 2000). **(Figura No. II; a, b, c, d)**.

Estos cálculos cinéticos fueron determinados usando datos de la cinemática; (cortesía de; Glenn S. Fleisig y col., 1998) extraídos de documentos de investigaciones paramétricas de segmentos de cuerpos de cadáveres y apoyados en las ecuaciones matemáticas de la dinámica inversa. **(Tabla No. I)**.

En el desarrollo de la investigación se distinguen la utilización de los siguientes métodos:

2.3 Métodos de investigación.

Métodos teóricos:

- Análisis histórico – lógico: para establecer el estudio y antecedentes del fenómeno objeto de investigación, “*el análisis biomecánico de los movimientos en Cuba*”, a la vez que delimitamos cuáles son las leyes generales del funcionamiento y desarrollo del mismo.
- Analítico – Sintético: nos permitió la descomposición del fenómeno o proceso a estudiar en los principales elementos que lo conforman para determinar sus particularidades (sistema

estructural) y simultáneamente mediante la síntesis; integrarlos, lo que nos permitió descubrir sus relaciones con otros elementos y características generales.

- Hipotético – Deductivo: a partir de determinados principios biomecánicos, teorías y leyes de la física (mecánica), derivamos respuestas que contribuyeron a explicar el fenómeno y que volvieron a ser confirmadas en la práctica (el experimento).
- Enfoque de sistema: que nos proporcionara la orientación general del estudio del movimiento como una realidad integral, formada por elementos que interrelacionan uno con otros constantemente.

Métodos empíricos:

- Cuantitativos:

- La observación: simple, según guía estructurada al efecto, como forma de dirigir la percepción hacia el objeto de estudio para juzgar sobre una situación que existe independientemente de la intervención del investigador. Sus resultados fueron comparados entre el equipo de trabajo, así como con las filmaciones realizadas.
- La encuesta: se encuestó al 100% de los lanzadores con que se trabajó (no solo a la muestra experimental), 404 atletas, también a 50 entrenadores de pitcheo tanto de categorías escolares como de primera, incluyendo de equipos Cuba. Agreguemos a esto los 192 lanzadores de primera categoría participantes en la 42 Serie Nacional de Béisbol; 646 encuestados en total. Nuestro principal objetivo con esto fue buscar diferentes consensos a partir de la variedad de los cuestionarios y guiarnos por las opiniones, actitudes y preferencias de los sujetos.

- *La entrevista:* se utilizó como procedimiento singular de obtener información apropiada que reforzara la prueba de hipótesis de acuerdo al grado de correspondencia que tengan estas con la realidad, tratando en todo momento de establecer una adecuada relación interpersonal de cooperación. Se aplicó a 45 exlanzadores de la élite de nuestro béisbol, 26 de ellos (57,7%) integraron equipos Cuba en diferentes épocas, todos con más de 1,000 entradas lanzadas en Series Nacionales y con participación en 10 de ellas como mínimo. La riqueza de datos aportados por los sujetos acerca de determinados acontecimientos relacionados con el objeto de estudio y que en su mayoría fueron observados y vividos en los momentos en que se encontraban activos, fue muy amplia.
- *El experimento:* para determinar las verdaderas relaciones causales que nos permitan validar las teorías existentes y ampliar el marco conceptual del cual partimos. Adaptamos el esquema de experimento de (Stuart – Hill, 1981). Dos subgrupos experimentales y dos de control (con 6 lanzadores cada uno) en ambas categorías; 15-16 y juveniles. Todos con las mismas características (escogidos aleatoriamente) en cuanto a: edad, nivel de escolaridad, años de experiencia deportiva, rendimiento, tiempo promedio dedicado al entrenamiento, entrenados por los mismos entrenadores, etc., (**Anexos No. 9 y 10**).
- *Método estadístico:* se realizaron siete comparaciones en total; tres en la categoría juvenil y tres en la categoría 15-16, más una entre los grupos experimentales de ambas categorías, es decir entre los subgrupos “A”; juvenil y 15-16. A continuación el desglose de las mismas, así como las dósimas utilizadas.

CATEGORÍA JUVENIL.

– 1ra. COMPARACIÓN.

Comparación del Subgrupo “B” Control y Subgrupo “A” Experimental, (categoría juvenil), primera prueba (pretest).

A comparar ambos subgrupos, encontramos *que no hay diferencias entre ellos*; según la *prueba no paramétrica de KRUSKAL-WALLIS*. Se utilizó esta prueba, ya que la naturaleza de los datos (hipótesis de base) no cumplen con los requerimientos de una prueba paramétrica. Aunque la misma es poco confiable, al no poder utilizar la prueba paramétrica por lo antes señalado, nos vemos en la obligación de utilizarla. (Anexo No. 10a).

– **2da. COMPARACIÓN.**

Comparación del Subgrupo “B” Control y Subgrupo “A” Experimental, segunda prueba (postest).

Al comparar ambos subgrupos, encontramos *que hay diferencias muy significativas* entre ellos, según la *prueba no paramétrica de KRUSKAL-WALLIS*, demostrándose que el valor de rango del subgrupo “A” experimental es muy superior al del subgrupo “B” de control. Es necesario aclarar que esta constituye la 2da. Prueba efectuada, o sea el postest, la cual se realizó después de 16 semanas de aplicación del complejo de ejercicios correctivos a los subgrupos “A” experimentales, no así a los subgrupos “B” de control, por lo que los resultados son los esperados. (Anexo No.10a).

– **3ra. COMPARACIÓN.**

Comparación del Subgrupo “A” Experimental (1ra. Prueba; pretest) contra Subgrupo “A Experimental (2da. Prueba, postest).

Al comparar este mismo subgrupo “A” experimental; antes de la aplicación del complejo de ejercicios correctivos y 16 semanas después de aplicados éstos, encontramos que *si hay diferencias muy significativas* entre los resultados de ambas pruebas, al aplicar la prueba no

paramétrica dódima para dos muestras independientes y apareadas de WILCOXON, (o pruebas de pares igualados y rangos asignados de WILCOXON), (Egaña, 2003). Como es reiterativo, el complejo de ejercicios correctivos incrementa los resultados cualitativos de una mecánica apropiada en los movimientos de los lanzadores. **(Anexo No 10a)**.

CATEGORÍA 15-16.

– 1ra. COMPARACIÓN.

Comparación del Grupo “B” Control, contra (1ra. Prueba; pretest) contra Grupo “A” Experimental (2da. Prueba, postest).

A comparar ambos subgrupos, encontramos *que no hay diferencias entre ellos*; según la *prueba no paramétrica de KRUSKAL-WALLIS*. Se utilizó esta prueba, ya que la naturaleza de los datos (hipótesis de base) no cumplen con los requerimientos de una prueba paramétrica. Aunque la misma es poco confiable, al no poder utilizar la prueba paramétrica por lo antes señalado, nos vemos en la obligación de utilizarla. **(Anexo No. 10a)**.

– 2da. COMPARACIÓN.

Comparación del Grupo “B” Control, contra Grupo “A” Experimental (2da. Prueba, postest).

Al comparar ambos subgrupos, encontramos *que hay diferencias muy significativas* entre ellos, según la *prueba no paramétrica de KRUSKAL-WALLIS*, demostrándose que el valor de rango del subgrupo “A” experimental es muy superior al del subgrupo “B” de control. Es necesario aclarar que esta constituye la 2da. Prueba efectuada, o sea el postest, la cual se realizó después de 16 semanas de aplicación del complejo de ejercicios correctivos a los subgrupos “A” experimentales, no así a los subgrupos “B” de control, por lo que los resultados son los esperados. **(Anexo No. 10a)**.

– **3ra. COMPARACIÓN.**

Comparación del Subgrupo “A” Experimental (1ra. Prueba; pretest) contra Subgrupo “A Experimental (2da. Prueba, postest).

Al comparar este mismo subgrupo “A” experimental; antes de la aplicación del complejo de ejercicios correctivos y 16 semanas después de aplicados éstos, encontramos que *si hay diferencias muy significativas entre los resultados de ambas pruebas*, al aplicar la prueba no paramétrica dócima para dos muestras independientes y apareadas de WILCOXON, (o pruebas de pares igualados y rangos asignados de WILCOXON), (Egaña, 2003). Como es reiterativo, el complejo de ejercicios correctivos incrementa los resultados cualitativos de una mecánica apropiada en los movimientos de los lanzadores. **(Anexo No. 10a)**.

– **4ta. COMPARACIÓN.**

Comparación del Subgrupo “A” Experimental (Juvenil) contra Subgrupo “A Experimental (categoría 15-16), (2da. Prueba, postest).

Al comparar ambos subgrupos “A” experimentales, después de 16 semanas de aplicación del complejo de ejercicios correctivos, y aplicar la prueba no paramétrica de KRUSKAL-WALLIS encontramos que *si hay diferencias significativas*, el subgrupo “A” experimental juvenil presenta incrementos en sus resultados muy superiores a los del subgrupo “A” experimental categoría 15-16, esto se observa en el rango de average de ambos subgrupos donde el experimental juvenil es muy superior al experimental 15-16.

- Cualitativos:

▪ Revisión de documentos oficiales: se revisaron archivos estadísticos de competencias y eventos deportivos (cartas de pitcheo de equipos Cuba; juveniles y 15-16 y del equipo Habana de 1ra. Categoría), planes de entrenamiento de las categorías 11-12, 13-14, 15-16 y juvenil, así como algunas notas personales tomadas por diferentes lanzadores. Se estudió y analizó también “el programa de preparación del deportista de béisbol”, del Sistema Nacional de Enseñanza, 1996, de la Federación Cubana de Béisbol Aficionados. INDER.

Métodos biomecánicos:

▪ De registro fotogramétrica: para el cual se empleó el modelo biomecánico humano de 14 segmentos con 25 puntos y una serie de eventos y factores de análisis, (adaptados por el autor para esta investigación de Latorre - Soto, 2003). Las técnicas instrumentales empleadas comprenden básicamente la filmación del gesto con el cual se inició el protocolo de trabajo planteado, así como el sistema de referencia de (Dapena-Feltner, 1986 y Fleisig, et, al., 1998), adaptados también por el autor. **(Figuras No. III a, b).**

Número de puntos: 25.

- Punto 1 = punta del pie derecho.
- Punto 2 = talón derecho.
- Punto 3 = tobillo derecho.
- Punta 4 = rodilla derecha.
- Punto 5 = cadera derecha.
- Punto 6 = hombro derecho.
- Punto 7 = codo derecho.

- Punto 8 = muñeca derecha.
- Punto 9 = mano derecha.
- Punto 10 = punta del pie izquierdo.
- Punto 11 = talón izquierdo.
- Punto 12 = tobillo izquierdo.
- Punto 13 = rodilla izquierda.
- Punto 14 = cadera izquierda.
- Punto 15 = hombro izquierdo.
- Punto 16 = codo izquierdo.
- Punto 17 = muñeca izquierda.
- Punto 18 = mano izquierda.
- Punto 19 = supraesternal.
- Punto 20 = maxilar.
- Punto 21 = vértex.
- Punto 22 = nariz.
- Punto 23 = Centro de Gravedad del Cuerpo.
- Punto 24 = metatarso derecho.
- Punto 25 = metatarso izquierdo.

- **Número de gestos = 6.**

- **Gesto 1 = Wind up:** desde el primer movimiento de pies y manos, hasta que las manos se separan; *movimientos:* 1. pie posterior situado en la goma de lanzar. 2. Desde la pierna alzada, (posición de equilibrio principal ó parada).

- **Gesto 2 = Zancada:** desde la separación de las manos hasta el pie de contacto; *movimientos:* 1. Zancada larga de la pierna delantera (guía). 2. Lanzamiento del brazo en abducción y rotación externa. 3. Brazo llevado en abducción.
- **Gesto 3 = Brazo levantado:** desde el pie de contacto hasta la máxima rotación externa; *movimientos:* 1. Rotación de la pelvis. 2. Rotación del torso superior. 3. Rotación externa del brazo.
- **Gesto 4 = Aceleración del brazo:** desde la máxima rotación externa hasta el punto de liberación de la bola; *movimientos:* 1. Codo extendido. 2. Brazo en rotación externa. 3. Inclinación del tronco hacia delante.
- **Gesto 5 = Deceleración del brazo:** desde el punto de liberación de la bola hasta la máxima rotación interna del hombro; *movimientos:* 1. Rotación interna del brazo y aducción horizontal.
- **Gesto 6 = Seguimiento del lanzamiento:** desde la máxima rotación interna del hombro hasta la posición equilibrada de fildeo; *movimientos:* 1. Rodilla delantera extendida. 2. Inclinación del tronco hacia delante. 3. Brazo en aducción horizontal.

[Todos estos pasos adaptados por el autor para esta investigación]

Mediante las filmaciones se obtuvieron los registros de las siguientes características biomecánicas:

- Registro de las características biomecánicas cinemáticas: se registraron las características *espaciales* fundamentales; (coordenadas, desplazamientos y trayectorias). También las características *temporales* fundamentales (instante y duración del

- movimiento: por subfase y total). Y las características *espacio – temporales* (velocidad y aceleración) de los segmentos del cuerpo implicados en el movimiento.
- Registro de las características biomecánicas dinámicas: al no contar con los medios necesarios (plataformas dinamométricas o de contacto), nos limitamos al análisis biodinámico de las posiciones fundamentales del lanzador, principalmente la interacción entre las características *inerciales* y *de fuerza*.
 - De tratamientos de datos: como apoyo a las filmaciones realizadas y con el objetivo de calcular la mayor cantidad de datos cualitativos y cuantitativos.
 - De digitalización de imágenes: proceso mediante el cual obtuvimos las coordenadas planas de los puntos anatómicos en los eventos seleccionados para el análisis lateral del movimiento.
 - Cineciclograma: el conjunto de puntos obtenidos que muestran diferentes posiciones de los indicadores del cuerpo durante el movimiento, a partir de los cuales se reproducen las trayectorias de tales indicadores, reproduciendo esquemáticamente *las posturas* que adopta el cuerpo del deportista en diferentes instantes del movimiento, trazado denominado *esquema de posturas*.
 - Método de representación vectorial: como ayuda en la representación gráfica de las diferentes juntas. Vectores de dirección en términos de cuadros de referencias para las fuerzas, torques, ángulos, velocidades y aceleraciones en los diferentes ejes estudiados

2.4 Metodología aplicada en el estudio.

Las técnicas instrumentales empleadas las diferenciamos en dos fases secuenciales:

- Técnicas instrumentales de registro fotogramétrico.

- Técnicas instrumentales de tratamiento de datos.

2.4.1 Técnicas instrumentales de registro fotogramétrico.

Comprenden básicamente la *filmación del gesto*. Este análisis se inició con la filmación del gesto en el protocolo de trabajo planteado así como el sistema de referencia. Según; (Dapena-Feltner, 1986 y Fleisig, et., al., 1998), la filmación empleada no requiere de medidas de campo estricta, a pesar de esto las cámaras se situaron; una perpendicular a la goma de lanzar (al box) guardando 90° con éste (cámara # 1), y la otra guardando 60° con la primera, quedando lateral al lanzador, o sea, a 30° con la línea que indica la dirección del lanzamiento; (cámara # 2). **(Anexo No. 18)**, teniendo en cuenta siempre el sistema de referencia empleado, formado por puntos espaciales establecidos previamente. Las cámaras permanecieron inmóviles durante toda la filmación. La de filmación lateral (cámara # 2) fue situada a unos 11 metros del box (zona de referencia de realización del gesto), la (cámara # 1) a 12 metros. Ambas orientadas de forma que guardaran un ángulo de 60° entre ellas. El sistema de referencia empleado fueron 2 varillas (jalones) de unos 2,5 metros de altura, separados 5 metros uno del otro y que definían básicamente el campo visual sagital.

En relación con los aspectos más precisos de la ubicación de las cámaras, seguimos las orientaciones de; (Dapena-Feltner; 1986; Soto 1995; y Fleisig, et., al., 1998), adaptación realizada por el autor para esta investigación, y consistieron en:

- Evitar posiciones que puedan dificultar la visualización (público, otros deportistas, etc.)
- Colocación de las cámaras en posiciones estables y rígidas que no modificaran su orientación posterior.
- Encontrar posiciones en las que se obtengan imágenes nítidas con alto contraste entre el atleta y el fondo, para lo cual fue necesario encontrar fondos estáticos de colores

uniformes y opuestos al color del uniforme del atleta, evitando fuentes luminosas potentes colocadas frente a las cámaras, etc.

Para ayudar a la digitalización una banda de pintura negra de aceite de entre 2 y 4 cms de ancho fue pintada alrededor de las juntas de la muñeca, codo y hombro. Tres lanzamientos de cada sujeto fueron filmados, después de haber realizado estos el calentamiento establecido y habérseles solicitado y animados a realizar el máximo esfuerzo en cada lanzamiento. Los lanzadores fueron filmados usando el método de DLT (Transformación Lineal Directa) de 3D (3ra. Dimensión) para vídeo de alta resolución. Se utilizaron dos cámaras de vídeo Hi-8 SONY, sistema NTSC-LOCAM de baterías impulsadas. Los atletas filmados estaban fijos a las proporciones del marco nominal de 200 (frames) o cuadros por segundo. Se filmaron los gestos respetando la secuencia típica del pitcheo en el béisbol; **(Figura No. IV)** de donde se obtuvieron los 6 gestos antes declarados.

Una vez colocada las cámaras y previo a la filmación de los movimientos se captó el objeto de filmación en términos de referencia **(cuadro \bar{R}_1)**, **(Figura No. V)** lanzador derecho; cuadro de referencia ortogonal \bar{R}_1 con su origen al punto medio del borde trasero de la goma de lanzar (box) y sus ejes se definieron por $\bar{X}_1, \bar{Y}_1, \bar{Z}_1, \mathbf{O}$; origen de coordenadas, \bar{Z}_1 vertical; \bar{X}_1 horizontal y dirigido a lo largo del borde trasero de la goma de lanzar hacia el lado de tercera base del cuadro de pelota; \bar{Y}_1 , perpendicular a los otros dos y punteando hacia el home plate; (en la dirección del lanzamiento). **(Anexo No. 19) (Figura VI a)**, para lanzador derecho y **(Figura No. VI b)** para lanzador zurdo.

2.4.2 Técnicas instrumentales de tratamiento de datos.

Una vez realizada la filmación y con el objetivo de obtener las coordenadas planas; coordenadas tiempo dependientes de cada marca, todos los subsiguientes datos y cálculos fueron realizados por el programa software Expertvision 3D. Para ayudar en los cálculos de la junta del hombro; *abducción/aducción horizontal y rotación angular interna/externa*, se utilizó un marco de referencia no inercial \bar{R}_2 (**Figura No. VIII**). Los valores de sus vectores de dirección $\bar{X}_2, \bar{Y}_2, \bar{Z}_2$ fueron calculados en términos de referencia (**cuadro \bar{R}_1**) para cada marco del rendimiento; \bar{X}_2 punteó del subesternal al hombro de lanzamiento; \bar{Y}_2 , punteó antes del subesternal y fue definido por el producto cruzado de \bar{X}_2 , y como el vector que puntea del subesternal al punto medio de la cadera; \bar{Z}_2 se definió como el producto cruzado de; \bar{X}_2 y \bar{Y}_2 .

También fue necesario definir dos vectores \bar{V}_1 y \bar{V}_2 que coincidieron respectivamente con los ejes longitudinales de la parte superior del brazo y del antebrazo (**Figura No. IX a**). El ángulo de la junta del hombro en *abducción/aducción* (α) fue calculado como el ángulo formado por los vectores \bar{V}_3 y \bar{X}_2 , donde \bar{V}_3 era la proyección de \bar{V}_1 en el plano determinado por \bar{X}_2 y \bar{Z}_2 , (**Figura No. IX a**). Fueron usados los procedimientos estándar de la geometría analítica, el cálculo vectorial para estos, y el funcionamiento de todos los vectores operacionales subsiguientes. El ángulo horizontal en *abducción/aducción* de la junta del hombro β fue calculado como el ángulo formado por los vectores \bar{V}_4 y \bar{X}_2 donde \bar{V}_4 era la proyección de \bar{V}_2 en el plano determinado por \bar{X}_2 y \bar{Y}_2 , (**Figura No. IX b**).

El ángulo de rotación *interna/externa* de la junta del hombro γ fue calculado como el ángulo formado por los vectores \bar{V}_5 y \bar{V}_6 , donde; \bar{V}_5 y \bar{V}_6 eran proyecciones de los vectores \bar{Z}_2 y

\vec{V}_2 respectivamente en el plano perpendicular al eje longitudinal de la parte superior del brazo, (**Figura No. IX c**). El ángulo de *flexión/extensión* en la junta del codo θ (2da. Unión en importancia para el lanzamiento) fue calculado como el ángulo formado por el vector \vec{V}_2 y el reverso del vector \vec{V}_1 , (**Figura No. IX d**). Diagramas que definen los valores de referencia y los signos para los cuatro ángulos son mostrados en la (**Figura No. X**).

El tipo especial de ploteo usado para facilitar la visualización del movimiento de la parte superior del brazo-relativo al tronco-a lo largo del lanzamiento (**Figura No. X**), fue tomado de (Dapena-Feltner, 1986). La fuerza de la junta y valores del torque obtenidos fueron computarizados en términos de referencia al (**cuadro \vec{R}_1**), (**Figura No. V**). Para proporcionar significados relevantes anatómicamente a estos valores, dos cuadros de referencia no-inercial \vec{R}_3 y \vec{R}_4 ; (**Figuras No. XI y No. XII**), fueron definidos en las juntas del hombro y del codo respectivamente.

