

## ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE LOS MEJORES LANZADORES DE PESO ESPAÑOLES Y DEL MUNDO CON KINESCAN/IBV. ASPECTOS METODOLÓGICOS Y PRÁCTICOS

*Dr. Xavier Aguado Jódar*

Facultad de Ciencias del Deporte  
Universidad de Castilla la Mancha

*José Luis López Elvira*

Becario de investigación  
INEF / Universidad de León

*Ignacio Grande Rodríguez*

Becario de investigación  
INEF / Universidad de León

EN LOS ÚLTIMOS 4 AÑOS (1996-1999) EN EL LABORATORIO DE BIOMECÁNICA DEL INEF/Universidad de León hemos realizado un seguimiento de la técnica de los mejores lanzadores y lanzadoras españoles con Kinescan/IBV, tanto en pruebas de control como en competiciones oficiales, con el apoyo de un proyecto de investigación de la CICYT y 3 proyectos del Consejo Superior de Deportes. En el seguimiento hemos contado con la ayuda de Carlos Burón Fresno, responsable nacional de lanzamientos de la Real Federación Española de Atletismo y la colaboración de los mejores lanzadores(as) españoles(as). Así se ha ido puliendo la metodología de análisis cinemático del lanzamiento de peso, que finalmente hemos aplicado en una acción especial de la CICYT y una subvención de la Junta de Castilla y León al estudio de los finalistas de la competición masculina y femenina en el Campeonato del Mundo de Atletismo Sevilla'99.

### **Study of the technique of the best shot-putting athletes in Spain and the world using Kinescan/IBV. Methodological and practical aspects**

During the last 4 years (1996-1999), the Biomechanics Laboratory of the INEF/Universidad de León has been following up the technique of the best shot-putting Spanish athletes using Kinescan/IBV, both in control training and in official competitions, with the support of CICYT and the Sports Council. In this follow-up study we were supported by Carlos Burón Fresno, national responsible for shot-putting of the Real Federación Española de Atletismo and the co-operation of the best athletes in the discipline. The methodology of kinematic analysis of shot-putting has been improved, and finally applied to the study of the finalists in the World Championship Sevilla 99, thanks to the support of the CICYT and the Junta de Castilla y León.

### **INTRODUCCIÓN**

Las herramientas de análisis biomecánico han evolucionado considerablemente en los últimos años. Los sistemas de análisis cinemático basados en filmaciones de vídeo o cine

permiten analizar a los atletas en **situación real de competición**. Situación a la que se atribuyen las características de realizarse al máximo de las posibilidades del atleta y que se supone, por tanto, irreproducible en >

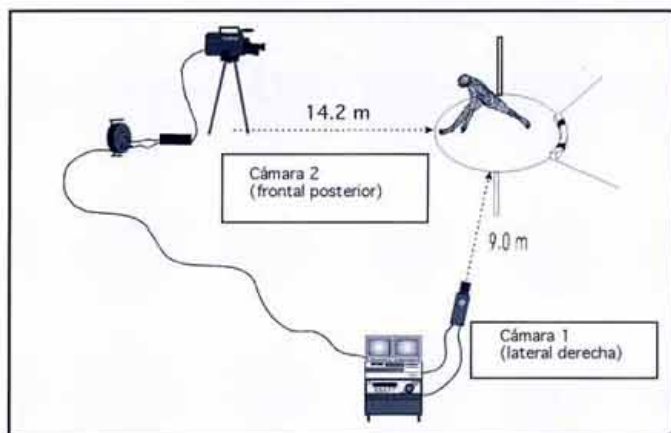


Figura 1: Colocación ideal de las cámaras para el análisis cinemático del lanzamiento de peso. Las distancias y colocación exacta que muestra la Figura corresponden al Campeonato de España de Atletismo Salamanca '97.

>condiciones de laboratorio. Por otro lado, las condiciones en las que se hacen estos estudios han evolucionado enormemente, desarrollándose herramientas de suavizado más depuradas, los programas permiten digitalizar de forma más cómoda y apareciendo mayores posibilidades en el manejo y exportación de los resultados.

