UNIVERSIDAD DE MATANZAS
“CAMILO CIENFUEGOS”
DEPARTAMENTO DE CULTURA FISICA Y SUPERACION DE ATLETAS

“Comportamiento de la longitud y la frecuencia del paso de los sprinters cubanos en el tramo 60-70.”

MONOGRAFIA

Autores: Lic. Rolando Suárez Febles.
Lic. Yanocci Enriquez Castillo.

Matanzas, 2006.

Resumen

El entrenamiento deportivo actual, depende en gran medida, de los aportes que le brinda la ciencia. Es por eso que en los últimos años se han desarrollado vertiginosamente las técnicas de filmación tridimensional, software y hardware aplicados al deporte. En el presente trabajo se aplica un novedoso y potente programa computarizado denominado HU-M-AN, con el objetivo de analizar biomecánicamente el comportamiento de los parámetros que determinan la técnica de carrera, en el tramo 60 - 70, de una prueba de 100 metros planos realizada a seis atletas de la selección nacional cubana de Atletismo; y de esa manera, brindarle a nuestros entrenadores y velocistas, una información objetiva de cuáles pueden ser los factores que están determinando los pobres resultados de esta disciplina en las últimas competiciones internacionales.

Introducción.

Nuestro país está ubicado por derecho propio entre las primeras potencias deportivas del mundo. Eso se debe a que después de enero de 1959, el deporte en Cuba experimentó un notable desarrollo, hasta alcanzar resultados solamente comparables con los obtenidos por países del primer mundo; dándose a conocer la calidad de nuestro movimiento deportivo en competiciones del más alto nivel, como Juegos Olímpicos, Juegos Panamericanos, Campeonatos Mundiales, Copas del Mundo, etc.

Diversos son los deportes que han puesto en lo más alto el nombre de Cuba en los mencionados certámenes, pero fue el Atletismo, en las piernas del velocista Enrique Figuerola, quien aportara la primera presea olímpica de la Revolución, cuando en Tokio 64 logró el segundo lugar en la prueba reina del Campo y Pista. Este resultado, junto al cuarto lugar alcanzado por este propio atleta en Roma 60, constituyó el despegue de esta disciplina hacia la elite mundial, en la cual se mantuvo por varios años, destacándose otras figuras como Pablo Monte, Silvia Chivaz, Silvio Leonar, Andrés Simón, Leandro Peñalver, entre otros.

De igual forma, nuestros relevos cortos se han colocado en la cima de esta especialidad; podemos citar los ejemplos de la medalla de plata en los Juegos Olímpicos de México 68, en ambos sexos; el tercer escaño de la cuarteta femenina cuatro años más tarde, en Munich 72; y el bronce en Barcelona 92 y Sydney 2000 del relevo corto, rama masculina.

Estos resultados que históricamente se han logrado en las pruebas de velocidad al más

alto nivel, demuestran las enormes potencialidades de los eventos de velocidad en nuestro país. Pero a partir de la segunda mitad de la década de los 80, hemos tenido pocos corredores que se han podido incluir entre los medallistas, tanto en competiciones de la región, como de categoría mundial.

Este hecho llamó notablemente la atención de los investigadores cubanos que en este sentido han venido realizando un abnegado trabajo, cuyo origen puede encontrarse, a finales de los 90, en el Grupo Multidisciplinario de Ciencias Aplicadas al Atletismo de la Universidad de Matanzas, que como uno de los principales resultados, tiene el haber consolidado un Sistema de Control Biomecánico para Retroalimentar la Carrera de Cien Metros Llanos con la innovación tecnológica denominada: velocímetro digital.

De igual forma, se ha llevado a cabo la aplicación del HU-M-AN, un novedoso y potente software que fue donado por su creador, el Dr. Tom Duck, profesor de Biomecánica de la Universidad de York, en Toronto, Canadá; dotando a los velocistas cubanos y sus entrenadores, de un sistema con tecnología de punta para el control de su performance en el ejercicio competitivo; corroborando, de esa manera, la política científica cubana declarada por el CITMA, en la cual se integran dos importantes direcciones: La Generación de Nuevos Conocimientos y Tecnologías Propias y la Asimilación de Conocimientos y Tecnologías Internacionales.

Especial atención científica requiere los 100 metros planos dentro del Deporte Rey. En ese sentido muchas han sido las investigaciones, en los últimos años, relacionadas con diferentes aspectos específicos de esta modalidad, pues el reto competitivo en el hectómetro es cada año más fuerte si se toma en cuenta el actual récord mundial de 9,77 segundos, el cual, años atrás se consideraba imposible para el proceder humano.

La mejor forma de realizar estos estudios biomecánicos es filmando el movimiento realizado de forma natural por el deportista, ya sea en condiciones de entrenamiento, como de competición. De esta forma es posible analizar el movimiento y la técnica deportiva en condiciones reales. En algunos casos particulares podría ser necesaria la realización de algún estudio en condiciones de laboratorio, pero lo habitual es que los análisis se hagan durante la propia sesión de entrenamiento del deportista, o bien en alguna competición.