Referencia (cuadro \vec{R}_3). La dirección de los vectores del cuadro de referencia \vec{R}_3 ; (\vec{X}_3 , \vec{Y}_3 , \vec{Z}_3) fueron expresados para los instantes de rendimiento en términos de referencia (**cuadro \vec{R}_1**), (**Figura No. V**). \vec{Y}_3 fue el producto de \vec{X}_3 , y un vector que punteaba desde el subesternal al punto medio de la cadera; \vec{Z}_3 fue el producto cruzado de \vec{X}_3 y \vec{Y}_3 . Las fuerzas netas y vectores del torque en la junta del hombro fueron proyectadas hacia los tres vectores de la dirección de referencia (**cuadro \vec{R}_3**), para los instantes de rendimiento. El torque de \vec{X}_3 representó la rotación *interna/externa*; el torque de \vec{Y}_3 *abducción/aducción*; y el torque de \vec{Z}_3 , la *abducción/aducción* horizontal.

La fuerza positiva \bar{X}_3 fue dirigida aproximadamente a lo largo del eje longitudinal de la parte superior de brazo (brazo superior), mientras las fuerzas de \bar{Y}_3 , y \bar{Z}_3 eran las fuerzas de la esquila.

Referencia cuadro \bar{R}_4 : La dirección de los vectores del cuadro de referencia \bar{R}_4 (**Figura No. XII**); (\bar{X}_4, \bar{Y}_4 , y \bar{Z}_4), fueron expresados para los instantes de rendimiento en términos de referencia (**cuadro \bar{R}_1**), (**Figura No. V**). La dirección del vector \bar{Y}_4 apuntó desde la junta de la muñeca a la junta del codo. \bar{X}_4 ; fue el producto cruzado de \bar{Y}_4 con la dirección del vector \bar{X}_3 ; \bar{Z}_4 fue el producto cruzado de \bar{X}_4 y \bar{Y}_4 . La fuerza neta y el torque de la junta del codo fueron proyectados por tres vectores de rendimiento, dirigidos hacia la dirección de referencia (**cuadro \bar{R}_4**), (**Figura No. XII**). El torque de \bar{X}_4 representó la *flexión / extensión*; el torque de \bar{Y}_4 la *pronación / supinación*; el torque de \bar{Z}_4 la rotación del *valgus / varus*. La fuerza positiva \bar{Y}_4 fue dirigida aproximadamente a lo largo del eje longitudinal del antebrazo, mientras las fuerzas de \bar{X}_4 y \bar{Z}_4 fueron las fuerzas de la esquila. En la (**Figura No. XIII**) se muestran los diagramas de fuerzas y torques ejercidos en la parte superior del brazo por el tronco **a**), la figura **b**) muestra una perspectiva y vista de lado respectivamente del inicio de la fase de *rotación externa*; las figuras **c**) y **d**) muestran las perspectivas de la vista de lado respectivamente de una posterior extensión de la *rotación externa*.

El proceso de captación de datos se realizó de acuerdo a los siguientes pasos:

a) Filmación (y posterior captura) de la imagen de los movimientos en vídeo a 200 Hz utilizando una tarjeta sintonizadora de vídeo CDC (Cyber Digital Computer).

b) **Digitalización:** una vez que se seleccionaron los intervalos temporales de análisis; el subesternal, la cadera derecha, hombro, codo, muñeca y tercer nudillo para un número de gestos igual; *seis*, se inició la digitalización; proceso mediante el cual podemos obtener las coordenadas planas de los puntos anatómicos en los eventos seleccionados para el análisis lateral. (El subesternal se definió como un punto en el que el eje longitudinal del tronco y a un nivel de la muñeca del subesternal). La digitalización es el proceso de computarización en el que se invirtió más tiempo. Se desarrolló manualmente, lo que permitió captar la imagen dentro de una pantalla **Acer<<SVGA de 17 pulgadas** de una PC Pentium III a 850 MHz y 128 MB de RAM con 80 GB de disco duro, utilizando la tarjeta de captación de vídeo CDC; Cyber y el algoritmo matemático Quintic Splaine DLT. (Abdel-Aziz y Karara, 1971).

La digitalización de los puntos anatómicos de cada cineciclograma seleccionado se realizó en un orden secuencial preestablecido. La determinación de los puntos anatómicos durante la digitalización manual puede introducir errores subjetivos que dependen en gran medida del grado de conocimientos y familiarización de la anatomía humana por parte del operador del sistema de digitalización, en este sentido (Soto, 1995) y (Latorre-Soto, 2003) plantean una serie de principios que pueden facilitar la detección correcta aumentando así la precisión de la digitalización. Estos son:

1. Estudio de la filmación previo a su digitalización, observada en varias ocasiones a velocidad normal y más lenta.
2. Durante este estudio de visualización previo, marcar o anotar las partes del gesto del movimiento que en determinado momento desaparecerá del campo visual al quedar ocultos por

otros segmentos del cuerpo. Para esto casos, se declaró la trayectoria teórica que debían describir esos puntos anatómicos durante el intervalo del tiempo que permanecerían ocultos, deduciéndose los puntos de *máximo* y *mínimo* recorrido vertical y horizontal.

3. Los puntos digitalizados deben ser considerados como centros geométricos de esferas, cuyo contorno teórico debe coincidir con los límites de la articulación; para lo cual se emplea el software de digitalización y un puntero circular que facilite el proceso de marcación.

4. Deben aparecer en pantalla las líneas que unen cada uno de los dos puntos que definen el segmento, en este caso, se buscará que las líneas dividan a los segmentos en dos partes iguales en relación con su sección; dato que coincidiría con el *centro de masa* de cada uno de estos segmentos.

5. Frecuencia superior a los 100 cuadros por segundo.

6. Esta frecuencia tan alta ($v= 200$ Hz) nos permitió en todo momento tener un período bien pequeño, aproximadamente a los 0,005 s.

7. Desviaciones angulares de los ejes ópticos de ambas cámaras.

8. Variación de la distancia hacia el objeto.

9. Distorsión de la imagen; desfiguración de la misma dada por el sistema óptico.

10. La dimensión lineal (el espacio) entre los cuadros.

Para este estudio fotogramétrico 3D lateral, se han seleccionado una serie de puntos que permiten calcular de manera fiable los ángulos de alineación e inclinación segmentaria. **(Figura No. III).**

Como marcadores epidérmicos se empleó pintura negra de aceite en cada una de las juntas estudiadas; subesternal, hombro, codo, muñeca y tercer nudillo. Además el proceso de digitalización se desarrolló siguiendo las siguientes orientaciones formales; (Latorre-Soto, 2003).

- Mantener una forma de sentarse estable, orientando la cabeza en una posición fija.
- Mantener fija la manera de desplazar y manipular el dispositivo marcador.
- Mantener los criterios escogidos durante todo el evento.
- Completar los eventos escogidos para cada sesión de digitalización, o sea, no dejar ninguno incompleto para próximas sesiones.

c) Obtención de resultados. Según (Soto, 1995) y (Latorre-Soto, 2003) es necesario en algunos casos emplear algoritmos de suavización que eliminarán total o parcialmente los errores sistemáticos y/o aleatorios generados en las fases previas de filmación y digitalización; como la frecuencia de las cámaras empleadas es sumamente alta, no fue necesario el empleo de algoritmos de interpolación para incrementar la citada frecuencia hasta el rango deseado. Los cálculos cinemáticos han sido obtenidos a través de un módulo de cálculo matemático (Quintic-Spline Function) DLT, utilizado por; (Abdel-Aziz y Karara, 1971) y desarrollado por (L. Jennings, 1981), reportado y modificado por; (Vaughann, 1984) en (Clemson South University) e integrado al Sistema Cyber CDC.

2.5 Muestra.

Aunque los ejercicios se aplicaron a 404 lanzadores de los 19 municipios de provincia La Habana; 10 lanzadores por municipio en las categorías; 11-12 y 13-14, el experimento se aplicó a 24 lanzadores; 12 de la categoría 15-16 y 12 de la categoría 17-18 (juvenil). (**Anexos No. 1 y 2**), todos con experiencia en el béisbol. Los de la categoría 15-16 con 5 años como promedio y los juveniles con 7 años promedio, o sea que la experiencia y años de formación atlética es amplia. A todos los sujetos se les presentó una solicitud de conformidad con participar en la investigación, además en la misma manifestaron si padecían de enfermedades o limitaciones físicas. (**Anexo**

No. 2). Todos los atletas fueron medidos, pesados y entrevistados con relación a aspectos fundamentales de; *rendimiento deportivo, lesiones padecidas, lanzadores de su preferencia y motivos de porqué este y no otro, etc.* La selección de la muestra se basó en los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

2.5.1 Criterios de inclusión:

- Ser atleta de béisbol (perteneciente al área de pitcheo) con una experiencia mínima de 4 años y una práctica de 5 sesiones semanales como mínimo.
- Ser atleta de categoría regional o nacional. Se consideró a un atleta de categoría regional cuando atendiendo a la línea general de competencias, hubo participado en juegos provinciales; y nacionales, haber participado en competencias nacionales de categorías inferiores o actuales.

2.5.2 Criterios de exclusión:

- Presentar *cualquier* tipo de molestias en el brazo en los momentos de la pruebas.
- Padecer enfermedades infecciosas-contagiosas o secuelas de ésta en los momentos de las pruebas. Ejemplo; gripe, conjuntivitis, etc.
- Haber padecido lesiones importantes con secuelas, o incluso lesiones recientes en el brazo de lanzar que alteraran la biomecánica normal del lanzamiento.
- Estar en un estado de forma deportiva (dada por la percepción e informe del entrenador) inferior al 65-70%.
- Aquellos atletas que no finalizaran el protocolo de trabajo por cualquier causa; principalmente por indisciplinas de cualquier tipo.

2.6 Diseño.

Se empleó un diseño descriptivo intergrupar multivariado (lanzadores abridores y relevistas), a todos se les aplicó el mismo protocolo. Se conformaron dos subgrupos en ambos grupos. **(Anexos No. 9 y 10)**. Al ser básicamente un estudio descriptivo, con todos los componentes del análisis biomecánico (sus características), consideramos como factores de proceso; *la mecánica de los movimientos para el lanzamiento*, estimada a través de *las características biomecánicas* y la *comparación de los movimientos* de la muestra con un patrón técnico a imitar. Para los lanzadores derechos: **Norge Luís Vera Peralta**; para los lanzadores zurdos: **Faustino Corrales Dénis**. **(Anexos No. 3, 4, y 5)** respectivamente.

2.7 Materiales empleados.

- 2 Cámaras de vídeo SONY Hi – 8 sistema NTSC – LOCAM.
- 2 Trípodes.
- 2 Baterías recargables.
- Computadora PC Pentium III a 850 MHz y 128 MB de RAM con 80 GB de disco duro; LP6 DC (Equipo de multimedia).
- Paquete estadístico: Estadigraphic CS plus for Windows 3,1. 1997. Statistic graphic Corporation. USA.
- Impresora EPSON LX – 300.
- Impresora HEWLETT PACKARD Láser jet 1100.
- Equipo Scanjet 6200 acoplado a la computadora.
- Magnetoscopio PANASONIC AG 7350.
- Sistema de digitalización con tarjeta CDC; (CYBER DIGITAL COMPUTER).
- Programa de fotogrametría KWON 3D V.2.1. KODAK. Canadá.
- Software de análisis del movimiento Expertvisión 3D (de la Corporación de Análisis del Movimiento; Santa Rosa, California, USA). Método de Transformación Lineal Directa

(DLT), adaptado por la Facultad de Informática del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, ISPJAE en el 2000.

- Equipo de videografía de alta velocidad adicional EKTAPRO 1000, KODAK.
- 2 Jalones de control.
- Pistola radar electromagnética JUGS – GUN, SONY de alta resolución.
- 2 Calculadoras CASIO; SL-160 Y SL-300J científica.
- Cámara fotográfica digital: ART SHOTT LDC – F25M.
- Marcadores reflexivos: pintura negra de esmalte.
- Hojas de anotaciones.
- Papel milimetrado.
- Terrenos de Béisbol natural; Stadium “Nelson Fernández” de San José de Las Lajas y “Mártires de Artemisa” de esta ciudad.

CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO DEL ANÁLISIS BIOMECÁNICO EN LANZADORES DE BÉISBOL ESCOLARES Y JUVENILES.

3.1 Documento que rige el Sistema Nacional de Enseñanza (1996). Programa de Preparación del Deportista. (Federación Cubana de Béisbol Aficionado; FCBA).

El diagnóstico realizado permitió detectar los problemas más acuciantes que afectan el proceso de enseñanza en las áreas de base investigadas y de forma especial justificar la necesidad de una metodología para el análisis biomecánico de los lanzamientos en el béisbol de los escolares de provincia La Habana. Al aplicar un conjunto de técnicas y métodos nos permitió describir y analizar el proceso, a la vez que identificamos sus limitaciones.

El diagnóstico aportó un amplio grupo de datos que al ser ordenados, agrupados, analizados e interpretados, permitió la información necesaria sobre la preparación de los lanzadores escolares, la que al ser utilizada como marco de referencia nos ayuda en la toma de decisiones respecto al objeto de estudio, en este caso el análisis biomecánico de los movimientos de los lanzadores escolares y juveniles.

Del documento Preparación del Deportista se revisó lo siguiente:

- Programa de preparación para las áreas deportivas.
- Programas de preparación y planes de entrenamiento para las EIDE, ESPA y Academias provinciales.
- Tablas evaluativas de los Test Pedagógicos físicos.
- Test técnicos; normativas específicas para el béisbol.
- Bibliografía revisada y consultada para la confección del Programa.

En el análisis realizado predomina como documento rector el Programa de Preparación del Deportista, pues a partir del mismo los docentes planifican las diferentes sesiones de trabajo con los estudiantes-atletas. Se precisó que dicho documento que es el emitido oficialmente por la Federación Cubana de Béisbol a las direcciones provinciales y municipales de deporte, precisa un proceso de enseñanza-aprendizaje no homogéneo en las áreas que se imparte el deporte (Ramos Rodríguez, 2003) (específicamente en las áreas de pitcheo investigadas) ya que adolece en cualquiera de sus partes del análisis y estudio de los movimientos en las funciones de las fases concretas del pitcheo.

Si bien, un 97,8% de los profesores-entrenadores encuestados poseen el documento y sus guías, planes de entrenamiento y preparación, etc., que se desprende del mismo, es preciso señalar el enfoque tradicional que se sigue por estos docentes caracterizado por un gran volumen de contenido en lo referente a las diferentes etapas del entrenamiento, no así en lo referente al conjunto de conocimientos que representa la enseñanza de los movimientos; sus orígenes, su estructura de acuerdo a la distribución en fases, las funciones principales, así como las funciones secundarias en cada una de esas fases.

Mucha menos, o ninguna atención se presta a la corrección de los movimientos inapropiados, en algunos casos, de los observados se hace verbal y formalmente, pero en ningún momento se analizan los gestos de los lanzadores posición por posición en cada una de las fases.

En la revisión documental del Programa de Preparación detectamos lo siguiente:

- En la enseñanza de la mecánica general (¿?) (página 13) aparecen como elementos a tener en cuenta:

1. Agarre de la bola. 2. Técnica del calentamiento del brazo. 3. Técnica de la carrera. 4. Fundamento del fildeo de rolling. 5. Fundamento del fildeo de fly. 6. Trabajo de los coach. 7. Sistema de señas colectivas.

Esto es para las categorías desde 9-10 hasta juvenil. Aunque el documento plantea (en su página 20) que en la ESPA y ACADEMIA (instituciones superiores) es donde el entrenamiento del béisbol alcanza su mayor nivel de perfeccionamiento al regirse por planes de entrenamiento, no existe una diferencia apreciable entre estos y los de las categorías que anteceden, (en lo referente a los elementos técnico-tácticos a impartir en cada institución) a no ser, en los por cientos de trabajo en cada etapa de preparación.

- En las categorías pertenecientes a la ESPA y ACADEMIA se plantea entre sus objetivos específicos: *lograr una buena estructura de movimientos tanto en lo individual como en lo colectivo (¿?)*.
- Para el lanzador; categorías: 13-14, 15-16, ESPA y ACADEMIA se norma lo siguiente: 1. posiciones reglamentarias: de frente, de lado. 2. Mecánica de los lanzamientos: [agarre de la bola]; terminación del movimiento; lanzamientos contra el squeeze play. [Lanzamientos por encima del brazo]; agarre de la curva y el cambio; otros elementos. 3. Lanzamientos básicos: [lanzamiento de la recta]; lanzamiento de la curva; trabajo de control, lanzamiento del cambio. 4. Virada a las bases; virada a primera, segunda y tercera. Apelar al home; seña con el torpedero para virarse a segunda. 5. El fildeo de los toques de bola; tiros a primera, tiros a segunda, tercera y home. 6. El fildeo de los rollings; tiros a primera, tiros a segunda y tercera, tiros a home para tocar al corredor.

- 7. Asistencias; cubrir en primera y detrás del home, detrás de tercera, cubrir el home con wild pitch o pass ball.

Como podemos apreciar en ninguna de las normativas aparece nada referido *a la real mecánica de los lanzamientos*.

Entre los elementos técnicos a controlar al lanzador se plantea:

1. Movimientos del lanzador (no especifica cuáles, ni como).
2. Posición de frente.
3. Posición de lado, sacar el pie.
4. Agarre de la recta.
5. Agarre de la curva.
6. Agarre del cambio.
7. Trabajo de control.
8. Virada a primera.
9. Virada a segunda.
10. Virada a tercera.
11. Fildeo de rolling.
12. Fildeo de toque de bola.
13. Asistencia.
14. Cubrir primera base con rolling.
15. La bola franca.
16. La base intencional.
17. Cubrir el home.

En relación con el desarrollo de la enseñanza de estos elementos, el 46,6% de los encuestados plantean que hacen lo que está normado, estipulado y nada más. Un 17,9% plantea salirse de lo normado y agregar elementos que aunque no estén contemplados son necesarios para lanzar. Un 4,1% plantean analizar elementos técnicos (ejemplo: la zancada, la caída, etc.) que no se encuentran en los programas. **Un 1% plantea** la exigencia de algún ejercicio correctivo por lanzamientos inapropiados.

En cuanto a los test técnicos que se orientan aplicar en las instituciones, a partir de la EIDE y desde la categoría 13-14 años, pudo detectarse lo siguiente:

- Se orienta realizar dos pruebas al año, la primera en noviembre, cuando se tiene un conocimiento bastante real de los atletas y se trata de medir; cómo se recibe de forma general a cada uno de ellos. La segunda se efectúa en mayo cuando esta al finalizar el

curso escolar. Los entrenadores no están limitados si desean realizar algún test intermedio o parcial. Solo un 5,7% de los encuestados refirió realizarlo.

- En el caso de los lanzadores los puntos fueron distribuidos de la siguiente forma:
 - a) Mecánica de pitcheo. 70 puntos.
 - b) Otros aspectos. 30 puntos.
 - c) Total: 100 puntos.

Los elementos que incluye la metodología a evaluar para los lanzadores comprende: **1. Fortaleza en el brazo**: 20 puntos, (existe tabla con las medidas a alcanzar de acuerdo a las edades y los puntos correspondientes a la distancia alcanzada). **2. Control**: 15 puntos, (cada pitcher realiza 30 lanzamientos desde las posiciones de frente y de lado; de frente se hacen 10 lanzamientos en recta y 6 en curvas. De lado se hacen 8 lanzamientos en recta y 6 en curvas. Las rectas en ambas posiciones se hacen de frente; 5 en la zona de adentro y 5 en la esquina de afuera. Las curvas en ambos casos se consideran efectivas si pasan por la zona de strike.

A cada lanzamiento efectivo (en la zona orientada) se le otorgan medio punto que sumado a los 30 lanzamientos nos da un total de 15 puntos. Se recomienda que se realicen varias pruebas en diferentes días y promediarlas para que la valoración no sea producto de los resultados de un solo día.

3. Defensiva en el box: 10 puntos.

- Hasta 3 puntos; por el desplazamiento para el fildeo de los toques de bola por tercera.
- Hasta 2 puntos; por el desplazamiento para el fildeo de los toques de bola por primera.
- Hasta 3 puntos; por hacer las asistencias.

4. Mecánica en los movimientos: 10 puntos. Se evalúan las posiciones de frente y de lado y se otorgan 5 puntos a cada una.

a) **De frente**: 1 punto por la colocación en la tabla de lanzar, sus movimientos iniciales y esconder la bola en el Wind up. 1 punto por mantener la cabeza y los hombros, (¿?). 1 punto por realizar la técnica de los movimientos correctamente (el trabajo de los brazos, la cadera y las piernas). 2 puntos por el impulso, la terminación del movimiento y caída.

b) **De lado**: 1 punto por la colocación en la tabla de lanzar, la parada reglamentaria y sacar el pie para convertirse en jugador de cuadro. 1 punto por realizar la mecánica de los movimientos; por mantener la cabeza, hombros, trabajo de los brazos, caderas y piernas). 1 punto por el impulso, la terminación de los movimientos y la caída. 2 puntos por virarse a primera y a tercera.