Hay que decir también que en las técnicas deportivas como el lanzamiento de peso, en las que no hay aceleraciones muy bruscas, de muy corta duración y con posibles cambios frecuentes e impredecibles de sentido, se ha **generalizado el uso del vídeo** (con una frecuencia de registro en el sistema europeo PAL/SECAM de 50 Hz) frente al cine de alta velocidad, por la mayor comodidad, menor espacio de almacenamiento y menor coste del primero.

## METODOLOGÍA

El apartado de metodología se ha dividido en comentarios sobre las características de las filmaciones, el modelo utilizado, aspectos de la digitalización y suavizado y, por último, las variables estudiadas.

### Filmaciones

Nosotros filmamos habitualmente con un camascopio de vídeo doméstico (Panasonic MS1) que manda sincronía a una cámara de circuito cerrado (Panasonic WV-BL600) que actúa como esclava. En la **ubicación ideal de las cámaras** (Figura 1) nos aseguramos con la cámara **lateral derecha** de

que en los atletas diestros el peso se podrá ver, salvo en los primeros fotogramas, en el resto de su recorrido. En el caso de tener la cámara en posición lateral izquierda el peso quedaría oculto en una parte importante de su recorrido. Por otro lado la cámara **frontal posterior** permite ver al lanzador correctamente, con pocos puntos ocultos. En el caso de una colocación frontal anterior u oblicua delantera la posición de los pies permanecería oculta tras el cajetín de la parte anterior del círculo de lanzamiento.

En la mayoría de estudios hemos realizado las **filmaciones desde la propia pista** por la dificultad de hacerlo desde las gradas (con distancias entre 6 y 17 m entre las cámaras y el círculo de lanzamiento), ya que en la competición de lanzamiento de peso, a diferencia, por ejemplo, del martillo o disco, circulan habitualmente muchas personas cerca del círculo, cruzándose frecuentemente en las direcciones de filmación. Para evitar los cruces ubicamos al lado de una de las cámaras a un investigador con 2 pequeños monitores de 9" que le permiten visualizar ambas cámaras a la vez, mientras que una segunda persona que se encuentra a la escucha de las indicaciones de la primera con un receptor de radio, se encarga de despejar diplomáticamente a quien se encuentre en las direcciones de filmación durante el lanzamiento.

En el Campeonato del mundo de Sevilla '99, ante la imposibilidad de realizar las filmaciones desde la propia pista por motivos de organización, elegimos hacerlo desde la parte superior del estadio, ya que cuanto más cenitales sean los planos tanto más se logra evitar el cruce de personas que se mueven cerca del círculo. No obstante se magnifican los **errores de digitalización** al aumentar el número de puntos ocultos y no ser la mejor de las perspectivas posibles.

### Modelos

Dependiendo del estudio hemos combinado modelos desde 1 solo punto (correspondiente al peso) con el que se puede realizar una digitalización rápida, obteniendo algunas de las variables más representativas del lanzamiento, hasta 27 puntos en el modelo más completo que hemos considerado. En este último, el tronco se divide en 2 partes para estudiar su flexión; en la cabeza se digitaliza la nariz para poder estudiar su rotación y en los pies se marcan las segundas cabezas de metatarsianos para poder precisar si se apoya entero, de antepié o simplemente la puntera.



Campeonato de España de Atletismo. San Sebastián 98.  
Análisis biomecánico. Prueba masculina.

### Digitalización y suavizado

Hemos empleado siempre el método de suavizado GCV de splines a la 5ª potencia, usando como factor de peso la máxima desviación típica de cada punto del modelo hallada tras la digitalización de 5 a 10 veces de un mismo lanzamiento, en cada una de las competiciones.

Siempre que hemos filmado en las condiciones óptimas (definidas anteriormente), hemos obtenido como peor punto digitalizado el **codo derecho** (en su coordenada X hemos calculado una SD de  $\pm 0.043$  m). Las mínimas desviaciones las hemos tenido en la digitalización de **la punta, el metatarso y el tobillo del pie derecho** (SD de las coordenadas Z de la punta y metatarso derechos  $\pm 0.004$  m; SD de la coordenada Y del tobillo derecho  $\pm 0.004$  m). La digitalización del **peso** presenta también variaciones muy pequeñas (SD coordenada X:  $\pm 0.014$  m; coordenada Y:  $\pm 0.005$  m; coordenada Z:  $\pm 0.007$  m).