En la presente monografia se realiza un detallado estudio sobre diferentes parámetros biomecánicos relacionados con la técnica de carrera en los velocistas cubanos, a partir de imágenes filmadas en el tramo comprendido entre los 60 y 70 metros de la prueba de 100 metros planos, con el fin de brindar una valiosa información que sobre este aspecto nuestros entrenadores y atletas desconocían; condicionado, en gran medida, por lo específico y cerrado del mercado con relación a las técnicas de filmación tridimensional (3D) y los soportes lógicos y físicos (software y hardware) que regulan, automatizan y controlan de forma rigurosa el proceso de obtención, tratamiento y exposición de esta información, la cual necesariamente se requiere con mayor premura y objetividad para la planificación y control del complejo proceso de entrenamiento deportivo contemporáneo.
Se seleccionó el tramo 60 –70 , puesto que, es en esta fase de la carrera de 100 metros planos donde coinciden los valores máximos de aceleración y velocidad y el momento en el que los parámetros de longitud y frecuencia de pasos alcanzan su máxima expresión.

Desarrollo.

Resumen Bibliográfico

En el de cursar histórico del deporte existen valiosas experiencias del incremento del rendimiento a partir del apoyo efectivo de la ciencia. A partir de los JuegosOlímpicos de Helsinki (1952), se puede enmarcar un nuevo paradigma científicodeportivo mundial; en el cual se comenzaron a desarrollar nuevas tecnologías, quenecesariamente llevaron a consolidar, primero, los métodos de investigación delas ciencias aplicadas al deporte, y luego su derivación al control de los efectos del entrenamiento; reconociéndose, en la actualidad, que detrás de cada resultadodeportivo en el ámbito internacional, está la ciencia como fuerza productiva aplicada al deporte.
La Biomecánica deportiva, disciplina científica reconocida por el Comité OlímpicoInternacional como la mejor alternativa para elevar el rendimiento deportivo,constituye una fuerza importante por el desarrollo alcanzado en estos momentosen sus métodos de control del entrenamiento y métodos investigativos en general;aprovechando los adelantos científicos tecnológicos contemporáneos, lo que lahace cada vez más imprescindible y solicitada para el control de los efectos delentrenamiento y para el estudio de los grandes acontecimientos deportivos.Hoy día, se

habla de Proyectos Científicos de Investigación coordinados entrediferentes universidades, entre los que se destacan Alemania (UniversidadAlemana de Colonia bajo la dirección del Dr. Gert-Peter Brüggemann) y España(Universidades Españolas de Granada, Madrid, Valencia, León y Lleida). Sepueden citar diferentes ejemplos, tales como: el proyecto ABAT en el centro deAlto Rendimiento (CAR) de Barcelona como soporte al entrenamiento de altacompetición; los catorce proyectos biomecánicos, realizados en los JuegosOlímpicos de 1992; los proyectos de esta valiosa disciplina que financia la IAAF enlos Campeonatos Mundiales (Roma 1987, Atenas '97, Sevilla '99, entre otros). Deesa manera se han desarrollado técnicas de filmación tridimensional (3D); diseñode complejos investigativos de alta tecnología, basada en la utilización de soporteslógicos y físicos (software y hardware) que regulan, automatizan y controla deforma rigurosa el proceso de obtención de datos, tratamiento y exposición de losresultados.

En la amplia búsqueda realizada, con relación a los medios que en la actualidadson utilizados para analizar la biomecánica de los movimientos en las distintasdisciplinas deportivas, se pudo comprobar que existe una tendencia al uso desistemas de captación de las coordenadas 3D que definen la estructura del humano para su posterior análisis y visualización gráfica; el uso de lafotogrametría, técnica de análisis cinemático, que permite, a partir de unmovimiento real, estudiar diferentes parámetros biomecánicos del gesto realizado.Ejemplos de estos programas son: 3D Soccer Analyser, Human ColorSegmentation and Matching using Real Image sequences and BiomechanicModel, Ortho Trak, entre otros.

El **HU-M-AN** (Human Motion Analyser/ Analizador de Movimiento Humano)constituye un potente software, creado por el Dr. Tom Duck, profesor deBiomecánica de la Universidad York, en Toronto, Canadá. Éste programa permitehacer un completo y complejo análisis cinético y dinámico del movimiento. A partirde una secuencia de imágenes con un archivo de vídeo (en formato "AVI"capturado), este software nos brinda las siguientes opciones:

- Ver las sucesiones de vídeo.
- Cálculo inmediato de medidas de la cinemática.

- Digitizar las sucesiones del movimiento.
- Análisis del espectro y la filtración digital de datos.
- Diseña los modelos matemáticos como una base para el análisis mecánico.
- Aplicación lineal de una transformación directa (DLT) a las 6-cámaras para la creación de una fuente de datos de un juego de datos tridimensionales.
- Cálculo de un rango de dos dimensiones cinemáticas y medidas cinéticas, incluyendo:
- Centro de gravedad.
- Ángulos absolutos.
- Desplazamientos, velocidades y aceleraciones.
- Segmento y energía del sistema y velocidad adquirida.
- Fuerzas de reacción de apoyo.
- Cálculo cinemático tridimensional, incluyendo (CG, ángulos
- absolutos, desplazamientos, velocidades y aceleraciones)
- Datos gráficos.
- Construye los "macros" para automatizar los análisis repetidos.
- Selecciona los valores específicos de las sucesiones de los datos para la preparación de un "informe" del análisis.
- Adaptaciones especiales para las configuraciones de la red.
- Ventana de "examen" para el usuario preparar los ejercicios de laboratorio.
- Proporciona dinámica de solución delantera a los 6-segmentos seleccionados de los modelos simétricos.
- Proporciona una gran variedad de herramientas para:
- Revisar fuente digitalizada de los datos.
- Revisar las medidas calculadas.
- Imprimir figuras y gráficos.
- Copia de figuras y gráficos al portapapeles.
- Importar los datos externos.