5. Lanzamientos básicos: 15 puntos.

- Hasta 1 punto: por el agarre de la bola en recta.
- Hasta 2 puntos: por la acción de los dedos en la salida de la bola en la recta.
- Hasta 3 puntos: por el trabajo del brazo, el antebrazo y muñeca en la recta.
- Hasta 2 punto por el agarre de la bola en la curva.
- Hasta 2 puntos por la amplitud y rotación de la bola.
- Hasta 2 puntos por el agarre de la bola en el cambio.
- Hasta 3 puntos por la salida de la bola y el trabajo del brazo, antebrazo y muñeca en la curva.

6. Inteligencia: 10 puntos.

7. Acometividad: 10 puntos.

8. Interés por superarse: 10 puntos.

El autor considera que los pasos que se siguen en la enseñanza de los movimientos, así como en el perfeccionamiento de los mismos, si bien ocupan un lugar en el proceso y poseen en su programa normativas y aspectos muy necesarios, están faltos de lo ya enunciado; **parámetros evaluativos de las variables imperantes presentes en todos los movimientos de los lanzadores de béisbol**, los cuales de no cumplirse, es de obligatorio cumplimiento realizar ejercicios correctivos de esa mecánica inapropiada, y que de no rectificarse a tiempo, se convierten en seguras lesiones en el brazo de lanzar.

3.2 Parámetros evaluativos de rendimiento de para el Análisis Biomecánico propuesto.

Es necesario aclarar que de acuerdo a los seis gestos filmados, acordados por completo consenso entre investigador-entrenadores (páginas 47 y 48 del Capítulo II) y los movimientos principales incluidos en ellos, se definieron los 35 parámetros de evaluación (Tabla No. 13), los cuales responden a las diferentes variables biomecánicas (cinemáticas y cinéticas) presentes e imperantes en los movimientos de los lanzadores, confeccionada por el autor y que constituyen un aporte sustancial de la investigación para el entrenamiento de los lanzadores escolares y juveniles cubanos.

La primera filmación de la muestra investigada (n=24) y por ende primera evaluación de los parámetros propuestos (Pretest) se realizó en ambas categorías investigadas (15-16, y juvenil) en la primera semana de preparación general (octubre 2 al 6 del 2001), siempre a la misma hora (de 9 am a 12 m) en la primera semana de entrenamiento; mesociclo introductorio. Cada lanzador realizó cinco lanzamientos a su máxima capacidad y realizando el mayor esfuerzo en cuanto a cumplimiento de una mecánica óptima de lanzamiento, o sea, poniendo el mayor énfasis y rigor competitivo en los mismos.

3.3 1ra. Evaluación de parámetros biomecánicos de rendimiento (pretest) por fases del pitcheo. (Análisis de parámetros cinemáticas; lineales y angulares; características espacio-temporales, velocidad de desplazamiento angular del hombro y de la junta del codo, tronco y extremidades bajas. Características espaciales; desplazamientos. Características temporales; duración (tiempo) en que transcurre cada fase en combinación con los parámetros cinemáticas.

- Categoría Juvenil (17-18 años).

- Fase de Wind up.

El grupo "A" (experimental) (n=6) fue evaluado para un **49,16%** en esta fase; las mayores dificultades se observan en el deficiente y pobre *equilibrio* (parámetro # 1 y # 2), donde 3 y 5 lanzadores fueron evaluados de *mal* respectivamente. Es decir, 1 sólo lanzador fue evaluado de regular en el parámetro # 2 de esta fase, (Ver Tabla No. 16). Los parámetros más críticos fueron; el # 2 con 5 lanzadores evaluados de *mal*; y 1 de regular, los #s 1 y 4 con 3 lanzadores evaluados de *mal* y 3 de regular.

El grupo "B" (de control) (n=6) fue evaluado para un **43,33%**, 20 parámetros fueron evaluados de *mal* y sólo 4 de regular. Los parámetros más críticos fueron los #s 1 y 2 con los 6 lanzadores evaluados de *mal*, el # 4 tiene 5 lanzadores evaluados de *mal* y 1 de regular. La fase en sentido general la evaluamos de *mal*, el parámetro # 1 de 12 sujetos evaluados, 9 fueron evaluados de *mal*, y 3 de regular. El # 2; 8 sujetos evaluados de *mal* y 4 de regular. El # 4; 8 evaluados de *mal* y 4 de regular. La fase para los 12 sujetos se evalúa para un **46,25% (MAL)**. (Ver Tabla No. 16).

- Fase de zancada (stride).

El grupo "A" presentó grandes dificultades en las evaluaciones de los 5 parámetros de esta 2da. Fase. El # 6 fue evaluado de *mal* en los 6 lanzadores, es decir de 30 puntos máximos posibles a obtener; obtienen 12, para un 40,0%. Significamos la importancia de este parámetro

en *la biomecánica del lanzamiento*, ya que al no lograr la posición de T-Flexionada la aceleración de piernas, caderas y tronco será deficiente y por ende; *la aceleración del brazo*, además la T-Flexionada es una posición óptima para las articulaciones del hombro y codo, donde los codos están: 1.- A la altura de los hombros y ligeramente delante de ellos. 2.- Alineados con las caderas y metatarsos. (Ver Foto No. 3). La posición de T-Flexionada disminuye el estrés propio del lanzamiento y fortalece la sensación neuromuscular correcta. (House y col, 1999). Los parámetros #s 2 y 3 también presentan grandes dificultades. El # 2 representa *“el paso hacia el home plate”*... En la zancada comienza la generación de energía en diferentes segmentos del cuerpo que es rápida y sistemáticamente transferida a la pelota, el desarrollo apropiado y sucesión cronometrada de los movimientos en la misma es conocido por los biomecánicos como; *“el principio de la cadena cinética”* y por los entrenadores y atletas como; coordinación.

El parámetro # 3 es sumamente profiláctico, es decir, al hacer contacto con el terreno la pierna pivot, la contracción excéntrica del flexor de la cadera controla el cuádriceps femoral de la pierna guía (Ver Tabla No. 3 e), mientras la contracción excéntrica de los abductores de la cadera del pie guía (pie de péndulo) ayudan a alargar el paso. La actividad muscular durante esta fase se muestra en la (Tabla No. 6). Esta inclinación del tronco hacia delante crea energía elástica, la cual será utilizada para inclinar hacia delante todo lo necesario la parte superior del cuerpo. (Ver Figura No. 41 y Figuras No. IV n, o). Sin esta inclinación del tronco hacia delante en coordinación con la rodilla guía flexionada entre 45° y 55° , no será posible rotar las caderas previamente sobre la pierna guía y esto aumentará considerablemente la demanda en el brazo. Estudios electromiográficos de; (Fleisig y col, 1998; Dapena-Feltner, 1986 y; Andrews y col, 1999) plantean que el brazo puede ser flexionado entre 80° y 100° por el codo y rotado externamente entre 40° y

80° por el hombro. (Ver Figura No. IV f). Es sumamente preocupante que 5 lanzadores hallan sido evaluados de *mal* en este parámetro, aspecto este a tener muy en cuenta al recomendar y dosificar los ejercicios correctivos.

El grupo “B” presenta una situación hipercrítica en la evaluación de esta fase. De 5 parámetros evaluados a los 6 lanzadores, 30 evaluaciones en total; 21 se evalúan de *mal* con grandes dificultades en los parámetros; #s 2, 3, 4 y 5, (Ver Tabla No. 12). Como quiera que este grupo (grupo de control) no será sometido a la variable de acciones de influencia (variable independiente), realizaremos algunas indicaciones precisas para trabajarlas en esta fase, enfatizando en los parámetros mencionados.

- Fase de Brazo Levantado.

El grupo “A” presenta resultados alarmantes en el parámetro # 4, donde 6 lanzadores fueron evaluados de *mal*. Si consideramos que la fase abarca desde el contacto del pie guía (o de péndulo) con el terreno, hasta la máxima rotación externa del hombro (Ver Figura IV f, h), observamos que el brazo se levanta al final de la fase, pero las piernas, caderas y el tronco ya han acelerado; al no rotarse correctamente el torso superior, no rota la pelvis; (datos de diferentes autores: (Fleisig y col, 1998, Dillman y col, 1991 y Dapena – Feltner, 1986), reportan rotación máxima del torso superior de entre 900° a 1,300°/s. Como consecuencia de ello la pelvis logra su rotación máxima de entre 400° a 700°/s. Esta acción ocurre entre 0,05 a 0,07 segundos después del contacto del pie guía con el terreno, o sea, cuando la fase se encuentra al 50% de su desarrollo. Al no rotar el torso superior lo suficiente la abducción del hombro será *mínima* y no estará moviéndose desde la posición correcta de abducción horizontal – pie guía en

contacto, hasta una posición de 15° a 20° de abducción horizontal a la máxima rotación externa del hombro, (Ver Figura No. II b). En lanzamientos con una mecánica apropiada el hombro genera fuerzas comprensivas entre 550 N a 770 N, necesarias para equilibrar la rápida rotación de la pelvis. Por el contrario, con deficiente rotación del torso y externa del brazo, los músculos rotadores interiores no se cargan excéntricamente ni elásticamente, por lo que *no desaceleran la rotación externa, ni disminuyen el estrés. "Esta afirmación es muy importante y apoya el concepto de que el acondicionamiento con ejercicios rehabilitadores de la rotación interna, impliquen poder cargar excéntricamente los músculos rotadores y poder ayudar al hombro a soportar tan grandes cargas"*, (Ver Figuras Nos. IX c, 41). Al lanzar, un torque de rotación interna máximo entre 55 y 80 Nm (Newton-metro) es generado instantes antes de la máxima rotación externa, (Ver Figura No. 42). Además, la fuerza máxima de la esquila anterior del hombro puede alcanzar en un lanzador como nuestro *patrón técnico a imitar derecho Norge Luís Vera Peralta* valores de hasta **¡¡2,013.76 N!!** equivalente a 452,06 libras (205,48 Kg.), *un poco más del doble de su peso, y lo más peligroso; ¡¡ en sólo 0,11 s!!* (Tabla No. 6).

El codo y su juntura son dignos de mencionar por su alta y compleja actividad durante esta fase, aunque por su mayor actividad en la siguiente fase lo resaltaremos en la misma. La (Tabla No. 8) nos muestra la decisiva actividad del codo durante las diferentes fases tomado de los reportes de diferentes investigaciones. Fuerzas máximas de hasta 300 N promedio originadas en la esquila, nos indican la gran importancia de que el codo sea *excéntricamente cargado*. El torque máximo del varus (registrado) de hasta 120 N. (Tabla No. 8) es generado poco antes de la *máxima rotación externa*, lo que equivale aproximadamente a *aplicar 180 N de fuerza a la palma de la mano del lanzador*. (Figura No. 42). Cuatro lanzadores no aprueban la evaluación de los

parámetros #s; 1, 2 y 4, aspecto este también preocupante al cual dedicaremos sus respectivas recomendaciones.

El grupo “B” presenta también grandes dificultades; el parámetro # 1 no lo aprueban 5 lanzadores, al igual que los #s; 3, 4 y 5, siendo estos tres los más importantes e imperantes a cumplir de acuerdo con las exigencias biomecánicas para el pitcheo en esta fase. Significamos las mismas consideraciones que al grupo “A”, derivados de las fatales consecuencias de no rotar el torso superior lo necesario y cuanto de recargo constituye esta deficiencia para el hombro, el cual no cumplirá ni en aproximadamente un 30% con su *máxima rotación externa*, produciendo un estrés altamente peligroso y perjudicial para el mismo. Agreguemos que el torque de distracción que ayuda al hombro preventivamente será mínimo por lo que la fuerza máxima a soportar por el hombro, *no es permisible para estos lanzadores*.

- **Fase de Aceleración del brazo.**

El grupo “A” fue evaluado en 9 parámetros en esta fase, de ellos con rendimientos críticos tenemos los números; 2, 5, 6 y 8, donde 5 lanzadores no aprueban las respectivas evaluaciones. Esta fase sólo dura entre 0,03 y 0,04 segundos; (Ver Tabla No. 6) comenzando en la *máxima rotación externa del brazo* y finalizando en *el punto de liberación de la bola*. (Figura No. IV h, i). Significamos que en el momento de máxima rotación externa del hombro y brazo, el codo comienza a extenderse, llegando a alcanzar una velocidad angular máxima (ω) entre 2,100° y 2,400° por segundo, la cual alcanza aproximadamente a la mitad de la fase de aceleración. El análisis del movimiento muestra datos que cerca del tiempo de máxima rotación externa del brazo, hay una disminución en la flexión del torque que había sido aplicado para equilibrar la *fuerza*

centrifuga. Por consiguiente la extensión del codo es resultado de la fuerza centrifuga generada en la rotación superior del tronco; (rotación del torso superior, parámetro # 4 de la 3ra. Fase donde los 6 lanzadores de la muestra fueron evaluados de **mal**) y no un resultado de la extensión del torque generado en el codo por el tríceps.

El parámetro # 6 es otro de los de comportamiento deficiente y al cual debemos dedicar gran atención; 5 lanzadores fueron evaluados de **mal**. Si recordamos que el tronco representa el 43,46% en la geometría de la masa del cuerpo (Anexo No. 6) y su mayor y decisiva actividad se encuentra en la fase de aceleración reforzaremos la importancia del comportamiento de este parámetro y su relación proporcionalmente directa con la aceleración del brazo. La inclinación del tronco hacia delante y lateralmente (según se realice el lanzamiento; por encima, tres cuarto, o por debajo del brazo) es reforzada por la flexión de la rodilla guía (Figuras Nos. 43 y IV o, p, q) para enderezarse, mientras mantiene su base estable para rotar sobre él. Esta rodilla debe flexionar entre 30° y 40°, lo cual no alcanzan ninguno de nuestros lanzadores investigados, ya que en su mayoría o no llegan o se pasan, trayendo como fatal consecuencia la no inclinación debida del tronco para liberar la bola y que permite al hombro llegar a su necesaria abducción de entre 80° a 100° a lo largo de la fase de aceleración. Esta fase tan decisiva para una mecánica correcta del lanzamiento nos reportó 6 parámetros de 9, desaprobados, o sea; de 6 lanzadores evaluados en 9 parámetros cada uno, total 54 parámetros; 37 son evaluados de **mal (68,5%)**, 16 evaluados de **regular (29,6%)** y 1 evaluado de bien (1,85%), por lo que resumimos la fase como **mal** en sentido general y derivamos de ello que *ninguno* de nuestros jóvenes lanzadores logra los 90° de abducción del hombro, *ángulo imperante desde la perspectiva de la biomecánica para el lanzamiento* y ángulo con la *mínima oportunidad de obstrucción u otra lesión del hombro*.

Esto denota la gran diferencia entre los lanzamientos de los *“patrones técnicos a imitar”* y la muestra investigada, sustentando esto la mayor y excelente coordinación de los movimientos de los segmentos corporales de **Vera y Faustino**, aumentando así la eficiencia de los lanzamientos. En el caso de los 6 lanzadores evaluados, ésta falta de eficiencia aumenta la inestabilidad del glenohumeral durante las fases del brazo levantado y aceleración del brazo, necesitando una mayor actividad muscular. Esto parece encontrar apoyo en los resultados de estudios electromiográficos reportados por (Digiovine, 1992) y (Brown y col. 1988); al momento de liberar la bola el hombro rota internamente y el brazo se mueve desde 0° en aducción horizontal del hombro al descargue o liberación de la bola. En nuestro estudio encontramos diferencias significativas en los valores de fuerzas compresivas sobre el codo por todo lo anteriormente planteado, por lo que los valores de estas fuerzas pueden alcanzar valores significativos de más de 900 N (Ver Anexo No. 34) aspecto sumamente peligroso para el brazo. El segmento final para impartir la fuerza a la pelota es la mano, que se mueve *desde una posición de muñeca en hiperextensión* (con la máxima rotación externa del brazo) a una muñeca en posición neutral (en el punto de liberación de la bola). Este parámetro fue evaluado de **mal** en 4 lanzadores (66,6%) y los otros 2 de Regular (33,3%) por causa de que las muñecas demoran centésimas de segundos más en llegar a su posición neutral, no encorvándose lo necesario para la liberación o descargue de la pelota, restando velocidad a los lanzamientos y obligando a forzar aún más sus brazos para recuperar la velocidad perdida. La velocidad promedio de estos 6 lanzadores fue de 39 m/s (87,2 m/h aproximadamente, la cual podría ser mayor de corregirse todos los señalamientos realizados con anterioridad.

El grupo “B” presenta similar situación en la evaluación de esta fase. Los parámetros #s 2 y 6 no fueron aprobados por ninguno de los lanzadores investigados, y los #s 5, 8 y 9 por un solo lanzador. Este semigrupo presentó de forma general una deficiencia muy grande en el parámetro # 2, lo que implica el mal comportamiento evaluado en el parámetro # 6; es decir: **“no apoyan bien: → no inclinan bien el tronco”**, recargando el trabajo del brazo. El deficiente apoyo demostrado no permite una eficiente rotación interna del hombro, por lo que tampoco facilitará la rotación externa del brazo, todo lo que consideramos como **sumamente crítico para el brazo**. La fase se evalúa de forma general de **mal**, ya que de 270 puntos posibles a obtener, se obtienen 54 puntos para un 20,0%!!, por parámetros se evalúa para un deficiente 46,66%. Estos indicadores nos muestran cuantas deficiencias y cuanto hay que trabajar por una mecánica apropiada del lanzamiento en nuestros jóvenes lanzadores.

- **Fase de Deceleración del brazo.**

El grupo “A” en esta fase fue evaluado con 6 parámetros (Tabla No. 10) por 6 lanzadores da un total de 36 evaluaciones. De ellas; 30 fueron evaluadas de **mal**, (83,33%) y solo (16,67%) de regular. Consideramos el comportamiento de esta fase como de *muy crítica* dada la importancia que tiene. Al enmarcarla desde *el punto de liberación de la bola hasta la máxima rotación interna del hombro*, (Figura No. IV i, j), los lanzadores combinan dos movimientos en esta fase; *continuación de la extensión del codo y rotación interna del hombro*. **Ninguno** de nuestros lanzadores continúan la rotación interna del hombro hasta 0°, (posición neutral); (Ver Figura IV, v) por lo que el área de deceleración del brazo es muy pequeña, aumentando considerablemente las cargas excéntricas que tienen que utilizar las juntas del codo y del hombro para decelerar el brazo. (Fisk, 1976) ha demostrado en sus estudios que el teres pronador es bastante activo en la

pronación del antebrazo durante la fase de deceleración. (Fleisig y col, 1998) reportan en sus estudios acerca de análisis de los movimientos torques mínimos después de liberar la bola, explicando que después de liberar la bola el brazo está extendido en el codo, abducido al hombro y dirigido al plato (home plate), (Ver Figura IV, v). Largas fuerzas y torques del hombro y codo son necesarios durante la deceleración del brazo para retardar rápidamente su movimiento. Máximas fuerzas compresivas equivalentes aproximadamente al peso del cuerpo del lanzador son necesarias junto a ambos; en el codo (800-1000 N) \approx 180,20 libras; 81,91 kgs, y en el hombro (1000 – 1200 N) \approx 270,30 libras; 122,86 kgs., para prevenir la distracción en estas juntas, (Anexos Nos. 35 y 33). **¡¡¡Estas fuerzas compresivas son dos y tres veces mayor que cualquier otra fuerza generada por el hombro y codo durante el lanzamiento!!!**, de no lograrse las mismas, el brazo no resistiría tanta presión y se partiría por cualquiera de las uniones; hombro o codo.

Al ser evaluados 6 parámetros (Ver Tabla No. 10), todos evaluados de **mal**; es decir de 180 puntos máximos posibles a obtener, se obtuvieron 79 puntos, para un **¡43,88%!**, fase cuya evaluación consideramos de *muy crítica* dada la importancia que posee. Diferentes investigadores; (Fleisig y col, 1998; Dillman y col, 1991; Werner y col, 1996; Feltner-Dapena, 1986; Pappas y col, 1985) y otros, coinciden en que un 85% de los lanzadores **se lastiman y se lesionan en esta fase** al no utilizar los mecanismos necesarios para resistir la abducción horizontal del hombro y la traslación anterior de la cabeza del humeral, (Anexos Nos. 35 y 36). Nuestros 6 lanzadores juveniles presentaron grandes dificultades en los parámetros; 1, 2, 4, 5 y 6, dados por la débil rotación interna y poca extensión del brazo y codo, así como no completar la abducción horizontal del hombro. Esto trae como consecuencia que aumenten, aún más, las demandas de fuerzas y

torques para prevenir las dos juntas más importantes de la articulación escapulo humeral que realizan el lanzamiento. Reportes médicos indican potencial lesión de la región glenohumeral o con relación escapular, humero cubital o humerocubitorradial, o cualquiera de las asociaciones musculares desde la columna vertebral hasta la base del metacarpo de la mano. (Hernández Corvo, 1987).