### Variables estudiadas

En la elección de las variables estudiadas ha jugado un papel relevante el contacto frecuente con Carlos Burón, entrenador destacado de lanzadores de alto nivel. El consejo de los entrenadores sirve para poder **seleccionar**, de entre la gran cantidad de variables posibles a estudiar, cuáles son más representativas o más útiles para el seguimiento o el estudio de la técnica de los atletas. Así, en los análisis de propósito científico (Grande, 1999c) se han analizado un gran número



Campeonato de España de Atletismo. San Sebastián 98.  
Manuel Martínez.

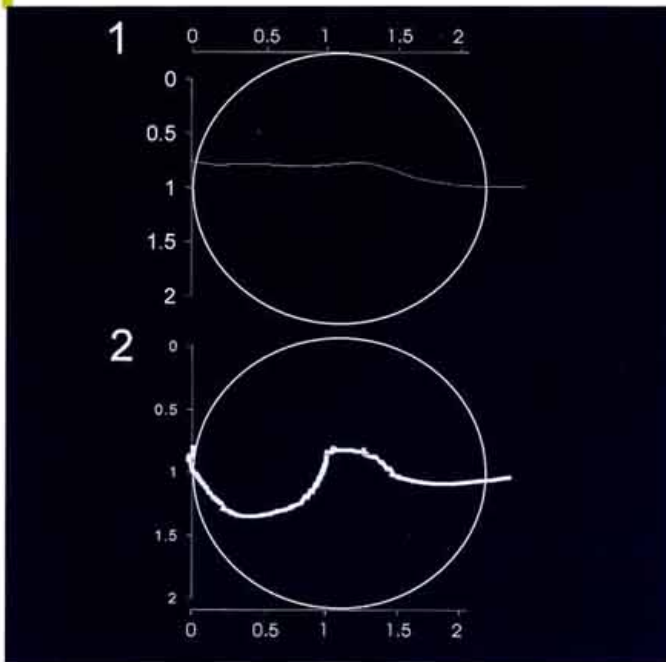


de variables cinemáticas, pero al transferir resultados a los entrenadores se han utilizado **planillas sencillas**, que han sido previamente **consensuadas** teniendo presente el criterio de la aplicabilidad de los resultados.

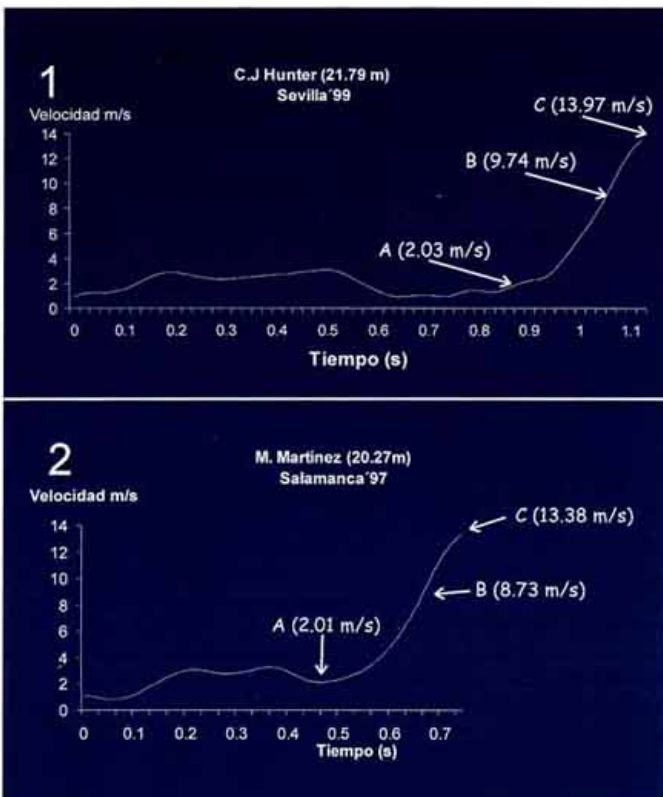
Dar al entrenador cientos de datos, y aun más, si parte de ellos son de difícil comprensión, dificulta que puedan usarlos para el entrenamiento de sus atletas y distancia la biomecánica del objetivo perseguido. Creemos que este aspecto ha de marcar la pauta en la relación entrenador-biomecánico en otros estudios.