El estudio detallado de la técnica en cualquier deporte, en especial los de carácter cíclico como los 100 metros planos, permite conocer como se manifiestan los diferentes indicadores biomecánicos, y su repercusión en cada uno de los momentos por lo que transcurre el atleta;

así como, cuáles son las fases más importantes y determinantes en el resultado final de la prueba.

En la carrera de 100 metros planos se pueden apreciar varias fases, claramente diferenciadas entre sí por sus diversos parámetros (cinemáticos, cinéticos, energéticos o técnicos) Estas son:

- Fase de aceleración.
- Mantenimiento de la velocidad.
- Desaceleración.

Algunos autores (Joch-1988; Fuchs y Lames-1990; Bartonietz y Güllich-1992) citados por García Manso y colaboradores (1998) dividen la fase de aceleración en dos subfases: una inicial, en la que sobresalen los velocistas de gran fuerza explosiva, sucedida por otra determinada por la habilidad de desarrollar una alta frecuencia de pasos. Esta fase puede prolongarse, según Hernández Prado (2000) hasta los 50 o 60 metros para las mujeres, y hasta los 60 o 70 metros para los hombres.

La fase de mantenimiento de la velocidad a decir de V. Dick (1989) citado por (Hernández Prado-2000; García Manso y colaboradores-1998) es aquella en la que el corredor recorre un tramo en el menor tiempo posible o una centésima (0,01 segundo) por encima de este tiempo. Los mejores sprinters de ambos sexos, son capaces de mantener su máxima velocidad entre 2,5 y 3,0 segundos, lo que les permite recorrer aproximadamente de 30 a 40 metros; a diferencia de los atletas noveles, que apenas logran mantenerla entre 1,0 y 1,5 segundos de carrera.

Tanto en la fase de aceleración como en la de mantenimiento, la longitud y la frecuencia de zancada, así como, los tiempos de apoyo y vuelo, que constituye la menor expresión de la frecuencia de pasos, son parámetros biomecánicos determinantes en la velocidad de desplazamiento de los corredores encontrándose una alta correlación: $r = 0,554$ y $r = 0,652$, respectivamente (Hoffman-1964; Hay-1988; Pierón-1990; Utkin-1988; Manfred Ltezelter-1983; Donskoi y Zatsiorski (1988); Tabasnick-1991)

Coincidentemente con la opinión de los autores anteriormente citados, Gutiérrez/Oña (1990) plantea que la máxima velocidad que un ser humano puede alcanzar, está condicionada por la distancia que alcanza en cada una de sus zancadas y el tiempo que tarda en realizar una zancada.

Es en la fase de máxima velocidad, cuando estos parámetros de longitud y frecuencia de pasos alcanzan sus valores óptimos y su máxima expresión. Por esta razón el estudio de estos parámetros biomecánicos resulta particularmente provechoso.

Estos parámetros determinan los dos prototipos clásicos de los atletas de velocidad (García Manso y colaboradores-1998; Hernández Prado-2000)

- Corredores de alta frecuencia de pasos, como Enrique Figuerola, Andrés Simón, Frank Frederick, entre otros.
- Corredores de gran zancada, como por ejemplo Carl Lewis, L. Cristie, M. Ottey, entre otros.

Según Hay (1980-1982) citado por Gutiérrez/Oña (1990) la longitud de una zancada puede analizaese como la suma de tres distancias parciales: distancia en la que el centro de gravedad está adelantado al pie de apoyo en el momento del despegue; distancia en la que el centro de gravedad se desplaza durante la fase de vuelo, y la distancia comprendida entre la proyección del centro de gravedad y el pie en el instante de tomar contacto con el suelo.

Por otra parte, Vittori (1986), plantea que la frecuencia máxima de pasos de un corredor, una vez que éste alcanza su máxima velocidad, se puede determinar, teoricamente, a partir de la relación entre la velocidad media del los segundos 50 metros de una carrera de 100 metros planos más su tres por ciento, y la longitud máxima de sancada por el metodo de Tabasnick.

Varios son los factores que determinan la longitud de zancada:

• Características morfológicas.
• Fuerza de impulso.
• La movilidad de la articulación coxofemoral.
• Elasticidad de los músculos antagonistas.

La longitud y frecuencia de zancada tienen relación con el biotipo del atleta. Por ejemplo: Hoffman (1964) halló cierta relación (r = 0,59) entre la longitud máxima de la zancada, medida entre los 50 y 60 metros de una carrera de 100 metros, y la estatura, particularmente con la longitud de la pierna (r = 0,70) en corredores del sexo masculino de alto nivel; similar comportamiento tuvieron las mujeres (r=0,63) y (r = 0,73) respectivamente. Este propio autor plantea que la longitud media del paso es 1,14 veces la altura del sujeto, mientras que la máxima es 1,24 veces la talla o 2,15 veces la longitud del miembro inferior medido desde la cresta ilíaca. Esta relación ha sido ampliamente difundida por Tabasnick, quien le adjudica a