El grupo “B” (grupo de control) también fue evaluado con 6 parámetros (Tabla No. 10) presentando grandes dificultades en el desarrollo de la misma. Los 6 parámetros se evalúan de **mal** en los 6 lanzadores, es decir, de un total de 180 puntos máximos a obtener, sólo obtienen 76 puntos ¡**42,22%**!. Los parámetros #s. 1, 3 y 6 son los más críticos en cuanto a dificultades, siendo estos además, los más importantes en la fase. Es significativo que *ninguno* de los 6 lanzadores aprueba el parámetro # 1, por lo que las consecuencias funestas *al no rotar y extender al máximo su brazo durante la deceleración del lanzamiento* serán grandes. Señalamos de nuevo que esta es la fase en que a mayores fuerzas se someten las juntas del codo y el hombro, todas en breves instantes de tiempo. (Dapena-Feltner, 1986) reportan que la máxima velocidad angular de rotación interna ($\omega = 6100^\circ/s \pm 1700^\circ/s$) debe coincidir aproximadamente con el descargue o liberación de la pelota ($t = 10,004s \pm 0,005s$), en este instante los ángulos de abducción y aducción horizontal de la parte superior del brazo son positivos pero con valores muy pequeños, *cerca de 0*, (Ver Figura IX c). El brazo en su parte superior, rota rápida e internamente en el momento de liberar la pelota, aunque los reportes de (Dillman y col. 1991) indican 23° de rotación interna de este, y la junta del codo 20° de la posición de total extensión. El promedio de velocidad de la bola detectada en estos 6 lanzadores fue entre **38,5 m/s (85,01 mph) \pm 1,76 m/s (3,93 mph)**. Se hace

necesario y de forma imperiosa; ejercicios donde logren la máxima rotación interna y extensión del brazo, así como el encorvamiento del tronco y caderas y la abducción horizontal del hombro.

- **Fase de seguimiento del lanzamiento.**

El grupo "A" de 180 puntos posibles a obtener, obtienen 79 para un 43,88%; los 6 parámetros se evalúan de **mal**. La continuación (o seguimiento) del lanzamiento por muy bien que se realice no puede mejorar directamente todo lo incorrecto realizado en las fases anteriores, pero su influencia es decisiva para minimizar el riesgo de lesiones. Los 6 lanzadores de este grupo son evaluados de **mal** en el parámetro # 4. Si coincidimos en que el mayor por ciento de energía que genera el cuerpo para transmitir aceleración a la pelota debe disiparse después de liberar ésta, en un tiempo aproximadamente igual a la mitad en que se acelera, apreciaríamos la importancia de esta fase. En el estudio y análisis de las filmaciones realizadas, observamos que en más de un 70% nuestros jóvenes lanzadores no comienzan con los músculos más grandes del cuerpo a disipar la gran cantidad de energía transferida en el lanzamiento del brazo. Como ya hemos señalado, el tronco representa el **43,46%** de la masa total del cuerpo (Ver Anexo No. 6), por lo que debe flexionar hacia delante y su parte superior continuar rotando (Ver Figura No. IV v).

La extensión de la rodilla delantera (guía) después de liberar la bola, debe absorber parte de esa energía; parámetro # 6 de esta fase (Tabla No. 10) y el brazo del lanzamiento debe tener un espacio de deceleración largo, permitiendo de esta forma disipar energía durante un tiempo mayor; (parámetro # 4), donde de 30 puntos posibles a obtener; logran 12 puntos para un 40%. Con una terminación correcta de la mano de lanzamiento, esta debe terminar cerca de la pierna izquierda (si es lanzador derecho) y cerca de la pierna derecha para lanzadores zurdos; (Ver Figura No. IV w). En lanzamientos por encima del brazo, la mano derecha del lanzador derecho

debe terminar cerca de su "tobillo izquierdo", y viceversa en el lanzador zurdo. Para lanzamientos de $\frac{3}{4}$ (alrededor de $65,5^\circ$ del brazo en abducción horizontal y -95° en rotación externa; ver Figura No. IX; b, c) debe terminar cerca de la rodilla. Para un lanzamiento de lado (aproximadamente 35° de aducción horizontal del brazo y -95° en rotación externa; ver Figura No. IX; b, c), la mano en lanzamiento debe terminar cerca de la cadera izquierda en un lanzador derecho (y viceversa para un lanzador zurdo). Nuestros lanzadores investigados, en su totalidad, realizan un corto seguimiento del lanzamiento, terminando con la mano de lanzar hacia el home plate, poniendo excesiva distracción de la carga en su hombro.

Aunque la actividad muscular durante esta fase no es tan grande como en las anteriores; (Fleisig y col, 1998, y otros autores) la consideran mínima, hay que respetar las fuerzas mínimas de abducción en torque horizontal del hombro y, ¡las fuerzas en el tronco y pierna delantera!. (Ver Tabla No. 6). (Anexos Nos. 35 y 36). (Digiviane, 1972; Dillman y col, 1998; Sakurai y col, 1996 y Marchall, 2002) muestran a partir de estudios electromiográficos que la muñeca y músculos extensores de los dedos, tienen entre moderada y baja actividad durante esta fase, implicando esto que son excéntricamente cargadas para desacelerar la flexión de la muñeca.

El grupo "B" presenta una situación sumamente crítica en la evaluación de esta fase. De un total de 180 puntos posibles a obtener; obtienen 77 (- 2 puntos respecto al grupo "A") para un 42,77%. Los 6 parámetros evaluados se califican de **mal**, tres de ellos (#s; 2, 4 y 5) con el mínimo de puntos. Ninguno de los 6 lanzadores realiza la rotación de la parte superior del tronco, por lo que reiteramos lo señalado en el grupo "A". Algo similar ocurre con los parámetros #s; 4 y 5 (Tabla No. 10), por lo que alertamos de nuevo las peligrosas consecuencias que esto puede traer. Es

significativo que ninguno de los 12 lanzadores (6 del grupo "A" y 6 del grupo "B") cumplan con las normativas del parámetro # 4, o sea, ninguno terminó correctamente el recorrido de la mano de lanzar. Si a esto agregamos que los lanzadores del grupo "A" números 3 y 4 promediaron en sus lanzamientos velocidades de 91,3 mph (40,81 m/s) y del grupo "B" los números 1 y 4; 86,3 mph (38,57 m/s) reflejaremos aún más lo potencialmente cerca que están estos atletas y el resto de un micro trauma como resultado de una mecánica inapropiada en sus movimientos.

- Categoría 15 - 16: 1ra. Evaluación.

- Fase de Wind up.

El grupo "A" experimental (n=6) fue evaluado de **mal**, para un 47,5% (de 120 puntos posibles; obtienen 57), siendo el parámetro # 2 el de mayores dificultades, donde 5 de los 6 lanzadores son evaluados de mal y 1 de regular; el # 1 también presentó grandes dificultades; 4 de mal y 2 de regular, (Tabla No. 12) y (Tabla Resumen No. 18). Muy similar al grupo "A" categoría juvenil pero con ligera mayor dificultad en los parámetros #s 1 y 3. La fase en sentido general se evalúa de **mal**, por lo que el objetivo de esta 1ra. fase: *"poner al lanzador en una buena posición de arrancada para lanzar", no se cumple*. Los lanzadores #s; 2, 3, 5, y 6 fueron los de mayores deficiencias (Tabla No. 13). El parámetro # 2 fue el más crítico, donde 5 de los 6 lanzadores se evalúan de **mal**. (Tabla No. 18). Esto nos hace reinsistir en que ninguno de estos lanzadores parte de una posición de equilibrio al lanzar (Figura No. 1) y todo lo que de ello se deriva.

El grupo "B" presentó aún mayores dificultades, alcanzando un 46,66%, (- 0,84%) que el grupo "A". Los parámetros #s 1 y 2 se comportaron críticos; de 30 puntos posibles a obtener en cada uno, obtuvieron 13, para un 43,3%. En general la fase se evalúa de **mal**, de un total de 120 puntos posibles a obtener; obtienen 56 puntos (46,66%), (Tabla No. 15). De forma general esta fase para

ambos grupos (n=12) se evalúa de **mal**, de 240 puntos sólo alcanzan 113 para un 47,08%, (Tabla No. 15).

- **Fase de zancada (stride).**

El grupo “A” (n=6), de 5 parámetros evaluados, 150 puntos máximos posibles a obtener; obtienen 68 puntos para un 45,33%, evaluándose de **mal** la fase de forma general. El parámetro # 5 donde los 6 lanzadores son evaluados de mal y el # 2 con 5 evaluados de mal reflejan el deficiente comportamiento de estos sujetos. Significamos la relación tan directa que existe entre los parámetros #s 2 de estas dos fases (*Wind up y Zancada*) y señalamos las dependencias de sus comportamientos uno del otro, por lo que es natural que el evaluado de mal en la primera, debe de estar evaluado de mal en la segunda. (Ver Tabla No. 18 y 14). Idéntica situación ocurre con la consecutividad del parámetro # 5 del parámetro # 2; *al no dar el paso hacia el home plate de metatarso a metatarso* gran parte de la energía se pierde en movimientos innecesarios, además el cuerpo debe estar en la misma dirección del paso y rotar lo más tardíamente posible, (cuando el pie de contacto este firme en el terreno) de manera que la posición de T-flexionada entregue mayor energía al *antebrazo-muñeca-mano-bola* en un punto más cercano al home plate, (Ver Foto No. 3).

No es lo mismo “empujarse desde la goma (box), que caerse desde la goma”; en cualquier caso el movimiento delantero es iniciado por la abducción de la cadera, seguido por la rodilla y extensión de la cadera desde la pierna de pivot. El lanzador no puede “colapsarse” (desplomarse) ya que realizaría un inadecuado e inapropiado traslado de energía al desplomarse el **CGC** demasiado rápido y no gradualmente como indican las leyes de la mecánica. (Ver Figura No. 4 b). **(Nota del autor).**

Esto es precisamente lo que ha ocurrido con los lanzadores de la muestra al evaluárseles los parámetros #s 2 y 5 de esta fase; realizaron los movimientos fuera de frecuencia, demasiados

rápidos. Los parámetros #s 3 y 4 se comportan de igual forma mal, alcanzándose 14 puntos de 30 posibles, 46,66% en cada uno de ellos. Repetimos el mismo señalamiento respecto al parámetro # 3 que con el grupo "A" juvenil. (Ver página no. 76).

El grupo "B" presentó similares dificultades, de 150 puntos máximo posibles a obtener, obtienen 66 puntos para un 44,0%, evaluándose la fase de **mal** de forma general. Son significativos los parámetros #s 2 y 5 donde no aprueban ninguno de los lanzadores, o sea, se acentúan las dificultades en *el paso hacia el home plate* y en la posición de *brazos abducidos (T-flexionada)*. Lo más preocupante es que durante esta fase de zancada o paso largo los movimientos de las caderas, glúteos y tronco, hacia delante, crean energía elástica "necesaria" para la traslación del cuerpo hacia delante. Aumentar al máximo esta energía elástica disponible contribuirá grandemente al traslado de la parte superior del cuerpo hacia el objetivo (home plate).

El resto de los parámetros; #s 1 y 3 también presentan serias dificultades (**Ver Tabla No. 15**), 46,66% y 43,33% respectivamente, este último acentúa su mala ejecución al no utilizar la inclinación del tronco hacia delante en combinación con la rodilla guía flexionada (Ver Figura No. 43), desaprovechando el gran por ciento de masa corporal que representa este y su decisiva influencia en el lanzamiento. El comportamiento del parámetro # 4 (50%) al ser evaluado es consecuencia directa de los parámetros #s 2 y 3, con la posibilidad de que al corregirse estos dos, se corrige también el # 4.

- **Fase de Brazo Levantado.**

El grupo "A" fue evaluado para un 44,66%, de 150 puntos máximos posible a obtener, obtienen 67 puntos. Los parámetros #s 5 (no aprobado por ninguno), 4, 3 y 2 presentaron grandes dificultades. Tan es así que los 4 parámetros evaluados (x 6 sujetos = 24 evaluaciones), sólo 3

son de regular y **¡21 de mal!**. Muy por debajo del grupo "A" (categoría juvenil). Se hace necesario que insistamos en las *correctas rotaciones; de la pelvis, torso superior y externa del brazo*, y reflejar que todo es consecuencia de las deficiencias e incorrecciones del parámetro # 5

de la fase anterior (Ver Tabla No. 10). Ninguno de los 6 lanzadores realiza la rotación completa del brazo, por lo que insistimos al advertir lo siguiente: **Si lanzamientos con el 96% de eficiencia mecánica; ejemplo: NORGE LUÍS VERA PERALTA, generan fuerzas compresivas de entre 550 a 770 N, necesarios a su vez para equilibrar la rápida rotación de la pelvis; y si a esto agregamos la fuerza máxima de la esquila anterior del hombro, con un valor aproximado de 2,013.76 N (205,48 Kg.), en un tiempo de 0,11 s; fuerza que el lanzador logra soportar únicamente por la acción compresiva y de distracción compensadora de sus grandes grupos musculares (Ver Tablas Nos. 4 a, b, c, d): ¿cuánta fuerza generarán entonces lanzamientos con una mecánica inapropiada como la de estos 6 lanzadores!?, ¿Quién se encargará de distraerla o disiparla?**, imposible describirlo, pero si imaginar a la **sobrecarga** que se somete el brazo.

El grupo "B" denota también serias dificultades, (Ver Tabla No. 15); de 150 puntos máximos posibles a obtener; obtienen 65 puntos para una evaluación de 43,33%. Los parámetros #s 3, 4 y 5 se evalúan todos de mal en los 6 lanzadores, es decir, ninguna de las rotaciones se cumplen; *pelvis, torso superior y externa del brazo*, por lo que la *aceleración de piernas, caderas y tronco* es muy deficiente y como se dice vulgarmente *"los lanzamientos se realizan a brazo limpio"*, lo cual en el mayor por ciento de los casos se convierte en **lesión**. El parámetro # 2 también deficiente se evalúa para un 46,66%, (Ver Tabla No. 19). Por las implicaciones de la evaluación de esta fase, con las evaluaciones de las posteriores; la catalogamos como **crítica**.

- **Fase de Aceleración del brazo.**

El grupo “A” al evaluársele los 9 parámetros de esta fase, muestra un resultado de 45,18%; de 270 puntos máximos posibles a obtener, obtienen 122 puntos. Los parámetros más deficientes son los #s 5, 8 y 9, en los cuales los 6 lanzadores son evaluados de **mal**. Nótese que los parámetros 5 y 8 son *rotaciones* (Ver Tabla No. 10) cuyas deficiencias se arrastran de la fase anterior y de cuyas consecuencias también ya hemos alertado. El parámetro # 6 también se evalúa de mal, de 30 puntos máximos posibles a obtener; se obtienen 13 para un 43,33%. Los #s 2, 3 y 4 logran 14 puntos de 30 posibles para un 46,66% en cada uno de ellos, sólo el # 1 (15 puntos; 50%) y el # 7 (16 puntos; 53,33%) mejoran en algo tan deficiente evaluación. Las principales consecuencias de estas deficiencias son: *no aprovechar la masa corporal del tronco en las aceleraciones pertinentes* (Anexo No.6); *no integrar la energía disipada en las rotaciones del torso* (al ser estas deficientes y que provienen de los miembros inferiores) *a los movimientos del brazo.*

El grupo “B” presenta aún mayores dificultades; de 270 puntos máximos posibles a obtener; obtienen 113 para un 41,85%. De 54 parámetros evaluados (9 a cada lanzador), (**Ver Tabla No. 19**), **¡¡49 se evalúan de mal!!** y 5 de regular. Los parámetros con mayores dificultades son los #s 1, 2, 5, 7, 8 y 9, todos evaluados de **mal**. Al observar la (Tabla No. 10) notamos que es preocupante el comportamiento de este grupo, por lo que a lo indicado para esta misma fase al grupo “A” categoría juvenil integramos que *“la aceleración del brazo”* en este grupo “B” de la categoría 15-16 es *“sumamente pobre”* y el lanzamiento en un 70% u 80% aproximadamente *se realiza por el brazo, por lo que las lesiones por sobreuso no tardarán en aparecer.*

- **Fase de Deceleración del brazo.**

El grupo "A" fue evaluado para un deficiente 42,22%, 76 puntos de 180 máximos posibles a obtener. Los parámetros más deficientes son los #s 1, 4 y 6, evaluados todos de **mal** y los #s 2, 3 y 5 con 5 lanzadores evaluados de mal y 1 de regular los dos primeros, y 4 lanzadores evaluados de mal y 2 de regular en el parámetro # 5. (Tabla No. 18). Ninguno de los lanzadores *continúan la rotación interna del hombro hasta 0°* (posición neutral), (Figura No. IV v), por lo que apenas tienen espacio (área) para decelerar el brazo, aumentando considerablemente las cargas excéntricas necesarias en las juntas del hombro y del codo para decelerar el brazo. El análisis, muy similar al del grupo "A" juvenil por los resultados obtenidos.

El grupo "B" presenta los resultados más deficientes de todas las fases evaluadas hasta el momento a todos los sujetos. De 6 parámetros evaluados a 6 lanzadores, 180 puntos máximos posibles a obtener; obtienen 74 puntos para un 41,11%. Los parámetros #s 1, 2, 4 y 6 evaluados de **mal** en los 6 lanzadores y, los #s 3 y 5 con 5 lanzadores evaluados de mal y 1 de regular hacen que la fase de forma general se evalué de **muy mal** y clasifique como la de mayores dificultades detectadas. Es sumamente preocupante que parámetros como los #s 1, 3 y 6 tan involucrados en la mecánica del lanzamiento se comporten de esta forma. En ninguna de las otras fases se somete a las juntas del hombro y el codo a *fuerzas tan grandes y estresantes, en tan breves instantes de tiempo*. (Ver Tabla No. 15). El promedio de velocidad de la bola computado fue de 33,5 m/s (74,94 mph) \pm (4,76 m/s) (10,64 mph), sumamente alto para el grado de dificultad detectado, pero que denota el esfuerzo tan grande que realizan estos jóvenes lanzadores con su brazo. Se indica lo mismo que al grupo "B" juvenil.

- **Fase de seguimiento del lanzamiento.**

El grupo "A" de 180 puntos máximos posibles a obtener; obtienen 77 puntos para un 42,77%.

Deficiente y evaluado de **mal** es una consecuencia lógica de la fase anterior. Los parámetros #s 1, 2, 4, 5 y 6 presentan 5 evaluaciones de mal y 1 de regular (en 5 de los 6 lanzadores), y la número 3 presenta los 6 parámetros evaluados de mal en todos los lanzadores, (Tabla No. 18). Aunque existe una diferencia de 1,11%; (43,88% y 42,77%) grupos "A"; juvenil y 15-16 respectivamente, (Ver Tabla No. 15) el análisis para esta fase es el mismo en ambas categorías, aunque en el estudio y análisis de vídeo se observan más pulidos y elaborados los movimientos, o sea, mejor mecánica de ejecución en el grupo "A" juvenil que en el grupo "A" 15-16.

El grupo "B" de 180 puntos máximos posibles a obtener; obtienen 77 puntos para un 42,77%,

similar al grupo "A" de esta misma categoría, aunque el comportamiento individual de cada parámetro no fue similar. (Ver Tablas Nos. 18, y 19). Los parámetros #s 2, 4 y 5 son evaluados de mal en los 6 lanzadores, mientras que los #s 3 y 6 tienen 5 evaluados de mal y 1 de regular; el # 1 : 3 evaluados de mal y 3 de regular. Esta fase también arrastra las consecuencias de la mala evaluación de la fase anterior y su análisis (dado su comportamiento) es similar a la del grupo "B" juvenil. Aunque en el comportamiento de los grupos "A" y "B" hubo actuaciones como la de los lanzadores # 4 y # 1 del grupo "A" categoría 15-16, bastantes relevantes, la generalidad acusó grandes dificultades en las diferentes evaluaciones de los 35 parámetros contemplados en las 6 fases. Estos resultados coinciden con lo registrado en las encuestas aplicadas, donde el 98,76% de todos los lanzadores escolares encuestados (399 de 404) responden que no se les corrigen errores en la mecánica los movimientos mediante el uso del vídeo, (Anexo No. 15), (Tablas Nos. 29, 30, 31 y 32). Así lo expresan también el 95% (182 de 192) de los lanzadores de

1ra. Categoría participantes en la 40 Serie Nacional de Béisbol (Anexo No. 16), (Tabla No. 28), es decir, todas las correcciones se realizan verbalmente.

3.4 Curvas características de cada lanzador de los grupos “A” experimentales (17-18 y 15-16). Análisis y comparación.

Para facilitar aún más la comprensión de entrenadores y atletas nos apoyamos en las *curvas características* de cada lanzador de los grupos “A” experimentales; juveniles (Figuras Nos. 48 y 48 a) y categoría 15-16 (Figuras Nos. 49 y 49 a) las cuales contribuirán a ilustrar eficientemente el evento objeto de estudio. Se comparan los datos obtenidos con los parámetros medidos a los lanzadores patrones técnicos a imitar (Anexos Nos. 3 y 5). Este proceder se empleó sistemáticamente, tanto en el trabajo de mesa: entrenadores-biomecánico como en la discusión científica con los lanzadores, buscando estimular los procesos de reflexión mental y auto corrección en los mismos. Los datos registrados a los dos patrones coinciden perfectamente con los obtenidos por el autor por contactos directos con el American Sports Medicine Institute (ASMI), (Tabla No. 9) que muestran el resumen de la biomecánica de los lanzamientos en el desempeño de lanzadores élites profesionales. El evento total del lanzamiento en el béisbol (Tabla No. 6) oscila entre 8”180 segundos (lanzadores élites), 6”126 segundos (categoría juvenil) y 6”115 segundos (categoría 15-16, (Figura No. 49 a), o sea, una diferencia de 2”054 segundos y 2”065 segundos respectivamente, apenas apreciable pero que demuestra la falta de coordinación y ritmo de los jóvenes lanzadores. Al analizar las curvas características de cada lanzador observamos que el tiempo de ejecución del evento osciló entre [6”20 s y 6”05 s] en los juveniles y [6”20 s y 6”02 s] en la categoría 15-16.

Las (Figuras Nos 50 y 51) nos muestran las curvas características de los lanzadores patrones técnicos a imitar; *Faustino Corrales Dénis* con un tiempo promedio para el evento de 8"190 s y *Norge Luis Vera Peralta* de 8"210 s. La (Tabla No. 37) nos muestra los tiempos parciales de cada uno por fase de lanzamiento: al comparar estos datos con lo de los seis lanzadores del grupo experimental juvenil (tiempo promedio 6"126 s) observamos una diferencia de 2"064 s y 2"084 s respectivamente, por lo que declaramos demasiado rápidos los movimientos de los seis lanzadores del grupo "A" juvenil. El grupo "A" 15-16 promedió 6"115 s por lo que las diferencias con los dos patrones técnicos fueron de; 2"075 s y 2"095 s respectivamente, demostrando movimientos más rápidos aún que el grupo anterior.

3.5 Análisis biodinámico. (Aclaración dinámica externa e interna de las posturas del lanzador).

Al considerar el movimiento del lanzador como *mecanismo de empuje desde el apoyo (apoyo inferior), con empuje vertical y oblicuo; con y sin impulso angular*; la (Figura No. 2) nos muestra el análisis del lanzador derecho *patrón técnico a imitar* como mecanismo de empuje oblicuo **sin** impulso angular, y la (Figura No. 3) nos muestra tridimensionalmente al mismo lanzador con la máxima altura de la pierna de péndulo.

3.5.1 Análisis de las figuras (esquemas de posturas) sin impulso angular:

Considerando que la fuerza de tracción muscular se encuentra aplicada en el *Centro de Gravedad del Cuerpo* (CGC); la $F'my$ es igual a $G (Fg = mg)$ que es la componente de $F'm$ en el eje (Y) (pero en proyección), la otra componente $F'mx$ en el eje x (en proyección); $F'm$, es fuerza resultante de estas dos componentes. La correcta alineación de *la cabeza-Centro de Gravedad del Cuerpo - pie de pivot; posición óptima de equilibrio) propicia una gran*

$F'm$, la cual incrementa la aceleración de la pierna de péndulo aumentando la **energía cinética** y también el Δs ; espacio recorrido por esta pierna en la zancada hasta el contacto del pie. (Figura No. 10 a₁ 10 a₂). El análisis de las ecuaciones (aplicación de la 2da. Ley de Newton para la mecánica: ($F = m\bar{a}$)) se describen en el (Anexo No. 31), se hizo necesario descomponer las fuerzas: F', F'' y R en sus componentes verticales y horizontales para poder determinar las ecuaciones *de equilibrio y de movimiento*.

- En los miembros de apoyo (en equilibrio): la $f_r = F''m_x$, componente de $F''m$ en el eje (**X**), y la fuerza normal $N = F''m_y$ (componente del eje **Y**); lo cual hace que el cuerpo del lanzador se mantenga en equilibrio: (Figura No. 3), (Anexo No. 31).

- En los miembros móviles: en el eje **x** (proyección dentro de **Y**), la aceleración $a_x = F'm_x / m$; es decir, la componente de la fuerza en el eje **x** partiendo del **CGC** dividida entre la masa (**m**) del cuerpo del lanzador. En el eje **y** (proyección dentro d**Z**), la aceleración $a_y = F'm_y - G / m$; es decir, la componente de la fuerza en el eje **Y** partiendo del **CGC** retardándose el valor de G dividiéndolo entre la masa (**m**) del cuerpo del lanzador. (Figura No. 3). (Anexo No. 31).

(Adaptado por el autor de; Donskoi-Zatsiorski, 1988). Las fuerzas de las tracciones musculares aplicadas a los miembros móviles realizan un trabajo mecánico que incrementa la energía cinética del cuerpo durante el empuje, con frecuencia se considera erróneamente que sólo la reacción de apoyo R , como fuerza externa, puede ser la fuerza motriz para el hombre y la fuente de trabajo mecánico (**W**) que incrementa la energía cinética. Desde el punto de vista de la mecánica; el cuerpo humano es un sistema automotor, por lo que en tal sistema las fuerzas de tracción muscular están aplicadas a los miembros móviles y respecto a cada miembro la fuerza de tracción muscular aplicada a él desde afuera, es una fuerza externa. Por consiguiente, las aceleraciones

del (CM) centro de masa de los músculos móviles están condicionadas por las correspondientes fuerzas externas para él, es decir, por la tracción muscular: (Ver Figuras No. 11 a, b, c, d) y (Figuras No. 14 a, b, c, d). Según (Hainaut, 1976), por la ley de conservación de la energía cinética del sistema se deduce que la variación de la energía cinética del sistema es igual a la suma de los trabajos de las fuerzas externas e internas. En el caso en que el trabajo de las fuerzas externas sea igual **a cero**, sólo el trabajo de las fuerzas internas es quien hace variar la energía cinética del sistema. Según (Cutnell y Johnson, 1992), el trabajo de la reacción de apoyo es igual **a cero**. Esto se hace evidente si se tiene en cuenta que el punto de aplicación de la reacción de apoyo (pie de apoyo) durante el empuje no se separa del apoyo y su espacio es igual **a cero**: [$s = 0 \Leftrightarrow a = 0; F \cdot \Delta y = 0$]. Por lo tanto el trabajo de la reacción de apoyo también es igual **a cero**: $N = 0$. (Ver Figura No. 14 d).

- **Sin impulso angular: (Grupo "A" Categoría 15-16):** ninguno de los seis lanzadores logra un equilibrio correcto al no mantener una adecuada alineación de *la cabeza-CGC-pie de pivot* (en este caso el pie de empuje), por lo que el ángulo de inclinación del eje longitudinal de la pierna de pivot (de empuje) que caracteriza en cierta medida la dirección del empuje (Ver Figura No. 47 a, b) no guarda una correcta dirección y alineación vertical con el CGC (Centro de Gravedad del Cuerpo), y aunque en algunos casos se observe en el estudio de vídeo (ejemplo: lanzadores #s, 3 y 4) una posición fuerte por parte del apoyo, este se realiza o bien demasiado hacia atrás, o hacia abajo gracias a las diferentes variantes de esfuerzos de los grupos musculares, por lo que; *esta postura por si misma no puede determinar de forma simple la dirección del empuje*. Es del criterio del autor, que no tiene ningún sentido proponer medir de esta forma el ángulo de la fuerza de empuje en el instante en que la pierna de péndulo se separa del apoyo: *en este instante la fuerza de empuje para esa pierna es igual a cero*. El ángulo de inclinación de la línea que une el

lugar del apoyo con el CGC (Figura No. 47 a) no puede caracterizar con exactitud la dirección del empuje, ya que no existe un argumento según el cual *la línea de acción de la fuerza de reacción del apoyo debe atravesar el CGC* *. [Por consiguiente: lo que desaprovechan en fuerza de reacción desde el apoyo para el impulso del lanzamiento; “deben suplirlo” con el **“sobreuso del brazo”**] (Nota y análisis el autor). Estos lanzadores pueden mejorar ostensiblemente el aprovechamiento tan importante de estas fuerzas de reacción si se atienden los siguientes aspectos en sus entrenamientos individuales; (Ver Tabla No. 46).

- **Sin impulso angular:** (Grupo “A” Categoría Juvenil 17-18): los resultados son muy similares a los del grupo anterior con ligera variación en el logro de un mayor equilibrio en la fase inicial (Wind up).

- **Categoría Juvenil y 15-16; (Grupos “B):** se repite idéntica situación en ambos grupos con el agravante de que mientras menos equilibrio logren en la fase inicial del movimiento; menos pueden aprovechar la fuerza resultante proveniente del apoyo.

* Todos los cálculos en los trabajos experimentales de la escuela de N. A. Bernshtein en lo referente a las locomociones, se hicieron sobre la base de la presuposición simplificada de que la reacción de apoyo siempre atraviesa el CGC; lo que no se corresponde en la actualidad con los hechos experimentales. (Citado por; Donskoi-Zatsiorski, 1988; página 213).

3.5.2 **Análisis de las figuras (esquemas de posturas) con impulso angular**

Este mecanismo es muy semejante al anterior, pero con la condición de que la fuerza muscular no pasa por el CGC, lo que provoca la tendencia a rotar, en el caso del lanzador hacia el frente. (Ver Fotos No. 2, 3, 5, 7,8). En este mecanismo se cumplen las ecuaciones del mecanismo de empuje oblicuo sin impulso angular; (Anexo No. 31), (Figura No. 3). Para la aplicación de la ecuación de rotación de la dinámica inversa, consideramos que la fuerza muscular F''_m tiene su punto de

aplicación sobre una línea horizontal imaginaria a la altura del CGC, (Ver Figuras No. 4ª y No. 11,1 d). Las fuerzas R y F''_m no provocan momento de fuerza respecto al CGC, ya que sus brazos de fuerza son de igual magnitud y las fuerzas son iguales y de sentido contrario por lo que se anulan sus efectos. En los miembros móviles, la fuerza F'_m no tiene brazo de fuerza, por lo que no produce momento de fuerza respecto al CGC. Sólo F'_m presenta el brazo de fuerza (x) por lo que la tendencia a girar se debe a esa componente de fuerza muscular. Para nuestro estudio y comparación dimos a nuestro patrón técnico la misma postura y aplicamos las mismas fuerzas que en el ejemplo descrito anteriormente, (Figuras No. 11,1 d) y 1,2), sin embargo, aquí es necesario tener muy en cuenta *la fuerza de gravedad* G . Para equilibrar su acción hay que aumentar el esfuerzo que desarrollan los músculos; el incremento de fuerza $\Delta F''_M$ está dirigido hacia arriba y aplicado a las partes móviles del cuerpo, el incremento de fuerza $\Delta F'_M$ está dirigido hacia abajo y aplicado al pie del lanzador. Un incremento; la fuerza $\Delta F''_M$ *equilibra la fuerza de gravedad!*. El otro incremento, la fuerza $\Delta F'_M$ se equilibra por el aumento de la reacción de apoyo R_p . (Ver Figura No. 1,2). A qué conclusiones podemos arribar: de la misma forma que en el ejemplo anterior existirá la misma aceleración a provocada por el excedente de fuerza motriz $[F''_M + \Delta F''_M]$ sobre la fuerza G . El autor considera que durante el empuje rigurosamente hacia arriba es imprescindible aumentar el esfuerzo del empuje exactamente en una magnitud igual al modulo de la fuerza de gravedad, para obtener la misma aceleración que existiría sin la acción de la F_g . (Anexo No. 32).

- **Con impulso angular: Categoría 15-16:** los análisis efectuados muestran que la fuerza de incremento $\Delta F''_M$ tiene como principio de que la parada sobre el pie de pivot sea en completo equilibrio, para que el brazo de la fuerza F'_m se mantenga paralelo a la horizontal y su acción de rotar sea bien eficaz. En la muestra analizada se observó la poca alineación requerida de

cabeza-CGC-pie de pivot por lo que no existe un óptimo equilibrio: *no recogen su pierna de péndulo (al elevarla) cerca del CGC; no mantienen la cabeza alineada sobre el pie de pivot y flexionan demasiado esa pierna.* Esto trae como consecuencia una débil fuerza de incremento $\Delta F''_M$: **por lo que no equilibra la acción de la fuerza de gravedad G trayendo como consecuencia el no utilizar al máximo el impulso del pie de pivot, forzando el brazo a realizar un esfuerzo mayor, llegando hasta el sobreuso.** Otra consecuencia funesta como resultado de no equilibrar la fuerza G es el desplome de la pierna de zancada, enviando energía hacia abajo y no alrededor del CGC, por lo que la energía que debe trasladarse a través del cuerpo en movimiento es mucho menor, llegando también mucho menos de ésta al brazo en lanzamiento y por ende al impulso final de liberación de la bola.

- **Con impulso angular: Categoría Juvenil (17-18):** logran un ligero aumento de equilibrio en la parada gracias a un mayor desarrollo muscular en su pierna de pivot, pero no lo mantienen sistemáticamente en el ciclo del movimiento. Al no utilizar en aproximadamente el 70% el apoyo plantar desde el metatarso por el pie de pivot, no se benefician con el peso de los miembros superiores del cuerpo *como presión del pie contra el apoyo.* La fuerza F' que sostiene los miembros superiores y equilibra su peso P ; será menor. La fuerza F'' que presiona sobre el apoyo a través de los miembros de apoyo también será menor (dada la poca incidencia del peso del lanzador sobre el apoyo) y por lo tanto la reacción de apoyo R también será menor. Es *imprescindible* que el lanzador incremente la tensión del músculo de apoyo (*incremento de la fuerza de tracción $+\Delta F'$ y $+\Delta F''$ respectivamente*). La fuerza $+\Delta F''$ provocará la *aceleración de los miembros móviles ($+a$)* dirigida hacia arriba; aparecerá la fuerza de inercia ($F_{in.}$) **como resistencia no equivalente** dirigida hacia abajo y aplicada al punto superior de las palancas. Esto condicionará la aparición de la **componente dinámica** de la reacción de

apoyo ($R_{din.}$). La fuerza $+\Delta F''$ es la fuerza aceleratriz bajo cuya acción comenzará el empuje del lanzador.

- **De forma general:** podemos resumir que los jóvenes lanzadores investigados, (a pesar de no contar con instalaciones tensométricas; plataformas, plantillas dinamométricas, etc.), al no alinear los puntos exigidos biomecánicamente para el inicio del movimiento; hacen demasiado grande el ángulo de inclinación de la reacción de apoyo, por lo que la reacción de la fuerza de empuje disminuye considerablemente; en más de un 50%, recayendo todo este trabajo sobre el brazo de lanzar. Según (Perdomo, 2000), los valores obtenidos en estudios dinamográficos con lanzadores cubanos de diferentes categorías dan como resultado: que la fuerza de reacción de empuje $F_{Remp.}$ lograda por éstos, no llega al 60% del peso del lanzador. Por el contrario, (House y col, 1995, 1999) refieren que un lanzador con eficiente equilibrio genera fuerzas de interacción con el apoyo equivalentes a seis veces el peso del lanzador, *en el momento que su pie de descenso hace contacto con el terreno*; es decir, un lanzador de 170 libras generará fuerzas de aproximadamente 1,020 libras.

De forma general, al concluir el diagnóstico realizado (la primera prueba; pretest), reforzada con el análisis de las curvas características de los sub grupos experimentales y el análisis biodinámico de las posiciones del lanzador (representado en los esquemas de posturas), podemos decir, que la enseñanza y entrenamiento de los jóvenes lanzadores se realiza con un enfoque tradicional predominante que contradice los métodos modernos de entrenamientos, con la integración de las ciencias aplicadas como guía orientadora que propicie los niveles de desarrollo del atleta, tanto en los modos de pensar, sentir, actuar y también de aprender. (Ramos Rodríguez, 2003).

CAPÍTULO I V. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LOS LANZADORES ESCOLARES Y JUVENILES DE BÉISBOL.

En la metodología para el análisis biomecánico, así como el control de su optimización técnica, para escolares (categoría 15-16) y juveniles, el autor asume el modelo del lanzador cubano descrito por Juan Ealo de la Herrán, 1988, al cual pertenecen los patrones técnicos escogidos, comparados durante todo el experimento con los lanzadores de los sub grupos experimentales.

Es evidente que la dificultad que se establece en el Programa de Preparación del Deportista (Sistema Nacional de Enseñanza) al no contemplar en ninguna de las normativas específicas de los test técnicos, el análisis de los movimientos principales del lanzador, con el objetivo de corregir en todo momento dentro del procedo de enseñanza-aprendizaje y perfeccionamiento de los lanzadores, los movimientos inapropiados e incorrectos que en la mayoría de los casos ocasionarán graves lesiones en los brazos, definitorias en un gran por ciento de la carrera deportiva.

Este autor plantea que la Biomecánica del pitcheo, propone una metodología para el análisis de los movimientos del lanzador, contemplando que gran número de los gestos que éste realiza resultan de la interacción de muchos componentes, poseyendo cada uno de ellos sus características propias. Estas características deben ser respetadas en todo momento dada la influencia decisiva que poseen al realizarse el movimiento, constituyen las particularidades propias de su génesis, y sería prácticamente imposible analizar cualquier movimiento sin tenerlas en cuenta.

De esta consideración parte la llamada *estructura* del movimiento, caracterizadas por las llamadas *fases* o *partes del movimiento*. Aunque los movimientos siempre se perciben en su globalidad (como un todo), «incluso cuando aparentan ser *descoordinados*», no obstante; dada la necesidad

de conocer las condiciones del aprendizaje motriz y del entrenamiento de la técnica, el interés de los científicos y entrenadores se centra justamente en estos elementos estructurales.

4.1 Propuesta de una metodología para el análisis biomecánico.

- I. Examen global del movimiento, (descripción).
- II. Estudio funcional de los tres componentes del cuerpo humano; (huesos, articulaciones y músculos).
- III. Análisis mecánico de los elementos presentes en los movimientos; (estudio mecánico y análisis de la trayectoria).
- IV. Discusión de los resultados y conclusiones.

4.1.1 Examen global del movimiento, (descripción).

El movimiento como ya explicamos debe desmenuzarse, analizarse globalmente desde su mínima expresión, apoyándonos en la calidad de las *funciones interfásicas* y, en el estudio de las características biomecánicas, sobre todo las del tipo *cinemática; espaciales, temporales y espacio-temporales*. Son las llamadas *características del movimiento*, (Meinel-Schnabel, 1995; Grosser, et, al, 1995). Proponemos el siguiente examen global:

4.1.1.1 Fase I: FASE DE PREPARACIÓN: contempla; *Equilibrio-Dirección en la sub fase de Wind Up*.

En opinión de este autor *la sub fase principal en los movimientos del lanzador*, a partir de ésta se definen todas las demás. La mecánica apropiada considera que el lanzador debe lograr la *dinámica más balanceada* en esta sub fase. **El equilibrio** es considerado la primera de las imperantes biomecánicas para el lanzamiento del pitcher, o sea, todo movimiento debe partir de una completa posición de equilibrio. Cuando hablamos de equilibrio nos referimos al control por

parte del lanzador del **Centro de Gravedad del Cuerpo (CGC)**, desde el primero hasta el último de los movimientos en el wind up. La alineación: **cabeza – centro de gravedad del cuerpo – pie de pivot**, constituye el equilibrio base para el inicio de los movimientos y posterior liberación de la bola. (Figura No. 1).

Las (Figuras No. 2, 3, 5a, 5b, 6a, 6b, 7, 8a, 8b y 9) representan esquemas de posturas de posiciones fundamentales del lanzador en esta sub fase, las cuales ilustran movimientos óptimos, y algunas deficiencias derivadas de una incorrecta alineación, o sea, una mala posición de equilibrio. La Tabla resumen de la biomecánica para esta primera Fase con la correspondiente sub fase se muestra a continuación. (Confeccionada por el autor para la investigación).

Objetivo Prioritario de la sub fase.	Propósito mecánico	Características biomecánicas presentes	Principios biomecánicos (imperantes del movimiento)	Posiciones críticas que debe observar el entrenador	Rasgo predominante.
Lograr el máximo equilibrio posible.	Mantener la alineación: cabeza-centro de gravedad del cuerpo-pie de pivot	- Equilibrio. - Desplazamiento. (ΔS). - Duración (Δt). - Aceleración.	Condición de equilibrio: $\sum M_{Ext.} = 0$	Que no ocurran desviaciones del cuerpo durante la elevación de la pierna de péndulo.	La transmisión del movimiento.

4.1.1.2 Fase II: FASE PRINCIPAL: contempla; Transferencia de peso (energía)

– Engaño, en las sub fases de **Zancada** y **Brazo levantado**.

El autor coincide con la opinión de muchos experimentados entrenadores de pitcheo, (House, 1995 y 2000), e investigadores (Fleisig, 2001, y 2002) quienes afirman que los lanzamientos comienzan por los pies; razón fehaciente considerando que el impulso se trasmite de las extremidades inferiores al tronco, y de este a las extremidades superiores, hasta llegar a la bola. Al comenzar el movimiento por los pies y continuar en secuencias a través de las piernas, tronco, hombros, brazos, antebrazo y manos, estos se convierten en «*movimientos direccionales*», por lo

que se recomienda enseñarlos y perfeccionarlos en terreno llano primero y después en el montículo.

4.1.1.2.1 Longitud de zancada, distancia y pie de contacto.

Este autor coincide con la opinión generalizada y especializada de que la segunda *imperante biomecánica* para una mayor eficiencia mecánica en los movimientos del pitcheo, equivale al *traslado del peso (traslado de energía)* en equilibrio a través de la zancada, y esto puede lograrse únicamente cuando el lanzador realiza sus movimientos; *de metatarso a metatarso*: metatarso del pie de pivot al metatarso del pie de zancada (o pie de péndulo). Debido a esta secuencia del movimiento, de pies a dedos de la mano, que el lanzador utiliza, compartimos completamente la opinión de que el pitcheo es; *“una habilidad direccional con componentes giratorios”*, (House, 1995, 2000).