la amplitud máxima del paso un valor de 2,60 veces la longitud de la extremidad inferior desde el trocánter mayor del fémur.
García Manso y colaboradores, plantean que una correcta combinación entre la longitud y frecuencia de zancada va a ser determinante para la economía de la carrera, y por lo tanto en el resultado final de la misma.
Utkin (1988), citado por Hernández Prado (2000) demuestra que para una velocidad constante pero con diferentes combinaciones de longitud y frecuencia de pasos, los gastos energéticos van a ser desiguales, existiendo una combinación ideal en la que el costo energético es mínimo.
A una velocidad óptima de competencia le corresponden óptimos valores de longitud y frecuencia de pasos. Estas combinaciones van a tener un carácter individual ya que dependen considerablemente de las proporciones corporales de cada atleta. (Donskoi y Zatsiorski-1988)
García Manso y colaboradores desde una perspectiva metodológica, dividen la frecuencia de zancada en dos fases:
- Tiempo de apoyo.
- Tiempo de vuelo.
El tiempo de apoyo debe entenderse como el tiempo en que el pie se mantiene en contacto con el suelo en cada uno de los apoyos. Durante una carrera de velocidad, la duración de este parámetro va disminuyendo conforme aumenta la velocidad de desplazamiento, alcanzando, durante la fase de máxima velocidad, valores que oscilan entre los 80 y 120 milisegundos, en dependencia de las características y nivel del atleta. Durante esta fase el centro de gravedad del cuerpo debe recorrer aproximadamente una distancia similar a la longitud de la extremidad inferior de éste. (García Manso y colaboradores-1998) Existen pocos estudios sobre la duración de las fases de apoyo y vuelo; al respecto, García Manso y colaboradores (1998), citan como ejemplos ilustrativos, los trabajos de Attwater (1982) y Gutiérrez (1988), los cuales otorgan valores promedios de 111 milésimas de segundo en los ocho finalistas de los Campeonatos de Estados Unidos de 1981, y de 119 milisegundos en los Campeonatos de España de 1985; de igual forma se refieren a Dach (1987) quien le adjudica a esta fase un valor del 40 por ciento del tiempo total que dura la zancada.

La disminución del tiempo en los apoyos puede contribuir al mejoramiento del resultado final de la carrera, siempre y cuando esta reducción no limite la posibilidad de generar la fuerza necesaria por parte de la musculatura implicada. Con relación a esto, Don Chu (1993), citado por García Manso y colaboradores, plantea que un eficaz contacto con el pie sobre el suelo se producirá entre 40 y 50 centímetros por delante del centro de proyección y con un ángulo en la articulación de la rodilla que no debe exceder los 170º. Si el contacto se produce delante o detrás de este punto, puede disminuir la eficiencia del impulso; si el apoyo ocurre por delante del punto ideal frenará en exceso la carrera, mientras que si se produce por detrás de éste reducirá le alcance del efecto impulsor.

El tiempo de vuelo puede interpretarse como el tiempo que transcurre, entre el instante en que un pie deja de hacer contacto con el suelo hasta el momento en que el otro pie es apoyado. En esta fase el centro de gravedad recorre una distancia aproximada a una vez y media la longitud del miembro inferior del corredor, y su duración va a estar determinada por:

- Longitud de la zancada.
- Velocidad de proyección del centro de gravedad.
- Velocidad de movimiento de la pierna libre.

En las carreras de velocidad, la duración de esta fase es ligeramente superior a la de apoyo; Attwater (1982), obtuvo valores de tiempo que oscilaron entre 111 y 113 milésimas de segundo para los hombres y 141 milisegundos para las mujeres. Gutiérrez (1990) determinó tiempos promedios de 0,132 segundos en los hombres y 0,134 segundos en las mujeres, para la fase de vuelo.

Metodología.

La muestra está formada por seis atletas, especialistas en carreras de velocidad (100 y 200 metros planos); dos pertenecen al sexo femenino, y cuatro al sexo masculino, integrantes todos de la selección nacional de Atletismo.

Métodos y procedimientos.

Se filmó el tramo comprendido entre los 50 y 60 metros de una prueba de 100 metros, la cual realizó cada atleta por separado, en la etapa de preparación, durante una base de entrenamiento en Nuestra provincia. La filmación se realizo siguiendo el protocolo de

filmación de los gestos deportivos con sistema de video propuesto por Xavier Aguado (1999). Posteriormente se editó el video tape con el sistema ADOBE PREMIER con el fin de convertir las filmaciones a formato digital (AVI) y cambiar la comprensión de video a Cinepak Codec.

Seguidamente se procedió a determinar el comportamiento de los diferentes parámetros objeto de estudio con la utilización del software HU-M-AN, en particular de la opción cálculos instantáneos, lo cual nos permitió calcular la longitud de zancada, el tiempo de apoyo, tiempo de vuelo, el tiempo total de la misma y la frecuencia de pasos.

Los métodos utilizados para la realización de este trabajo fueron:

- Del nivel empírico: La medición, y la observación de forma abierta, no incluida y estructurada.
- Del nivel teórico: Análisis y síntesis, hipotético y deductivo.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS:

Longitud de Zancada

La longitud de zancada es un factor mecánico determinante, tanto en las diferentes fases de una carrera, como en el resultado final de ésta; aunque es en la fase de máxima velocidad, según García Manso y colaboradores, cuando éste parámetro alcanza su más alta expresión. En el 50 % de la muestra, esta fase está comprendida entre los 50 y 60 metros; en la otra mitad, la máxima velocidad se alcanza a partir de los 60 metros, de ahí la importancia de ver como se comporta la amplitud del paso en este segmento de la carrera de 100 metros planos.

Atleta: Alexander.

Atleta	Talla (cm.)	H. trocánter (cm.)	L. z. máxima (cm.)	L. z. real (cm.)	Diferencia (cm.)	%
Alexander	172.1	87.8	228.3	246.6	**18.3**	**8.0**

Tabla Nº 1.1.

Al comparar el valor promedio real de longitud de zancada en el tramo de 50 – 60 metros del atleta Alexander: 2.47 metros, con el valor de la longitud máxima teórica propuesto por Tabasnick: 2.28 metros, encontramos una considerable diferencia de 18,3 centímetros, lo que representa un 8 %.

Atleta: Henrry.

Atleta	Talla (cm.)	H. trocánter (cm.)	L. z. máxima (cm.)	L. z. real (cm.)	Diferencia (cm.)	%
Henrry	177.8	87.5	227.5	243.5	**16.0**	**7.0**

Tabla Nº 1.2.

Este atleta presenta una longitud de zancada promedio en el tramo analizado de 2.44 metros, 16 centímetros superior al valor de longitud máxima teórica que presenta: 2.28 metros, o sea, la longitud real es un 7 % superior a su longitud óptima.

Atleta: Raunier.

Atleta	Talla (cm.)	H. trocánter (cm.)	L. z. máxima (cm.)	L. z. real (cm.)	Diferencia (cm.)	%
Raunier	174.8	91.8	238.7	255.0	**16.3**	**6.8**

Tabla Nº 1.3.

La longitud de zancada de Raunier: 2.55 metros, en el tramo estudiado es aproximadamente un 7 % superior a la longitud de zancada máxima teórica: 2.39. Lo que supone una significativa diferencia de 16,3 centímetros.

Atleta: Pita.

Atleta	Talla (cm.)	H. trocánter (cm.)	L. z. máxima (cm.)	L. z. real (cm.)	Diferencia (cm.)	%
Pita	170.9	89.7	233.2	259.5	**26.3**	**11.3**

Tabla Nº 1.4.

A pesar que presenta la más baja estatura de los atletas masculinos analizados, muestra el valor más alto de longitud de zancada en el tramo de carrera estudiado: 2.59 metros, que comparada con su longitud de zancada óptima: 2.33 metros, es 26 centímetros superior; lo que representa, también, la mayor diferencia entre la longitud óptima y la longitud real de la muestra: un 11 % superior. Esto puede estar condicionado porque la longitud de las extremidades inferiores está más relacionada con la capacidad de desarrollar una mayor longitud de zancada durante la carrera, que la estatura, según estudios realizados por Hoffman (1964)

Atleta: Roxana.

Atleta	Talla (cm.)	H. trocánter (cm.)	L. z. máxima (cm.)	L. z. real (cm.)	Diferencia (cm.)	%
Roxana	169.1	89.4	232.4	230.5	**-1.9**	**0.8**

Tabla Nº 1.5.

A diferencia de los demás atletas masculinos anteriormente analizados, vemos que la diferencia que existe entre las longitudes óptima teórica y real en el tramo estudiado, 2.32 metros y 2.31 metros, respectivamente, es poco significativa: 1.9 centímetros, lo que representa un 0,8 %.

Atleta: Virgen.

Atleta	Talla (cm.)	H. trocánter (cm.)	L. z. máxima (cm.)	L. z. real (cm.)	Diferencia (cm.)	%
Virgen	160.4	85.2	221.5	223.0	**1.5**	**0.7**

Tabla Nº 1.6.

La diferencia encontrada entre la longitud de zancada real: 2.23 metros, con respecto a la longitud máxima teórica: 2, 21 metros y fracciones, es de un centímetro y medio, o sea, un 0.7 % superior. Esta diferencia es poco significativa.

Atleta	Talla (cm.)	H. trocánter (cm.)	L. z. máxima (cm.)	L. z. real (cm.)	Diferencia (cm.)	%
Virgen	160.4	85.2	221.5	223.0	**1.5**	**0.7**
Roxana	169.1	89.4	232.4	230.5	**-1.9**	**0.8**
Henrry	177.8	87.5	227.5	243.5	**16.0**	**7.0**
Alexander	172.1	87.8	228.3	246.6	**18.3**	**8.0**
Raunier	174.8	91.8	238.7	255.0	**16.3**	**6.8**
Pita	170.9	89.7	233.2	259.5	**26.3**	**11.3**

Tabla Nº 1. ***Diagnóstico de la longitud de zancada de los velocistas cubanos según la metodología propuesta por Tabasnick.***

Como se puede observar, este parámetro se comporta de manera totalmente diferente entre los atletas del sexo masculino y las atletas del sexo femenino que conforman la muestra. Este resultado es similar al alcanzado por Manfred Letzelter, citado por García Manso y colaboradores, en el que se encontraron diferencias en la amplitud del paso entre ambos sexos, no ocurriendo así entre los atletas de mayor y menor nivel del mismo sexo, durante el Campeonato del Mundo de Atletismo de 1983.

En los hombres vamos a encontrar como una regularidad, que la longitud real es en todos los casos muy superior a la longitud máxima teórica, con valores que oscilan entre los 16 y 26,3 centímetros, o sea, esta diferencia es considerablemente significativa. Esto puede estar condicionado porque los atletas de poco nivel logran un aumento de la velocidad a

expensas del incremento de su longitud de zancada, según estudios realizados por Tabasnik en 1991 (citado por García Manso y colaboradores, 1998) Vale aclarar que una excesiva amplitud en el paso pudiera contribuir en el frenado del centro de gravedad.
En cambio, las mujeres presentan una diferencia poco significativa: 1.9 y 1.5 centímetros, respectivamente; en el caso de Roxana esta mínima diferencia es por defecto y en el caso de Virgen por exceso. Podemos decir entonces que este parámetro muestra un comportamiento normal en las féminas.