Una buena dirección en el traslado de la energía, maximiza la cantidad de *energía cinética* proveniente de la transformación de *energía potencial* lograda al levantar la pierna de péndulo hasta su máxima altura y llevarlo al aterrizaje en zancada en descenso desde montículo. (Figuras No. 10a₁, 10a₂, y 10b).

Una efectiva longitud de zancada debe ser aproximadamente equivalente a la altura del lanzador, medida obtenida desde la goma de lanzar hasta el punto más lejano que alcanza el lanzador con el pie de contacto. Una zancada equivalente a la altura del lanzador, asegura una adecuada transferencia de peso (energía). (Figura No. 12b). Es correcto lanzar en línea recta o ligeramente abierto, realizando el movimiento siempre de metatarso a metatarso. (Figuras No. 12c, 23 y 24).

La longitud y ángulo del arco de los brazos es única para cada lanzador, una función de su postura superior e inferior mientras realiza la zancada. (Figura No. 13 b). Esta postura debe permanecer firme durante la caída; la flexión de la pierna de pivot afecta de esa forma el CGC y el equilibrio durante la zancada, impidiendo la eficiencia en la transferencia del peso (energía) y

disminuyendo la cantidad de energía cinética que ha sido transformada al descender la pierna. (Figura No. 13 a).

La Tabla resumen de la biomecánica para la segunda Fase; **Fase Principal** con las correspondientes sub fases se muestra a continuación. (Confeccionada por el autor para la investigación).

Objetivo Prioritario de la sub fase.	Propósito mecánico	Características biomecánicas presentes	Principios biomecánicos (imperantes del movimiento)	Posiciones críticas que debe observar el entrenador	Rasgo predominante.
Lograr la máxima transferencia de energía.	Lograr la máxima transferencia de E_p a E_c al trasladar el peso en equilibrio.	Transferencia de energía mecánica: $E_m = \frac{mV^2}{2} + mgh$	- Momento de Fuerza: $M(f) = Fr.$ - Impulso de Fuerza: $J = F \cdot \Delta t.$	- Desplome de la pierna de péndulo. - No trasladar el peso de metatarso a metatarso. Realizar la zancada demasiado corta, no en correspondencia con su talla.	La transmisión del movimiento.

4.1.1.3 **Fase III: FASE FINAL:** comprende; **Energía de traslación – Lanzamiento – Aceleración – Desaceleración**, en las sub fases de: **Aceleración-Deceleración del brazo-Seguimiento del lanzamiento.**

No debe existir una gran rotación durante la fase III; para asegurar un traslado de energía adecuado y una fuerza óptima, las manos del lanzador deben mover los pulgares hacia abajo y los codos hacia arriba, manteniendo el guante y la bola cerca del cuerpo en una posición cómoda, esto ayudará a mantener la postura del lanzador y el equilibrio del torso en la zancada. (Figuras

No. 14 a, b, c, d). En el momento que el pie de zancada hace contacto con el terreno, el traslado del peso se detiene y esta fuerza se esparce a través del cuerpo; de los pies a la punta de los dedos de la mano, y de estos a la bola. Investigaciones (dinamométricas) aplicadas han dado como resultados que un lanzador que ha partido de una óptima posición de equilibrio, y que ha mantenido una buena dirección; “transferirá óptimamente su peso (en energía) y generará fuerzas equivalentes a aproximadamente seis veces el peso de su cuerpo” en el momento en que su pie de descenso (pie de péndulo) hace contacto con el terreno; en otras palabras, un lanzador de 200 libras de peso generará una fuerza aproximada de 1 200 libras en el momento de lanzar la bola. (House y col. 1995, 2000). (Figuras No. 15, 16 y 17).

La transferencia de energía ocurre con la movilización de los planos musculares más fuertes y lentos primeros, para que éstos transmitan sus fuerzas a los planos más débiles y rápidos. Es de señalar, que esta transformación de *energía mecánica* (de Energía Potencial a Energía Cinética) ocurre apenas sin percibirse por la rapidez de los movimientos del lanzador, pero sus resultados se observarán en la velocidad de los lanzamientos sin que se fuerce el brazo, es decir, la velocidad obtenida en la fluidez del movimiento integro. (Figuras No. 18 y 19).

La deceleración es traslación de energía revertida; el lanzador baja los brazos, desde la punta de los dedos de la mano al torso, hasta las piernas y el pie de la pierna posterior: **todo se frena**, con el potencial peligro *de que la mayor cantidad de energía se le imprimió a la bola para su desplazamiento*, por lo que hay que revertir la que no se imprimió a la bola; *hay mucho en este corto estallido de actividad física*. Como mismo ocurrió en la aceleración tiene que ocurrir en la deceleración, pero en sentido inverso cumpliendo el mismo precepto; primero deceleran los planos más fuertes y lentos, y estos ayudan a decelerar los planos más débiles y rápidos (sujetos éstos últimos potencialmente a la mayor cantidad de lesiones).

“Todos los lanzadores poseen diferentes estilos de lanzamientos; pero la secuencia de músculos usados es *biomecánicamente la misma*” (Doria, 2003).

Es necesario lograr una equivalencia de fuerza; *que la fuerza de frenaje de la pierna de péndulo sea equivalente a la fuerza de impulso de la pierna de pivot*, de no ocurrir existirán deformaciones en el movimiento y gran peligro de potenciales lesiones en los planos superiores que son quienes deben realizar gran parte de la deceleración. (Ibidem, 2003). Estos movimientos nos permiten la eficiencia en la sucesión de las cadenas del movimiento preliminar, impulso inicial y movimientos finales, evitando al cuerpo posturas incorrectas, escape de fuerzas u obstrucción en la continuidad de la transmisión de energía de un plano muscular a otro, de un segmento del cuerpo a otro, y además, estar en condiciones de realizar la acción fundamental más potente con suma efectividad para entrar así en la fase de recuperación o movimientos finales sin riesgos potenciales de lesiones. (Ibidem, 2003).

Resumen biomecánico de las últimas tres sub fases integradas a la **Fase III FASE FINAL** de los movimientos. (Confeccionada por el autor para la investigación).

Objetivo Prioritario de la sub fase.	Propósito mecánico	Características biomecánicas presentes	Principios biomecánicos (imperantes del movimiento)	Posiciones críticas que debe observar el entrenador	Rasgo predominante.
Lograr todas las rotaciones con la mayor coordinación posible.	1. Rotación de la pelvis. 2. Rotación del torso superior. 3. Rotación externa del brazo.	- La velocidad angular necesaria en cada una de las rotaciones. - Desplazamiento - Duración. - Aceleración angular.	- Momento de Fuerza: $M(f) = Fr.$ - Impulso de Fuerza: $J = F \cdot \Delta t$	Realizar las rotaciones antes de que el pie de zancada haga contacto con el terreno.	La transmisión del movimiento.
Lograr la necesaria inclinación del tronco hacia delante, en correspondencia con la rodilla flexionada.	Inclinar el tronco hacia delante de acuerdo con el apoyo plantar del pie de péndulo y en correspondencia en grados con la rodilla que flexiona.	- Equilibrio. - Desplazamiento. - Duración (tiempo)	Condición de equilibrio: $\sum M_{Ext.} = 0$	Que no inclinen el tronco lo necesario hacia delante y que esta no guarde relación con la flexión de la pierna y pie de apoyo.	La transmisión del movimiento
Lograr la rotación externa del brazo y su posición de abducción horizontal.	Decelerar el brazo en la posición idónea.	- Desplazamiento rotacional ($\Delta\theta$) - Duración (tiempo) (Δt).	- Momento de Fuerza: $M(f) = Fr.$ - Impulso de Fuerza: $J = F \cdot \Delta t$	No llevar el brazo a la posición de abducción horizontal.	La transmisión del movimiento
Mantener firmeza con el apoyo plantar del pie, mientras el tronco se mantiene flexionado.	Frenar con el pie y pierna de péndulo el impulso logrado con la pierna de pivot.	- Fuerzas de frenaje; $F = ma.$ - Duración (tiempo) (Δt).	- Momento de Fuerza: $M(f) = Fr.$ - Impulso de Fuerza: $J = F \cdot \Delta t$	No lograr que el frenaje de la pierna de péndulo sea equivalente a la fuerza de impulso lograda por la pierna de péndulo.	La transmisión del movimiento

4.1.2 Estudio funcional de los tres componentes del cuerpo humano; (huesos, articulaciones y músculos).

Este análisis funcional del movimiento tiene como finalidad establecer las condiciones biológicas en que se ejecuta el lanzamiento. Por la importancia que poseen, debe darse preferencia al esqueleto de las extremidades superiores (excluyendo la cintura torácica), ya que los huesos que la integran son los de mayor actividad durante las diferentes sub fases del pitcheo y, con los que mayor cuidado debe trabajarse en la biomecánica del lanzamiento por ser los más propensos a lesionarse.

– Dar preferencias a las **cadena óseas**; todos los huesos (14) que integran dicho esqueleto. Como funcionan cada uno de ellos aislada y conjuntamente, así como las funciones que realizan en el lanzamiento.

En segundo lugar; **las articulaciones**, su estudio funcional para definir cada centro de movimiento que se pone en juego; *ejes de rotación, posibilidades de movimiento y, finalmente la movilización que se realiza en cada caso estudiado*. Las Tablas: [(2; a, b, c, d, e), (3; a, b, c, d, e), (4; a, b, c, d), y (5; a, b)] nos muestran en forma de cuadro las **articulaciones** que intervienen según los segmentos del cuerpo y, el eje y el plano en que se mueven, en cada una de las fases del pitcheo.

– Dar preferencias a la *articulación del codo* ya que constituye una relación articular, donde funcionalmente encontramos tres articulaciones con una cápsula común. Relación; *húmero-cubito-radio* y las articulaciones que conforman. (Figuras No. 37a y 37b).

– Por último **la actividad muscular**, cuya interpretación en opinión de este autor ocupa un lugar muy importante en este análisis, y es necesario abordar de manera sistemática sus diversos componentes. Nos acogemos al formato de analizarla adaptada a cada una de las fases y sub fases del pitcheo que hemos conformado para el presente estudio.

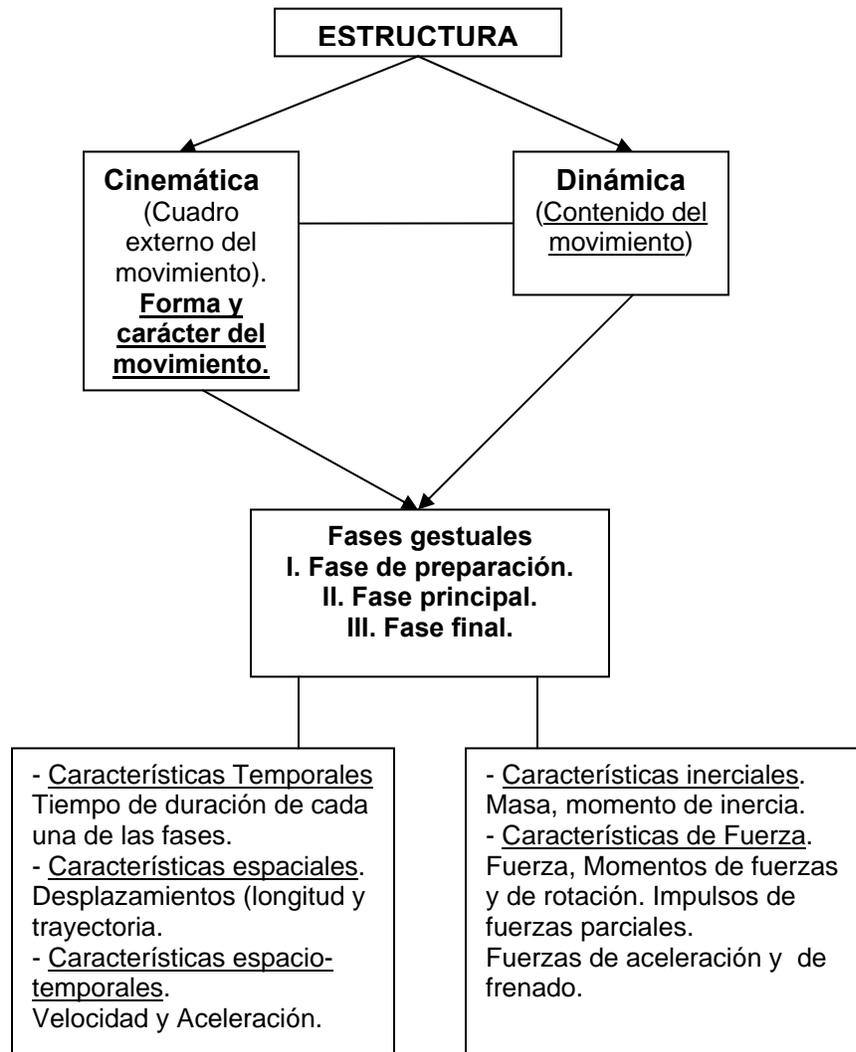
4.1.3. Análisis mecánico de los elementos presentes en los movimientos; (estudio mecánico y análisis de la trayectoria).

Este tercer paso de la metodología tiene su apoyo y sostén fundamental en el *estudio fotogramétrico 3D lateral del lanzador*, ya que nos da la oportunidad de calcular; *posiciones, trayectorias, velocidades y aceleraciones de puntos y segmentos corporales*, muy interrelacionadas con las características biomecánicas de los movimientos.

Al investigar los movimientos del hombre, se miden los indicadores cuantitativos de su estado mecánico y de la función motora de su cuerpo, y los indicadores cuantitativos de los movimientos mismos, es decir, se registran las *características biomecánicas* del cuerpo. El autor comparte la opinión de los autores Donskoi-Zatsioski, 1988, referente a: «las características biomecánicas describen el cuerpo humano como un objeto del movimiento mecánico». Aunque las características aplicadas en el análisis aparecen desglosadas en el estudio fotogramétrico 3D lateral del lanzador, así como también en las tablas resúmenes de la biomecánica (epígrafe 4.1.1), realizaremos un cuadro de cómo nos auxiliamos de las mismas para la presente investigación.

Como ya hemos explicado en apartados anteriores de la investigación, el autor coincide con la subdivisión propuesta por Grosser, Hermann, Tusker y Zintl, 1991, que el movimiento deportivo se subdivide inductivamente según su transcurso espacio-temporal. Con ello se comprende una *estructura básica*, que según Meinel, 1977 es *trifásica*: fase preparatoria – fase principal – fase final. El orden de estas tres fases no es reversible y existen determinadas interrelaciones.

Este autor considera que en el caso de los lanzamientos en el béisbol, el elemento más decisivo es el enlace de la «deceleración del movimiento» al culminar la fase final, como consecuencia de la «inversión del movimiento» al tener que esparcir por todo el cuerpo la energía que no se le aplicó a la bola y poseer un reducido espacio de deceleración.



4.1.3.1 Ejercicios biomecánicos correctivos de una mecánica de movimiento incorrecta, detectada en las primeras evaluaciones (pretest) a la muestra investigada.

En la semana número 22 de entrenamiento (Ver Tabla No. 43) se realizaron las segundas filmaciones evaluativas (postest) de los 35 parámetros biomecánicos establecidos para el movimiento del pitcheo, (Tabla No. 13), luego de 16 semanas de estar aplicando la variable independiente (*grupos de ejercicios correctivos fraccionados e ideo motores*). Los criterios de *validez* (interna y externa) así como de *generalización* aparecen en la (Tabla No. 56). Significamos que durante toda la etapa se mantuvo un estricto control de las variables ajenas, (Tabla No. 56) que podían influenciar en el experimento. Al someter a los 12 lanzadores de los grupos experimentales a la influencia del grupo de ejercicios ideados para una mecánica apropiada del pitcheo, (Tabla No. 48) y para garantizar realmente las relaciones *causa-efecto*, separamos las variables estudiadas de la influencia de otras variables no esenciales que pudieran interferir en los respectivos comportamientos. Fueron modificadas planificadamente la variación de diferentes condiciones, por ejemplo; *la descripción verbal por cada lanzador del movimiento; la retroalimentación escrita de la secuencia de cada fase del movimiento; y la ejecución a ciegas del movimiento en terreno llano*, o sea, poder determinar con la precisión requerida como los ejercicios contemplados en el *Análisis Biomecánico...* provocaba un desarrollo adecuado en cada postura para el lanzamiento, y por ende optimizar la mecánica del movimiento evitando las fatales lesiones.

**4.2 2da. EVALUACION DE PARAMETROS BIOMECANICOS DE RENDIMIENTO (POSTEST)
POR FASES DEL PITCHEO. (Diferencias significativas).**

- Categoría Juvenil (17-18): 2da. Evaluación. (Postest).

- Fase de Wind up:

El grupo "A": de un 49,16% en la primera evaluación (Tabla No. 16), incrementa sus resultados a un 75,83% (+26,67%), (Tabla No. 26). De 13 parámetros evaluados de mal y 11 de regular, se evalúan: 2 de MB, 15 de B y 7 de R, (Tabla No. 26). De todas las fases evaluadas es la de mayor incremento, aspecto muy positivo para el desarrollo de la investigación ya que constituyen los movimientos base-iniciales de todo el lanzamiento, muy difíciles por no decir imposibles de corregir cuando se comienzan con grandes deficiencias. Los parámetros que más incrementan sus resultados son: los números 1, 3 y 4 (+8 puntos), (Tabla No. 24).

El grupo "B": de un 43,33% incrementa su rendimiento en (+4,17%) llegando a 47,50%. De 20 parámetros evaluados de mal en el pretest, bajan a 15, y de 4 evaluados de R ascienden a 9. 5 parámetros pasan de M a R, (Tabla No. 54). *La diferencia entre el incremento del grupo "A" y del grupo "B" es de 28,33%.*

- Fase de Zancada:

El grupo "A": incrementa sus resultados en +26,0% (de 46,66% a 72,66%), (Tabla No. 26). De 21 parámetros evaluados de M en el pretest se quedan en uno sólo. Los parámetros que más incrementan sus resultados son: los números 2 (+9p), 1 y 4 (+8p), (Tabla No. 24), lo cual es considerado por el autor como muy significativo dada la importancia y responsabilidad que estos tres parámetros poseen en ésta e implican en posteriores fases, (Tabla No. 13).

El grupo "B": de un 46,66% *decrece* su rendimiento al 44,66%, (-2%), dado por dos parámetros más evaluados de mal en comparación con el pretest, 2 menos de regular y 1 menos de bien. Los parámetros con más incidencias negativas y dificultades son: los números 2 (-6 puntos), 3 (-3p), y 4 (-3p). (Tabla No. 20 b). Somos del criterio que independientemente este grupo ser de los

considerados grupo de control, existen deficiencias en el entrenamiento normal de los mismos de consideración, lo cual es necesario analizar en el trabajo conjunto biomecánico-entrenadores. *La diferencia entre el incremento del grupo "A" y el decrecimiento del grupo "B" es de 28,0%.*

- **Fase del brazo levantado:**

El grupo "A": de un rendimiento de 46,0% en el pretest (Tabla No. 16), incrementa sus resultados a un 68,0%, (+22,0%). De 21 parámetros evaluados de M y 9 de R, pasan a uno evaluado de M, 17 de R, 11 de B y uno de MB, (Tabla No. 26). Los incrementos más significativos se logran en los parámetros números; 4 (+10p), 5 (+6p), 1 y 2 (+4p). Señalamos como muy significativo el incremento en 10 puntos del parámetro # 4; *rotación del torso superior, la aceleración de piernas, caderas y tronco (# 1) y el encorvamiento del tobillo del pie de pivot al dejar el contacto con la goma (# 2).* (Tabla No. 24). Aún presenta dificultades un parámetro sumamente importante; *rotación externa del brazo (# 5).*

El grupo "B": de un 43,33% en el pretest incrementa sus resultados en un +1,33%, llegando a un 44,66%, (Tabla No. 54). Continúan como críticos los parámetros números; 4 y 5, (Tabla No. 50) y sumamente crítico el número 3, parámetro muy importante y decisivo en esta fase. Es altamente significativa la diferencia en el rendimiento del parámetro # 3 en ambos grupos. En el grupo "A" (4 evaluados de R y 2 de B), en el grupo "B" (6 evaluados de M). *La diferencia entre el incremento del grupo "A" y la del grupo "B" es de un 23,34%.*

- **Fase de aceleración del brazo:**

El grupo "A": incrementa sus resultados en un (+20,11%), de un 46,46% en el pretest a un 66,77% en el posttest, (Tablas Nos, 16 y 26). Aunque es la fase en que menos incrementa el grupo "A" juvenil de las seis evaluadas entre el pretest y posttest, es considerable y de gran importancia por los parámetros específicos que mejora, por ejemplo: los números 2, 5, 6 y 8 los incrementa

notablemente, (Tablas Nos. 20 a y 24), significando la mejoría en los números 5 y 8 (Tabla No. 13) para una optimización de la mecánica de lanzamiento.