Frecuencia de Pasos.

Al igual que la longitud de zancada, la frecuencia de pasos constituye un factor biomecánico determinante en el resultado final de una carrera de velocidad. Los atletas de gran nivel logran un aumento de su velocidad a través de éste parámetro (García Manso y colaboradores, 1998) alcanzando, también, su mayor expresión en la fase de máxima velocidad.

	Frecuencia del paso (p/s)			
	Real (p/s)	**Máxima Teórica (p/s)**	**Diferencia (p/s)**	**%**
Alexander	4.76	4.75	**0.01**	**0.17**

Tabla N° 2.1.

Como se puede apreciar en la tabla 2.1, la frecuencia de pasos que el atleta desarrolla entre los 50 y 60 metros de la carrera, difiere 0,01 pasos por segundo de la frecuencia máxima de pasos teórica. Esta diferencia, inferior al 1 %, es poco significativa.

	Frecuencia del paso (p/s)			
	Real (p/s)	**Máxima Teórica (p/s)**	**Diferencia (p/s)**	**%**
Henry	4.76	4.73	**0.03**	**0.59**

Tabla N° 2.2.

Henry muestra una frecuencia de zancadas en el tramo analizado 0,03 pasos por segundo superior a su frecuencia máxima teórica, 4.76 p/seg. vs. 4.73 p/seg., respectivamente. Esta diferencia puede considerarse poco significativa, pues representa tan solo un 0.59 %.

	Frecuencia del paso (p/s)			
	Real (p/s)	**Máxima Teórica (p/s)**	**Diferencia (p/s)**	**%**
Raunier	4.52	4.53	**-0.01**	**0.31**

Tabla Nº 2.3.

La frecuencia de pasos real en este atleta: 4.52 p/seg. es 0,01 paso por segundo inferior a su frecuencia máxima de zancada: 4.53 p/seg.; esta diferencia del 0,31 % es poco significativa.

	Frecuencia del paso (p/s)			
	Real (p/s)	**Máxima Teórica (p/s)**	**Diferencia (p/s)**	**%**
Pita	4.76	4.67	**0.09**	**1.88**

Tabla Nº 2.4.

Pita muestra una frecuencia de zancadas de 4.76 p/seg. en el tramo estudiado. Este valor es superior a su frecuencia máxima teórica en 0,09 p/seg., lo que representa el 1.88 %; diferencia que se puede considerar poco significativa.

	Frecuencia del paso (p/s)			
	Real (p/s)	**Máxima Teórica (p/s)**	**Diferencia (p/s)**	**%**
Roxana	4.52	4.14	**0.38**	**9.08**

Tabla Nº 2.5.

Esta atleta presenta una frecuencia real de zancadas de 4.52 p/seg.; como se puede observar en la tabla 2.5., este valor supera en 0.38 pasos por segundo su frecuencia de zancada óptima, que es de 4.14 p/seg. Se aprecia claramente que esta diferencia, que representa un 9.08 %, es la mayor y la más significativa de toda la muestra.

	Frecuencia del paso (p/s)			
	Real (p/s)	**Máxima Teórica (p/s)**	**Diferencia (p/s)**	**%**
Virgen	4.27	4.35	**-0.08**	**1.75**

Tabla Nº 2.6.

Virgen muestra una diferencia poco significativa, en este caso por defecto, en el valor de su frecuencia de pasos durante los metros 50 y 60 (4.28 p/seg.), respecto a su frecuencia máxima teórica (4.35 p/seg.), de sólo 0.08 pasos por segundo; lo que representa el 1,75 %.

	Frecuencia del paso (p/s)			
	Real (p/s)	**Máxima Teórica (p/s)**	**Diferencia (p/s)**	**%**
Alexander	4.76	4.75	**0.01**	**0.17**
Henry	4.76	4.73	**0.03**	**0.59**
Raunier	4.52	4.53	**-0.01**	**0.31**
Pita	4.76	4.67	**0.09**	**1.88**
Roxana	4.52	4.14	**0.38**	**9.08**
Virgen	4.27	4.35	**-0.08**	**1.75**

Tabla N° 2. ***Diagnóstico de la frecuencia de zancada según propone Vittori.***

La frecuencia de zancada, que constituye uno de los índices fundamentales de las carreras de velocidad, se comportó de manera positiva en el 83.4 % de la muestra, es decir, en cinco de los seis atletas analizados, la diferencia encontrada entre la frecuencia de pasos en el tramo comprendido en nuestro estudio, y la frecuencia máxima teórica, según la metodología propuesta por Vittori, fue poco significativa; con valores que oscilaron entre 0.01 y 0.09 pasos por segundo. Sin embargo, resulta significativa, en el caso de Roxana, la diferencia de 0.38 pasos por segundos; esto, en cierta medida, pudiera influir de forma negativa en el incremento de la velocidad y en la mantención de la misma.

En los casos de Raunier y de Virgen, que representan el 12 % del total de la muestra, esta diferencia se presentó por defecto; en el resto de los velocistas, o sea, el 88 % de los sujetos estudiados fue por exceso.

Relación entre la longitud y la frecuencia de pasos.

La elección de una adecuada longitud y frecuencia de pasos va a contribuir de manera determinante en la economía de la carrera y por lo tanto en el resultado final de ésta. Existe una gran relación entre la economía de los esfuerzos y la velocidad que puede desarrollar un atleta cuando la relación entre longitud y frecuencia de zancadas es óptima. La tabla N° 3 muestra una aproximación teórica a la relación óptima entre estos parámetros en relación a la velocidad de carrera, propuesta por García Manso y colaboradores, con la cual comparamos los valores reales de estos importantes indicadores de las carreras de velocidad.