El grupo "B": de un 46,66% en el pretest desciende sus resultados a un 45,55%, (-1,11%), (Tablas Nos. 16 y 54). Decrecen sus resultados los parámetros números 1 y 5, manteniéndose muy críticos los números 6, 8 y 9, (Tablas Nos. 20 b y 50). Este grupo de lanzadores pertenecientes al grupo de control, mantuvo las mismas deficiencias durante todo el entrenamiento sin ninguna mejoría en la fase de forma general. *La diferencia entre el incremento del grupo "A" y decrecimiento del grupo "B" es de un 21,22%.*

- Fase de deceleración del brazo:

El grupo "A": al cual se le catalogó esta fase como de *muy crítica* en el pretest, (43,33%), incrementa sus resultados a un 68,33%, (+25,0%), (Tablas Nos. 16 y 26)); de 30 parámetros evaluados de mal y 6 de regular varía de forma ascendente a 21 parámetros evaluados R y 15 de B. Ningún parámetro se evalúa de M y (de ninguno evaluado de B en el pretest) 15 se evalúan de B en el posttest. Los parámetros que más incrementan sus resultados son los números; 1, 2, 3 y 5, (Tablas Nos. 20 a y 24). El autor considera necesario significar la importancia de la mejoría tan notable de los parámetros números 1 y 2 (Ver Tabla No. 13), dada la importancia que poseen ambos para una correcta deceleración del brazo y evitar potenciales lesiones. En el estudio biomecánico del pitcheo se consideran como dos de los parámetros que más exigencias necesitan desde la óptica del campo de la cinemática para ser cumplidos.

El grupo "B": evaluado como crítico en el pretest (42,22%); 32 parámetros evaluados de mal y 4 de regular, (Tabla No. 16), incrementa sólo un +2,22%, (Tabla No. 54), disminuyendo en dos los parámetros evaluados de mal y aumentando en dos los evaluados de regular. Continúan como críticos los parámetros números 1, 2, 4 y 6, (Tabla No. 50). El autor considera necesario significar una vez más la importancia de estos parámetros en los que a optimización mecánica del

lanzamiento se refiere; los investigadores: médicos, fisioterapeutas, biomecánicos, etc., consideran estas dos últimas fases como las de mayores incidencias en las lesiones de los lanzadores, sobre todo en las edades de iniciación deportiva. Reiteramos lo señalado para esta fase en las páginas 83 y 84 de este Capítulo. *La diferencia entre el incremento del grupo "A" y decrecimiento del grupo "B" es de un 23,89%.*

- **Fase de seguimiento del lanzamiento:**

El grupo "A": incrementa sus resultados en +24,45%, (de un 43,88% a un 68,33%), (Tablas Nos. 16 y 26). Los parámetros más notables en este incremento son los números; 6, 3 y 5, (Tablas Nos. 20 a y 24). Es de nuestro criterio resaltar los resultados evaluativos de parámetros tan importantes como el # 6, donde todos los lanzadores son evaluados de B, y el # 3 donde 4 lanzadores son evaluados de B y 2 de R, (Tabla No. 24). La interrelación entre estos parámetros es tan directa y proporcional que; *a mayor extensión de la rodilla delantera; mayor espacio o área de recorrido del brazo para decelerar.* La importancia de estos dos parámetros aparece reflejada en las páginas 85 y 86 de este Capítulo III.

El grupo "B": con resultados en el pretest sumamente críticos; 42,77%, 31 parámetros evaluados de mal y 5 de regular, (Tabla No. 16), incrementa sus resultados a un 45,0%, (+2,23%) con 27 parámetros evaluados de mal y 9 de regular en el posttest. Solo mejoran al transferir 2 lanzadores el parámetro # 1 de mal a regular, y 2 lanzadores el parámetro # 3 de mal a regular, (Tablas Nos. 20 b y 50). Continúan críticos parámetros tan importantes como los números 2, 4 y 5 donde "todos los lanzadores" son evaluados de mal, (Tabla No. 50). Reiteramos lo señalado en las páginas 85, 86 y 1er. Párrafo de la 87 para esta fase en este Capítulo III. *La diferencia entre el incremento del grupo "A" y decrecimiento del grupo "B" es de un 23,33%.*

- Categoría 15-16: 2da. Evaluación. (Postest).

- Fase de Wind up:

El grupo "A": evaluado de mal en esta fase en el pretest, 47,5%, con 15 parámetros evaluados de mal y 9 de regular, (Tabla No. 19), incrementan sus resultados en **+21,66%**, con 13 parámetros evaluados de R, 11 de B y ninguno de M, para un 69,16%. Los parámetros que más incrementan son los números 2, 3, 1 y 4, (Tabla No. 23). El autor considera necesario significar la mejoría en los parámetros # 2 y 1 por lo que estos representan a partir de las exigencias biomecánicas para los movimientos del pitcheo, con mayor relevancia en estas edades. Es de señalar que de 10 puntos repartidos entre los parámetros 1 y 2 a los seis lanzadores de la muestra; total 60 puntos, éstos obtienen 43 puntos; es decir de 120 puntos posibles a obtener, obtienen 83 puntos; 69,16% de aprobados, por que evaluamos esta fase de **bien**.

El grupo "B": que había presentado serias dificultades en el pretest (46,66%), incrementan sus resultados hasta un 50,0%, (**+3,34%**), (Tabla No. 54). Continúan críticos los parámetros números 1, 2 y 3, (Tabla No. 52), siendo muy significativo de forma negativa el comportamiento del 1 y el 2, todo lo contrario al comportamiento del grupo "A" detallado con anterioridad. Este autor considera una vez más, que con el entrenamiento normal y no especializado, el lanzador no se apropia de la mecánica de lanzamiento óptima. Esta fase para este grupo se evalúa de **mal**. *La diferencia entre el incremento del grupo "A" y decrecimiento del grupo "B" es de un 19,16%*.

- Fase de Zancada:

El grupo "A": de un 45,33% de aprobados en el pretest, (Tabla No. 19), incrementa sus resultados en (**+16,0%**) al ser evaluados para un 61,33%, (Tabla No. 26), aunque debemos significar que los resultados aún no son buenos. Los parámetros que más incrementan son los números 4 (+4p), 3(+2p) y 2 (+1p), (Tabla No. 52). El número 5 se mantiene crítico a pesar de su relación con el # 2, aspecto este bien señalado en el 2do. Párrafo de la página 88 de este Capítulo

III. El comportamiento del parámetro # 6 para este grupo será muy tenido en cuenta en las recomendaciones dada la importancia que posee y lo crítico de su situación.

El grupo "B": aunque presenta un ligero aumento, (+6,66%), de un 44,0% en el pretest a un 50,66% en el posttest, (Tablas Nos. 19 y 54). Los parámetros que incrementan son los números 4 y 3 (+3p), 1 y 2 (+2p), (Tabla No. 52). Se mantiene como muy crítico el número 5, aspecto este al que habrá que dedicarle mayores consideraciones dada la importancia desde la concepción biomecánica del lanzamiento para el pitcheo. La posición de **T-flexionada** reviste una gran importancia por su implicación en el reforzamiento del lanzamiento. *La diferencia entre el incremento del grupo "A" y decrecimiento del grupo "B" es de un 10,67%.*

- Fase del brazo levantado:

El grupo "A": de un 44,66% en el pretest a un 58,0% en el posttest, incrementa sus resultados en un (+13,34%), (Tablas Nos. 19 y 26). Aunque existe incremento es del criterio del autor que el 58,0% no refleja realmente el trabajo de estos jóvenes lanzadores del grupo. Al analizar por parámetro observamos que sólo existen tres lanzadores evaluados de B, dos en el parámetro # 1 y uno en el parámetro # 2; los parámetros números 3, 4 y 5: *las rotaciones*, no tienen a ningún lanzador evaluado de B, por el contrario; 5 lanzadores se evalúan de M, (Tabla No. 25). En la página 90 significamos la dependencia de las rotaciones: (pelvis, torso superior y externa del brazo) del parámetro # 5 de la fase de zancada, y el peligro que representa para el brazo por las sobrecargas a que se somete. En las (decisiones 3), (Tabla No. ___) tomadas de conjunto por el complejo; investigador biomecánico-entrenadores, tendremos muy en cuenta el comportamiento de estos tres parámetros y las vías de solución dada la gran importancia que poseen.

El grupo "B": de un 43,33% en el pretest, realiza un pequeño incremento hasta un 47,33%, (+4,0%) en el posttest, (Tablas Nos. 19 y 54). Continúan como muy críticos los parámetros números 5, 4 y 3, incrementando el parámetro # 2 (+4p), (Tabla No. 52); seis parámetros pasan de

mal a regular. La diferencia con el grupo "B" juvenil es de (+2,67%), (Tabla No. 54). Hacemos válida la misma significación que realizamos con los parámetros números 5, 4 y 3 para el grupo anterior (experimental), con la salvedad de que este último fue sometido a la acción de la variable independiente (grupos de ejercicios fraccionados e ideo motores). *La diferencia entre el incremento del grupo "A" y decrecimiento del grupo "B" es de un 10,67%.*

El grupo "A": de un 45,18% en el pretest, elevan su rendimiento a un 58,88% (Tabla No. 26), +13,62%. Los parámetros que más incrementan son; los números 1(+3p), 2, 3, 4, 5, 6 y 7(+4p), 8 y 9 (+5p). El autor considera que es estimulante y significativo observar que parámetros como los números 8 y 9 se incrementan en 5 puntos, al igual que los números que incrementan 4 puntos, por lo que ellos representan para el movimiento íntegro del pitcheo, (Tablas No. 21 a y 25). Aunque el incremento no es tan grande como el del grupo A juvenil (+20,11%), somos del criterio que el adelanto es grande en una fase tan difícil y decisiva como esta.

El grupo "B": de un discreto 41,85% (Tabla No. 19) en el pretest, incrementa a un 48,14% (Tabla No. 54), (+6,29%), lo que estimamos no del todo malo para un grupo de control. Los parámetros que aún muestran grandes deficiencias son; los números 3 (-3p), 5 y 8 se mantienen igual y 9 (+1p). Es significativo que parámetros como los números 3, 5, 8 y 9 dada la importancia que poseen, se comporten aún con tan grandes deficiencias, aspecto que resalta más aún el buen comportamiento y adelanto del grupo experimental para esta fase.

La diferencia entre el incremento del grupo "A" y decrecimiento del grupo "B" es de un 10,74%.

- **Fase de deceleración del brazo:**

El grupo "A": de un 42,22% (Tabla No. 19) incrementa sus resultados en +17,83%, a un 60,55% (Tabla No. 26). Aunque todavía sus resultados podemos catalogarlos de discretos y pueden incrementarse mucho más sus rendimientos, los parámetros se comportan de la siguiente forma: incrementan los números 1 y 4 (+6p), 3 y 6 (+5p) y 5 (+7p), (Tabla No. 25). Es de considerar que

parámetros tan importantes como los números 4, 1, 6 y 7 incrementen tanto sus rendimientos en aras de alcanzar una mecánica óptima del movimiento íntegro de la acción motora del pitcheo.

El grupo "B": de un 41,11% (34 parámetros evaluados de mal y 2 de regular), (Tabla No. 19), incrementa sus resultados a

un 46,66%, (Tabla No. 54), (+5,55%), por lo que continua el comportamiento siendo crítico. Los parámetros con mayores dificultades continúan siendo, los números 4, 4, 1 y 2 (Tabla No. 52). Debemos significar que los parámetros antes señalados son los más importantes a cumplir en esta fase, para asegurar que no exista una lesión en cualquiera de los músculos más pequeños del brazo (Ver Tabla No. 5 b) al decelerar el movimiento. Recalamos lo mismo que en el pretest (página 92) de este Capítulo III.

La diferencia entre el grupo "A" y grupo "B" para esta fase es de 13,89%.

- Fase de seguimiento del lanzamiento:

El grupo "A": de un 42,77% (31 parámetros evaluados de mal y 5 de regular), (Tabla No. 19), incrementa sus resultados en un +18,34% (ningún parámetro evaluado de mal, 34 de regular y 2 de bien), (Tabla No. 26). Esta fase en plena correspondencia con la anterior constituyen las llamadas fases críticas por los investigadores biomecánicos, (Dillman y col, 1991; Dapena-Feltner, 1986; Fleisig y col, 1998) donde se registran la mayor cantidad de lesiones en los reportes de investigaciones realizadas, *al tratar de obviar prácticamente la fase sobre todo en jóvenes lanzadores*. Parámetros tan importantes como los números 3 (+7p), 6 (+6p) y 1, 2, 4 y 5 (+5p), (Tabla No. 21 a y 25) denotan un avance significativo de este grupo en esta fase. Es digno de señalar por su comportamiento el parámetro # 3, al igual que el # 6, # 2 y # 5 (Tabla No. 13). Se observan diferencias muy significativas en esta fase entre el pretest y el postest.

El grupo "B": logra un 50,55% en este postest, para un +7,78%, (Tabla No. 54) desde un 42,77% en el pretest, (Tabla No. 19). Aunque logran un pequeño incremento se evalúa la fase de *crítica*

por las implicaciones que conllevan sus resultados. Continúan críticos los parámetros números 2, 4 y 5, (Tabla No. 52) con grandes dificultades en el resto de ellos. Ratificamos lo registrado en las encuestas (Anexo No. 19), (Tablas No. 37, 38, 39 y 46) y detectado en ambas evaluaciones.

Como hemos podido apreciar los ejercicios correctivos aplicados a ambos grupos experimentales han dado como resultado un mejoramiento considerable en la mecánica de los movimientos, lo que reafirma que los mismos son propios para obtener movimientos óptimos y preservar los brazos de futuras lesiones.

– **Discusión de los resultados y conclusiones.**

Esta última etapa de la Metodología está orientada al análisis de todos los resultados obtenidos a través del experimento, tomando decisiones el grupo de trabajo que una vez estudiadas y analizadas, sirvieran de base metodológica al extrapolar los resultados, así como para otras investigaciones relacionadas con los lanzamientos. El autor considera necesario señalar que durante todo el experimento se tomaron en tres momentos decisivos del mismo; *tres grandes grupos de decisiones*, en las cuales están incluidas la *Metodología para el análisis y control de la optimización técnica* de los lanzamientos, la cual fue orientada de la siguiente forma:

- **1er. Grupo de Decisiones:** después de realizar las primeras evaluaciones (pretest), 6ta. Semana de entrenamiento. Entre el martes 9 y el sábado 13 de Octubre del 2001. (Tabla No. 47)
- **2do. Grupo de Decisiones:** después de realizar el estudio biodinámico, semana 14 del entrenamiento y semana 8 de aplicación de los ejercicios correctivos. Entre el martes 4 y el sábado 8 de Diciembre del 2001. (Tabla No. 55).
- **3er. Grupo de Decisiones:** después de realizar las segundas evaluaciones (postest). Semana 18 del entrenamiento (período competitivo), finalizado ya los ejercicios correctivos. Entre el martes 12 y el sábado 16 de Febrero del 2002. (Tabla No. 57).

Las causas por las cuales introducimos la *Metodología...* de esta forma, es el grado de aplicación que se les demostraba a los entrenadores, al ir introduciendo partes de la misma a medida que avanzaba la investigación, y que fueran comprobando y validando en la práctica los resultados de esta. No obstante, desarrollamos a continuación el diseño de nuestra *Metodología*.

4.3 DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS BIOMECÁNICO Y CONTROL DE LA OPTIMIZACIÓN TÉCNICA DE LOS LANZAMIENTOS DE ESCOLARES Y JUVENILES EN EL BÉISBOL.

FASES PRINCIPALES DEL MOVIMIENTO, más fases biomecánicas para el análisis de los movimientos.	TAREAS A EJECUTAR	ORIENTACIONES METODOLÓGICAS
<p><u>FASE I: FASE DE PREPARACIÓN:</u> <u>Equilibrio-Dirección,</u> en la sub fase de Wind Up. (Considerado desde el primer movimiento hasta que las manos se separan).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar ejercicios de fortalecimiento de la pierna de pivot, pivoteando el pie con el apoyo de todo el metatarso; primero en terreno llano y cuando domine la parada, subir al montículo. 2. Facilitar la comprensión de la alineación de la cabeza-centro de gravedad del cuerpo-pie de pivot; corregir la postura de los lanzadores sistemáticamente trabajando en terreno llano, pasando al montículo cuando se domine la posición; filmar la parada de cada lanzador y analizarla de forma conjunta, tomar medidas en cada caso. 3. Los lanzadores deben de llegar a sentir y dominar todo el peso de su cuerpo sobre la pierna de pivot. 4. Tomar el tiempo de la flexión de la pierna de pivot y su completa coordinación con la bajada de las manos para separarse; no debe durar menos de 2 segundos. 5. Filmar de frente y de lado la posición de parada y discutirla individual y 	<ul style="list-style-type: none"> - Es necesario que trabajen con el apoyo plantar; que en todo momento apoyen el metatarso de ambos pies, repartiendo el peso entre estos. - Desde las primeras sesiones de entrenamiento trabajar con la alineación cabeza – CGC – pie de pivot; 1^o en terreno llano hasta lograr la perfecta alineación. 2^{do} en el montículo con lanzamientos de imitación y 3^o en el montículo con lanzamientos reales. - Debe tratarse de lograr que la parada (sobre el pie de pivot) debe realizarse en completa alineación; la pierna en su máxima altura y los brazos al frente y cerca del cuerpo para no perder energía concentrada alrededor del CGC; la rodilla posterior firme y ligeramente flexionada. - El apoyo de la pierna de pivot debe garantizar el incremento de la tensión del músculo de apoyo

<p>FASE I: FASE DE PREPARACIÓN: <u>Equilibrio-Dirección</u>, en la sub fase de Wind Up. (Considerado desde el primer movimiento hasta que las manos se separan).</p>	<p>colectivamente con los lanzadores.</p> <p>6. Tomar el tiempo de esta primera fase, exigiéndose que esta transcurra entre 2 y 2,5 segundos, nunca menos de 2 segundos.</p>	<p>(incremento de la fuerza de tracción) $\Delta F'$ y $\Delta F''$) provocando esta última la aceleración de los miembros móviles (+ a) dirigida hacia arriba.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Debe controlarse en todo momento el firme apoyo de la pierna de pivot de manera que la fuerza de inercia no equivalente (F_{in}) dirigida hacia abajo y aplicada al punto superior de las no contrarreste (+ a), y condicione la aproximación la componente dinámica de la reacción de apoyo (R_{din}). - No permitir el colapso (desplome); su rodilla elevada debe comenzar a bajar antes de moverse hacia el home plate, manteniendo la pierna pivot su flexibilidad para estabilizar el lanzamiento hacia el home plate. Las manos deben mantenerse juntas hasta que el cuerpo comience su caída. (Medir cronometrada el tiempo de esta fase; el cual debe estar entre 2 y 2,2 segundos) - Al filmarse los movimientos de la parada, tanto en la posición de frente como de lado, los lanzadores deben de estudiar su propia imagen del movimiento e irse comparando con patrones técnicos deseados.
<p>FASE I I: FASE PRINCIPAL: <u>Transferencia de peso (Energía)-Engaño</u>; en las sub fases de Zancada y Brazo levantado.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Garantizar el empuje desde el metatarso del pie de pivot hasta el metatarso del pie de contacto. 2. Controlar las rotaciones del torso superior; pelvis y externa del brazo, que no se produzcan hasta que el pie de contacto esté firme. 3. Insistir constantemente en la abducción de ambos brazos entre 80° y 100° de manera que ambos codos sean una línea recta que atraviese los dos hombros (Figura IV, k, i, m). (Postura de T - flexionada). 4. Exigir que el pie de contacto esté en línea recta con el home plate. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dado que la aceleración del cuerpo la ubicamos en el eje (y); $\bar{a}_y = \bar{F}_{mg} - \frac{\bar{G}}{m}$ es imprescindible contrarrestar el efecto de G por lo tanto: <ul style="list-style-type: none"> - Se debe acentuar el entrenamiento de la resistencia específica de; pie y pierna de pivot, tronco, hombros y cabeza. - Se deben de realizar filmaciones sucesivas de las paradas (Fig. No. 1) y zancadas, cronometrando el tiempo de

	<p>5. Realizar filmaciones sucesivas de esta fase: 1^o en terreno llano y cuando sea dominado pasar al montículo (seguir al pie de la letra los ejercicios designados al respecto). 2^o cronometrar el tiempo de esta fase, que debe durar entre 0,10 y 0,115; nunca menos.</p> <p>6. Analizar y discutir, apoyado en las filmaciones la partitura verbal de la zancada, enfatizando en la caída.</p> <p>7. Exigir la relación angular del tronco y rodilla flexionada; (rodilla entre 30° y 40°), (tronco entre 45° y 55°). Utilizar la filmación de la fase para ello y corregir constantemente.</p> <p>8. Controlar que la aceleración fluya desde el pie de pivot y se esparza a través del tronco al brazo; debe insistirse en que la (F_{Remp}) sea mayor que la (F_{in}) (Fuerza de reacción de empuje mayor que la fuerza de inercia).</p> <p>9. Exigir cuidadosamente y en secuencia; la rotación interna del hombro, la extensión del codo con el brazo en rotación externa. (Utilizar las filmaciones en cámara lenta y debatir con los lanzadores) (Ver Figura No. IV k hasta t).</p> <p>10. Atender la posición de la cabeza (sobre el CGC).</p>	<p>estas dos fases por separadas y juntas: (la primera entre 2 y 2,2 segundos); (la segunda entre 4,9 y 5,1 segundos).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es necesario exigir que el brazo de lanzar sea llevado en abducción y rote externamente. - Es necesario exigir que la zancada se realice en línea recta al home plate (direccional) extrayendo la mayor cantidad de Energía Cinética posible en la misma, así como Energía Elástica en el estiramiento. - Debe entrenarse el estiramiento para la zancada de manera que esta se realice de acuerdo con su estatura (con un poco más en casos de lanzadores más flexibles). - Es necesario mantener el nivel de los ojos con el horizonte (cara del receptor). - Es muy necesario el debate de filmaciones y la comparación de los lanzadores con patrones técnicos a imitar en esta fase.
<p>FASE III: FASE FINAL: Energía de traslación- Lanzamiento- Aceleración- Deceleración; en las subfases de Aceleración, Deceleración del brazo y Seguimiento del Lanzamiento.</p>	<p>1. Seguir atentamente la rotación interna y máxima extensión del brazo, así como la máxima extensión del codo.</p> <p>2. Atender la abducción horizontal del hombro (Utilizar las filmaciones en cámara lenta y debatir con los lanzadores).</p> <p>3. Cronometrar el tiempo en que debe comenzar esta fase; aproximadamente a los 7", 4 segundos de iniciado el Wind – Up (y terminar 0,04 / 0,05 segundos después). Repetir el movimiento hasta alcanzar el ritmo requerido.</p> <p>4. Vigilar atentamente la deceleración de los grandes músculos primero; subescapulares y latissimus, tríceps y teres pronador y trapecios; y los pequeños músculos después.</p> <p>5. Evaluar mediante filmación el punto específico de liberación de la bola.</p> <p>6. Cronometrar el tiempo promedio en que comienzan esta fase, desde el wind up,</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Debe evaluarse mediante filmación y estudiarse con detenimiento el punto específico de liberación de la bola. Pueden constituirse las curvas (v-t) de cada lanzador. - Es necesario cronometrar el tiempo promedio en que comienzan esta fase, desde el wind up, nunca antes de los 7,14 segundos, entre 7,14 y 7,18 segundos. Gradualmente irlos obligando al tiempo cinéticamente reglamentario para cada movimiento. - Debe observarse con rigurosidad extrema el cumplimiento de desacelerar los planos más fuertes y lentos primero (grandes grupos musculares) y los más pequeños después. De no hacerse así, las

	<p>nunca antes de los 7,14 segundos, entre 7,14 y 7,18 segundos.</p> <p>7. Observar el cumplimiento de desacelerar los planos más fuertes y lentos primero (grandes grupos musculares) y los más pequeños después.</p> <p>8. El pie de pivot no atravesará la línea media imaginaria entre el box y el home plate.</p> <p>9. La mayor fuerza de frenaje tiene que realizarla la pierna de péndulo, esto evita la deformación del movimiento.</p>	<p>posibilidades de lesiones son de un 95%.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es necesario velar que el pie de pivot no atravesase la línea media imaginaria entre el box y el home plate. - Debe prepararse al lanzador tanto física como mentalmente a que la mayor fuerza de frenaje tiene que realizarla la pierna de péndulo, esto evita la deformación del movimiento.
	<p>10. Exigir por la extensión de la rodilla delantera e inclinación del tronco hacia delante (Ver Figura No. IV v). Utilizando las filmaciones de video en cámara lenta, cronometrar la fase, esta debe durar entre 1 y 1,2 segundos.</p> <p>11. Incluir en los planes de entrenamiento individual la repetición del movimiento (fase terminal), donde la mano del lanzador derecho termine por debajo de la altura de la rodilla izquierda, y por debajo de la rodilla derecha para lanzadores zurdos.</p> <p>12. Cronometrar todo el movimiento, monitoreándolo con las filmaciones de video; no permitir nunca que termine antes de los 8,18 segundos. Debatir las filmaciones y compararlas con los patrones técnicos a imitar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se debe exigir la extensión de la rodilla delantera (del pie de péndulo), su flexión en correspondencia con la flexión del tronco. - Es necesario que el brazo en lanzamiento termine en completa abducción horizontal. - Se debe exigir la terminación de la mano; para el derecho tobillo izquierdo y para el zurdo tobillo derecho. - Es muy necesario cronometrar el tiempo total del movimiento; nunca debe ser menor de 8,18 segundos; oscilando entre 8,18 y 8,20 segundos.

V. CONCLUSIONES.

Los resultados que hemos obtenido en esta investigación consistente en *“la biomecánica del pitcheo en escolares y juveniles...”*, han logrado su fundamentación a lo largo de la valoración teórica y en análisis de la metodología propuesta que en la misma se ha presentado, lo cual permite arribar a las siguientes conclusiones.

1. Se comprueba que desde el comienzo de la implantación del Programa de Preparación del Deportista de Béisbol (Sistema Nacional de Enseñanza), se ha instalado un proceso con un buen propósito general, pero con grandes limitaciones en su contenido al no contar con una metodología para el análisis de los movimientos de los lanzadores y poder corregir los movimientos de una mecánica inapropiada, causante de tantas y graves lesiones.
2. El diagnóstico (pruebas de pretest) a partir de parámetros biomecánicos de evaluación, aportó información y conocimientos sobre las irregularidades cometidas al realizar los movimientos por los lanzadores escolares y juveniles, y las limitaciones presentadas por entrenadores y profesores al respecto para corregirlas.
3. El diseño metodológico evidencia la necesidad de la integración de las fases del análisis biomecánico a las fases tradicionales del pitcheo en las categorías escolares y juveniles, caracterizando el movimiento deportivo de los lanzadores según su transcurso *espacio-temporal*.
4. El diseño de la metodología para el análisis biomecánico de los movimientos de los lanzadores, se fundamentó en las normativas y exigencias técnicas de la Federación Cubana de Béisbol de Aficionados (INDER) que aparecen en el Programa de Preparación del Deportista (Sistema Nacional de Enseñanza), categorías escolares (15-16) y juvenil, en la medición de las variables cinemáticas y cinéticas de la biomecánica del pitcheo en cada una de las subfases de los movimientos del lanzador, y la base cognoscitiva que poseen los estudiantes.

5. El diseño metodológico, en su tercer paso; Análisis mecánico de los elementos presentes en los movimientos; (estudio mecánico y análisis de la trayectoria), propone la derivación de un método para llegar a un grupo de ejercicios correctivos de una mecánica del movimiento inapropiada, detectada al medirse las variables biomecánicas presentes en los movimientos, los cuales van dirigidos a perfeccionar y hacer óptimos los movimientos y prevenir las lastimosas lesiones en los brazos.

6. El complejo de ejercicios aplicados a los subgrupos experimentales de la muestra, y el incremento de los resultados de estos subgrupos evidencia que los mismos son propios de corregir una mecánica inapropiada de los movimientos, contribuyendo así a evitar las fatales lesiones en el brazo.

7. El diseño metodológico, en su tercer paso; aporta datos cuantitativos y cualitativos en base a cálculos cinemáticos y cinéticos, curvas características (v-t), etc., que permitirán a entrenadores y profesores trabajar con parámetros confiables y comparables con los límites fisiológicos del ejercicio, y conllevará a realizar una reflexión y por consiguiente una revisión de los métodos y medios del entrenamiento, contribuyendo a que el proceso enseñanza – aprendizaje que constituye el entrenamiento, no solo sea más humano, lógico y comprensible para todos, sino también ayudará a preservar los brazos de los jóvenes lanzadores de posibles lesiones.

II. Perspectivas de futuros trabajos de investigación.

En el tema de investigación de la Tesis quedan problemas por abordar, los cuales pueden constituir objetivos de futuras investigaciones, entre ellos podemos destacar:

– La interacción del lanzador con el apoyo, es decir, la función que realizan los miembros inferiores al interactuar con el apoyo en las diferentes fases del pitcheo.

- Las modificaciones del espacio de movimiento de la articulación escápulo humeral en relación con la frecuencia de lesiones en el hombro del lanzador.
- Las modificaciones angulares de la articulación del codo (tres articulaciones; *húmero cubital*, *húmero radial* y *radio cubital proximal* , con una cápsula común) que tienen responsabilidades diferenciadas entre ellas y que se relacionan con las fases del movimiento en cada caso.
- El análisis biomecánico del lanzamiento de la jabalina basado en la modelación mecánica y teniendo en cuenta el análisis factorial de las variables de mayor influencia en la técnica a desarrollar.

VI. RECOMENDACIONES.

Teniendo en consideración que los resultados del estudio realizado demuestran la importancia de la Metodología para el análisis y control de la optimización técnica de los movimientos del lanzador de béisbol, en escolares y juveniles, se hace necesario continuar un trabajo encaminado en una dirección principal; «*disminuir las lesiones en los brazos de los lanzadores de béisbol escolares y juveniles*», y en otras, que posibiliten ampliar, transmitir y reproducir los resultados obtenidos, en aras de su aplicación de manera generalizada y efectiva en todo el país.

Para ello, sugerimos tener en cuenta lo siguiente:

1. A partir de la Metodología presentada en las categorías escolares (15-16) y juveniles, ampliar el experimento a categorías escolares inferiores (11-12, 13-14) que anteceden a las estudiadas, y así crear una base metodológica de evaluación de los parámetros biomecánicos fundamentales y de mayor influencia en los movimientos de los lanzadores, que permita trabajar en función de corregir las incorrecciones detectadas en la realización de los movimientos.
2. Integrar al Programa de Preparación del Deportista (Sistema Nacional de Enseñanza), los parámetros biomecánicos de evaluación de los movimientos de los lanzadores, en el *control de los elementos técnicos*, de manera que profesores y entrenadores evalúen en sus respectivas categorías escolares y juveniles el constante desarrollo técnico de los lanzadores.
3. Integrar a los respectivos planes de entrenamientos de los lanzadores escolares y juveniles dosificadamente, el complejo de ejercicios correctivos de una mecánica inapropiada, como forma de prevenir las fatales y graves lesiones en los brazos.
4. Organizar cursos de postgrados, o de superación profesional donde se le impartan a profesores y entrenadores los aspectos técnicos y metodológicos aportados por el presente estudio, para que adecuadamente lo vayan aplicando en sus respectivas áreas.

5. Sugerir a la Comisión Integradora Nacional de la Carrera de Cultura Física, incluir dentro del contenido del deporte béisbol de la disciplina Didáctica del Deporte, los aspectos metodológicos aportados por esta investigación, teniendo en cuenta lo que esto puede representar para el futuro graduado de la carrera en su modo de actuación profesional.

5. Extender la Metodología para el análisis y control de la optimización técnica a otros deportes donde se pongan de manifiesto regularidades de la misma, y existan similitudes en sus fases de la mecánica de lanzamiento, como son: en *Atletismo (el lanzamiento de la jabalina)*, y *el Balonmano*, de manera que resuelvan problemas similares en estas ramas de la ciencia.

6. Analizar las posibilidades que brinda la Metodología para el análisis biomecánico, y el establecimiento de relaciones intermaterias con otras asignaturas de los subsistemas de enseñanza media y media superior, como: *física, biología humana, anatomía, etc.*

Glosario de términos:

- **Técnica motriz;** *Patrón ideal* de un movimiento correspondiente a la modalidad deportiva; aproximación o realización al movimiento ideal que se pretende a través del entrenamiento, es decir, el procedimiento de selección que culmina en la realización del movimiento óptimo del deportista. (Zatsiorski, V. M. 1990).
- **Biodinámica;** dentro de la **Biomecánica**, la rama que estudia la aclaración dinámica externa e interna mediante el análisis de los mecanismos.
- **Mecanismos;** sistema de miembros unidos recíprocamente y destinados a realizar una acción. En la actualidad se estudian tres tipos:
 1. Mecanismos que garantizan la conservación de la posición.
 2. Mecanismos que garantizan los movimientos en el lugar.
 3. Mecanismos que garantizan la locomoción.
- **Estructura dinámica:**
 - **De Fuerza:** Campo de las fuerzas externas aplicadas al cuerpo del deportista.
 - **Anatómica:** Campo de las fuerzas internas; sus propias fuerzas.
- **Análisis Biodinámico:** análisis de las interrelaciones entre las características de Fuerza e Inerciales; comparación de la acción de las fuerzas con la variación de los movimientos.
- **Estructura:** subdivisión de los movimientos deportivos en fases (procesos parciales), que cumplen diferentes funciones en relación al objetivo dentro de su transcurso total y que están relacionados entre sí.
- **Estructura de un sistema de movimientos:** son las leyes más formadas y determinadas por la interacción e interrelación de sus elementos (subsistemas).
- **Estilo:** forma o característica individual en que el deportista ejecuta la técnica para cumplir con la tarea motora.
- **Modelaje o Modelación:** acercamiento o imitación del movimiento realizado por un modelo ideal, cercano a la perfección. Puede realizarse bajo leyes o parámetros matemáticos o mediante parámetros controlables contra los cuales se compararán los registrados por la muestra investigada.
- **Características biomecánicas:** indicadores cuantitativos del estado mecánico y de la función motora del cuerpo del deportista, e indicadores cuantitativos de sus mismos movimientos.
- **Gestos:** lenguaje primitivo del movimiento.
- **Posturas:** posiciones determinadas que adopta el cuerpo del deportista en cualquiera de las fases en que se estructura el movimiento.
- **Imperante biomecánica:** características biomecánicas que regulan determinada fase del movimiento o el movimiento en general, que de no cumplirse, el movimiento realizado nunca será óptimo, y sus incorrecciones se convierten en potenciales lesiones.
- **Cualidades motoras:** son los aspectos cualitativamente diferentes de la motricidad humana.
- **Tarea motora:** el movimiento con condiciones rigurosamente definidas (parámetros) para su ejecución.

En la ciencia, se denomina *parámetro* a aquella magnitud variable que en las condiciones de una tarea concreta analizada se mantiene constante.

- **Patrón técnico a imitar:** patrón del movimiento técnico con una ejecución altamente perfeccionada, el cual debe utilizarse para la enseñanza y perfeccionamiento de un movimiento determinado.
- **Condiciones intrínsecas:** condiciones rigurosamente necesarias.
- **Líneas características:** líneas paramétricas registradas del movimiento del deportista que indican las particularidades peculiares de la realización del movimiento. Nos sirven para interpretar el estilo del deportista.
- **Método inverso de la biomecánica:** utilización de las ecuaciones inversas de la mecánica (cinemática, dinámica y estática) para el movimiento.
- **Tridimensional:** proyección realizada en tres dimensiones, o sea, ploteada entre tres ejes de coordenadas perpendiculares entre sí, los cuales pueden girar de acuerdo al sentido del movimiento.
- **Torque: (o fuerza de torsión); surge por la acción simultánea de dos o más fuerzas, que a la vez que aceleran, tuercen en su acción al segmento sobre el que actúan.**
- **Método gráfico-analítico:** método para determinar la posición del Centro de Gravedad del Cuerpo a partir de una fotografía o contornograma, utilizando los datos experimentales obtenidos por Braune y Fischer sobre las fuerzas de gravedad de los diferentes segmentos corporales y la situación del centro de gravedad de cada segmento corporal.
- **Esquema de posturas:** tipo de trazado que se obtiene al unir convenientemente los puntos de un cineciclograma y que nos representan las posturas adoptadas por el cuerpo del deportista en diferentes instantes del movimiento.
- **Digitalización:** proceso computarizado mediante el cual la computadora recibe las señales filmicas tomadas de los puntos de referencia (señalizaciones de los marcadores reflexivos) del cuerpo del deportista, convirtiéndolas en dígitos (mediante la tarjeta de vídeo) que inmediatamente son procesadas y computarizadas en diferentes datos para su estudio y análisis.
- **Marco de referencia inercial:** aquel que su origen de coordenadas no está sometido a aceleraciones, o sea, su velocidad es constante, pudiendo esta ser: igual a cero o distinta de cero, pero siempre constante.
- **Marco de referencia no inercial:** contrario a lo anterior, su origen de coordenadas está sometido a aceleraciones que varían su velocidad, por lo que nunca son constantes.
- **Vectores:** magnitudes físicas que además de su valor numérico tienen dirección y sentido para su determinación direccional y posicional.
- **Producto vectorial cruzado:** multiplicación de dos vectores, y su producto vectorial por un tercer vector.
- **Ploteo:** ubicación dentro del marco de coordenadas de un cuerpo, realizado a través de los datos obtenidos de una tabla de valores referenciados de una de las técnicas de registro utilizadas; ejemplo de una fotografía, de un contornograma, etc.
- **Perspectiva biomecánica:** observada, estudiada o analizada bajo los objetivos de investigación de la Biomecánica.
- **Centros geométricos:** centros de confluencia o de partida de varios segmentos o magnitudes vectoriales que nos indican, hacia donde rotan o se mueven determinadas partes del cuerpo.

- **Algoritmos de suavización:** diferentes medidas que se utilizan desde las perspectivas matemáticas para reducir o aumentar valores, muy grandes o muy pequeños, de manera que al analizarse con el resto de los datos puedan correlacionarse.
- **Mecanismos simples:** aquellos mecanismos que tienen por objeto equilibrar o desplazar una fuerza (*resistencia*) por medio de otra fuerza (*potencia*), mejorando la aplicación de esta última.
- **Energía mecánica:** medida del estado de un cuerpo en un instante determinado, caracterizado por su posibilidad de realizar trabajo mecánico.
- **Energía cinética:** **energía proveniente del resultado del** estado de movimiento de un cuerpo, definida como: *capacidad que tiene un cuerpo de realizar un trabajo mecánico en función de su estado de movimiento.*
- **Energía potencial:** **capacidad que tiene un cuerpo de realizar un trabajo mecánico, en función de su posición en el espacio; está determinada por la altura que posea el cuerpo en una posición determinada.**
- **Impulso mecánico:** variación de la fuerza ejercida por un cuerpo o segmento de este, sobre otro, en función del tiempo. El impulso mecánico ejercido por una fuerza, es a su vez, igual a la variación que experimenta su *cantidad de movimiento.*
- **Cadenas biocinemáticas:** sistema de segmentos parciales unidos mutuamente e interrelacionados por medio de articulaciones que forman un sistema móvil.
- **Fusiones interfásicas:** puntos imaginarios donde termina o comienza una fase, y que son necesarios fusionar para mayor comodidad al estudiar cada una de las fases en que se divide un movimiento.
- **Acción y Reacción:** 3ra. de las Leyes clásicas de la mecánica de Isaac Newton, se plantea que: *a toda fuerza de acción se opone una de reacción, de la misma magnitud, en la misma dirección; pero en sentido contrario.*
- **Dinamometría:** **parte de las técnicas de registro de la Biomecánica que se ocupa del estudio de las mediciones de forma directa de las acciones dinámicas de las diferentes fuerzas.**
- **Equilibrio:** posición o estado que pueden adoptar los cuerpos, en la cual las resultantes de las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo y las de sus momentos de fuerza, son igual a cero.
- **Deceleración o desaceleración:** **se dice que es la aceleración revertida. Parte del movimiento en que este deja de ser acelerado, o sea, las fuerzas de frenado son las predominantes en el mismo, o también; la relación de la variación de la velocidad entre la variación del tiempo, es menor que cero.**
- **Eje:** línea imaginaria sobre la que se mueve un cuerpo para su estudio, pero que está dado por la acción de la fuerza de gravedad sobre ese cuerpo en diferentes posiciones.
- **Plano:** posición que ocupa el cuerpo en el espacio de acuerdo a la vista que se aprecie de él en determinado momento.
- **Límite anatómico:** parámetro límite para determinadas partes de la anatomía del ser humano, que son de gran importancia conocer por cuanto al traspasarlos existen grandes posibilidades de que el atleta se lesione.
- **Masa del cuerpo:** medida de la manifestación de la *inercia del cuerpo* en el movimiento de traslación. Se mide por la reacción entre la magnitud de la fuerza aplicada y la aceleración provocada por ella: [$m = \frac{F}{a}$].

- **Fuerza**: medida de la acción mecánica de un cuerpo sobre otro. Numéricamente está determinada por el producto de la masa de cuerpo por la aceleración provocada por esta fuerza. 2da. Ley de Isaac Newton para la mecánica clásica: [$F = ma$].
- **Momentos de fuerza**: medida de la acción de rotación de una fuerza sobre un cuerpo. Se determina por el producto del módulo de la fuerza por el brazo de la misma.
- **Impulso de una fuerza**: medida de la acción de la fuerza sobre el cuerpo en un determinado intervalo de tiempo; (en el movimiento de rotación).
- **Impulso del momento de una fuerza**: medida de la acción del momento de una fuerza respecto a un eje durante un intervalo dado de tiempo; (en el momento de rotación).
- **Biomecánica**: ciencia de las leyes del movimiento mecánico en los sistemas vivos.
- **Biomecánica Deportiva**: disciplina docente de la rama de la Cultura Física, que estudia los movimientos del hombre en el proceso de los ejercicios físicos y del deporte. Además, analiza las acciones motoras del deportista como sistemas de movimientos activos recíprocamente relacionados: esto constituye su **objeto del conocimiento**. En este análisis se investigan las causas mecánicas y biológicas de los movimientos y las particularidades de las acciones motoras que dependen de ellas en las diferentes condiciones: esto constituye su **campo de estudio**.
- **Habilidad motora**: capacidad adquirida para ejecutar un movimiento.
- **Hábito motor**: la habilidad lo suficientemente dominada.