	Frecuencia (p/seg.)						
Velocidad (m/s)	**5.25**	**5.00**	**4.80**	**4.55**	**4.35**	**4.20**	
12.00	**2.28**	**2.40**	**2.50**	**2.64**	**2,75**	**2.86**	**LONGITUD (m.)**
11.75	**2.24**	**2.35**	**2.45**	**2.58**	**2.70**	**2.80**	
11.50	**2.19**	**2.30**	**2.40**	**2.53**	**2.60**	**2.74**	
11.25	**2.14**	**2.25**	**2.34**	**2.47**	**2.59**	**2.69**	
11.00	**2.09**	**2.20**	**2.29**	**2.41**	**2.53**	**2.62**	
10.75	**2.05**	**2.15**	**2.24**	**2.36**	**2.47**	**2.56**	
10.50	**2.00**	**2.10**	**2.19**	**2.31**	**2.41**	**2.50**	
10.25	**1.95**	**2.05**	**2.14**	**2.25**	**2.36**	**2.44**	
10.00	**1.90**	**2.00**	**2.08**	**2.20**	**2.30**	**2.38**	

Tabla Nº 3: ***Relación óptima de frecuencia y amplitud de zancada en relación a la velocidad máxima (García Manso y colaboradores.)***

Alexander

	Velocidad Máxima (m/s)	**Frecuencia Zancada (p/s)**	**Longitud Zancada (m)**
Relación. Óptima	**11.00**	**4.80**	**2.29**
Alexander	**11.11**	**4.76**	**2.47**
Diferencia	**0.11**	**-0.04**	**0.18**
%	**1**	**0.9**	**7.7**

Tabla Nº 3.1.

Como se puede apreciar los valores de velocidad máxima y frecuencia de zancada que presenta Alexander, están muy próximos a los valores teóricos que debería tener para lograr una óptima economía de sus esfuerzos, siendo esta diferencia poco significativa: 0.11 metros por segundo (1%) y 0.04 pasos por segundo (0,9 %) respectivamente. Sin embargo la longitud de zancada que este atleta presenta en el tramo estudiado, difiere en 18 centímetros (7.7 %) a la óptima: 2.29 metros, sólo 0.43 por ciento superior a la longitud máxima teórica, calculada a partir de la altura del trocánter propuesta por Tabasnick. Esto corrobora que pueden existir deficiencias en la selección de una longitud de zancada idónea para este atleta.

Henry

	Velocidad Máxima (m/s)	Frecuencia Zancada (p/s)	Longitud Zancada (m)
Relación. Óptima	**10.75**	**4,80**	**2.24**
Henry	**10.75**	**4.76**	**2.44**
Diferencia	**0.00**	**-0.04**	**0.20**
%	**0.0**	**0.9**	**8.7**

Tabla Nº 3.2.

La relación entre la longitud y frecuencia de pasos de este atleta no es óptima, debido a la significativa diferencia de 20 centímetros, 8.7 % por exceso, que presenta respecto a la longitud óptima requerida de 2.24 metros, para una velocidad de 10.75 metros por segundo y una frecuencia de 4.80 pasos por segundo; valor, este último sólo un 0.9 % superior al que realmente muestra.

Raunier

	Velocidad Máxima (m/s)	Frecuencia Zancada (p/s)	Longitud Zancada (m)
Relación. Óptima	**11,00**	**4,55**	**2,29**
Raunier	**10,99**	**4,52**	**2,55**
Diferencia	**-0,01**	**-0,03**	**0,26**
%	**0,1**	**0,7**	**11,4**

Tabla Nº 3.3.

Como se observa en la tabla 3.3, la diferencia entre las longitudes de zancada óptima teórica y la que realmente muestra Raunier, es considerablemente significativa: 26 centímetros, lo que representa el 11.4 por ciento; a diferencia de los parámetros de velocidad y frecuencia de pasos, cuyos valores difieren en menos del uno por ciento, considerándose poco significativo. Podemos decir entonces que su desempeño pudiera verse, en parte, afectado por la no óptima relación frecuencia y longitud de zancada al alcanzar su máxima velocidad.

Pita

	Velocidad Máxima (m/s)	Frecuencia Zancada (p/s)	Longitud Zancada (m)
Relación. Óptima	**11.00**	**4.80**	**2.29**
Pita	**10.99**	**4.76**	**2.60**
Diferencia	**-0.01**	**-0.04**	**0.31**
%	**0.1**	**0.9**	**13.3**

Tabla N° 3.4.

La óptima relación que debe existir entre la frecuencia y la longitud de la zancada, puede verse afectada en el caso de Pita, por los 31 centímetros en los que excede a la longitud del paso teórica que debería presentar (2.29 m.) Los valores de máxima velocidad y frecuencia de pasos, muestran diferencias poco significativas de 0.1 y 0.9 por ciento, respectivamente, con relación a sus valores teóricos óptimos.

En los casos de las atletas Roxana Díaz y Virgen Benavides, con valores de máxima velocidad de 9.52 y 9.80 metros por segundo, no se pudo realizar este importante análisis, debido a, que como se puede apreciar en la tabla número 3, se tuvieron en cuenta relaciones óptimas de frecuencia y longitud de zancadas a partir de velocidades máximas superiores a los 10 metros por segundo.

En el caso de los atletas del sexo masculino, se pudo comprobar que no existe una idónea relación frecuencia – longitud de zancada a partir de sus valores de velocidad óptima; siendo la amplitud del paso el parámetro que presento las diferencias más significativas. Una inadecuada relación entre estos factores, determinantes para el resultado final en las carreras de velocidad, según Utkin, pudiera contribuir a que el gasto energético fuera un 30 por ciento superior en comparación con la variante óptima.

Conclusiones.

- A partir del método escogido para analizar los resultados, el Análisis de casos, pudimos comprobar que dos de los tres atletas hombres analizados, presentan grandes diferencia en cuanto a las longitudes reales de sus zancadas y el valor máximo teórico de la misma propuesto por Tabasnick, a excepción del atleta Raunier, quien no presenta diferencias tan significativas en estos parámetros. La frecuencia de pasos, se comporta de manera diferente a la longitud de la zancada,

- ya que alcanzó valores, entre la frecuencia real de cada atleta y la teórica, muy cercanos a los requeridos para el tramo estudiado según Vittori, en dos de los casos, diferenciándose de nuevo Raunier de los otros dos sujetos, debido a que su diferencia entre estos dos parámetros si es significativa. En cuanto a la relación entre estos dos parámetros, pudimos comprobar, que no era óptima, por su excesiva amplitud de zancada.
- El caso de las mujeres es opuesto al de los hombres en cuanto a longitud de zancada y frecuencia de pasos, en el primero de estos parámetros no existió diferencia entre la longitud real y la teórica, en ninguna de las dos mujeres, por lo que dicho parámetro se comportó normalmente según lo propuesto por Tabasnick; sin embargo, en el otro parámetro (frecuencia de pasos) si presentaron las mujeres diferencias significativas en cuanto a sus frecuencias reales y las teóricas propuestas por Vittori.

Recomendaciones.

- Se debata el resultado de esta investigación con los entrenadores y atletas que fueron objetos de estudio con el fin de que conozcan el mismo.
- Se profundice aún más en la aplicación del HU – M – AN en el tramo de carrera estudiado y se realicen trabajos similares con otras disciplinas dentro del Atletismo y otros deportes.
- Utilizar una cámara de filmación con una mayor resolución de cuadros por segundo para que se logre una mayor calidad en las imagines.
- Se divulgue en la literatura especializada los resultados obtenidos, con el fin de que se de a conocer el trabajo del Grupo de biomecánica de nuestra Facultad.
- Se organicen sesiones metodológicas con entrenadores y biomecánicos de la provincia y el país donde se analicen los resultados obtenidos.

Bibliografía.

- Antón Palacios, Eleuterio. ATLETISMO/ Eleuterio Antón Palacios-- Internet.
- Cianciabella J. E. ¿Qué es el ERGO JUMP BOSCO SYSTEM?/ J. E. Cianciabella-- Lecturas: Educación Física y Deportes, Año 1, Nº 3. Buenos Aires, Dic. 1996.
- De Hegedüs, Jorge. Estructura y fundamentación de la velocidad en el Atletismo Lecturas/ Jorge de Hegedüs.-- Educación Física y Deportes, Revista Digital http://www.efdeportes.com/, Año 4. Nº 14. Buenos Aires, Junio 1999.
- Donskoi D, Zatsiorski, V. M. Biomecánica de los Ejercicios Físicos/ D. Donskoi.— Moscú: Editorial Raduga 1988.
- Ferro Sánchez, Amelia. Análisis biomecánico de la técnica de la carrera en deportistas ciegos paralímpicos./ A. Ferro Sánchez.-- Internet.
- Gutiérrez Dávila, M Variabilidad en los criterios cinemáticos de eficacia de la carrera de velocidad / A. Oña Sicilia. – p. 37 – 40 . -- En Perspectivas de la Actividad Física y el Deporte. – No.5. – León, dic. 1998.
- Hernández Prado, Celia María. La distribución de los esfuerzos en la carrera de cien metros llanos/ L. Cortegaza Fernández, J. L. Labrada Morejón, A. Recondo Cuba, A. Pollán Míguelés.-- revista digital · Año 9 · N° 63, Buenos Aires, Agosto 2003.
- Hernández Prado, Celia M[a.] Sistema de control biomecánico para retroalimentar la carrera de 100 metros planos.--Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Pedagógicas.—Ciudad de la Habana, 2000.
- Mazzeo E. A. Entrenamiento de velocidad./ E. Ángel Mazzeo.-- http://www.sobreentrenamiento.com/
- Ozolin, N.G. Atletismo / D.P. Markov.-- La Habana: Redacción de Cultura Física y Deportes, 1991.-- 283 p.
- Scientific Proyect Team on behalf of the International Athletic Foundation. Scientific report on the II World Championships in Athletics Rome 1987. – 2. Ed. – Marshallarts: International Athletic Foundation, 1990. – 525p.
- The I A A F World Championship in Athletics, Sevilla 99 . Biomechanical Analysis : throwirng and running events . Results of the 100 m women . - - Madrid : Consejo Superior de deporte , 1999 . - - 17 h . - - (Laboratory of Biomechanics CARICD) (CSD).

- The I A A F World Championship in Athletics, Sevilla 99 . Biomechanical Analysis : throwirng and running events . Results of the 100 m women . - - Madrid : Consejo Superior de deporte , 1999 . - - 17 h . - - (Laboratory of Biomechanics CARICD) (CSD).

- Utkin ,V.L. Aspectos Biomecánicos de la Táctica Deportiva,- -p. 58-59, 70--Moscú 1988.