### RESULTADOS

En los 4 años de seguimiento de la técnica en los mejores lanzadores de peso hemos pulido no solo aspectos metodológicos, sino también adquirido una base de datos amplia sobre las características cinemáticas de los lanzamientos y hemos ido conociendo algunas de las limitaciones y relaciones que condicionan la técnica. En este apartado, a modo de ejemplos, se comentarán algunos de estos resultados. >



**Figura 2:** Recorrido del peso. Arriba (1) en el lanzamiento de Manuel Martínez (con técnica lineal) en el Campeonato de España de Atletismo Salamanca '97, en el que realizó nuevo récord de España con 20.27 m. Abajo (2) el lanzamiento ganador del Campeonato del Mundo de Atletismo Sevilla '99 a cargo de C.J. Hunter (21.79 m) mediante la técnica de rotación. Se puede observar como en el segundo lanzamiento el peso realiza un recorrido más largo.



**Figura 3:** Velocidad del peso. Arriba (1) en el lanzamiento de Manuel Martínez en Salamanca '97. Abajo (2) lanzamiento de Hunter en Sevilla '99. Obsérvese cómo en el instante de obtener la posición de fuerza las velocidades de ambos no difieren mucho a pesar de haber tenido Hunter un mayor recorrido previo de aceleración (Figura 2).

### >Ventajas e inconvenientes del lanzamiento en rotación

Hay 2 técnicas básicas de lanzamiento de peso: **la lineal y la de rotación** (Figura 2). En la primera se da inicialmente un deslizamiento hacia delante y posteriormente se lanza, mientras que en la segunda se realiza un giro y medio a medida que el lanzador avanza en el círculo, previamente al lanzamiento. Se podría suponer que en la segunda, al realizar el peso un camino de aceleración más largo, podría conseguir una mayor velocidad en la liberación. Este supuesto lo habíamos descartado estudiando los atletas españoles (Aguado y cols, 1997); en ellos teníamos un atleta de nivel mundial lanzando en lineal (Manuel Martínez), pero el nivel de los que lanzaban en rotación era bastante inferior. No obstante, en Sevilla '99 hemos podido corroborar la hipótesis con el reciente campeón del mundo (Hunter; 21.79 m).

Se puede comparar la técnica lineal con la de rotación observando la velocidad que tiene en ambas el peso en el instante en que ambos pies se encuentran ya en contacto con el suelo (denominada **posición de fuerza**) formando la definitiva base de sustentación sobre la que se lanzará. En dicho instante observamos como la velocidad del peso en ambas técnicas es similar (Figura 3). Entonces ¿por qué realizar un recorrido mayor si cuando se llega a este instante se tiene una velocidad similar en las 2 técnicas? Algunos autores (Zatsiorsky, 1990) comentan que la posible ventaja de la técnica en rotación podría encontrarse en poder conseguir un mayor ángulo de rotación entre las cinturas pélvica y escapular al llegar a la **posición de fuerza**, permitiendo ganar una mayor velocidad en la última fase del lanzamiento. No obstante, aquellos lanzadores que, usando la técnica lineal, consiguieran ángulos de rotación de cinturas pélvico-escapular iguales o superiores a quienes lanzan en rotación podrían obtener mayores beneficios con la técnica lineal, al poder controlar mejor la dirección que tomará el peso. Tal es el caso de Manuel Martínez quien en los lanzamientos estudiados ha presentado un ángulo de  $68.1 \pm 8^\circ$ , superior incluso al que presentó Hunter en su lanzamiento ganador en Sevilla ( $63.5^\circ$ ).

### Cinemática de los miembros inferiores en la técnica lineal

En la técnica lineal de lanzamiento existen 2 variantes en función de si predomina la distancia cubierta con el deslizamiento inicial o la distancia de la base de sustentación en la **posición de fuerza**. Hemos visto cómo en los atletas españoles predomina la segunda de estas distancias, en lo que se denomina técnica "**corta-larga**". En todos los atletas españoles analizados se ve que la última parte en perder contacto con el suelo en el deslizamiento es el retropié, lo que señalan algunos autores que podría asociarse a lanzadores de baja estatura (Grigalka y Papanova, 1980). Las distancias medias y desviaciones típicas cubiertas por nuestros atletas en las fases de deslizamiento y sustentación son respectivamente  $0.96 \pm$

0.16 m y  $1.574 \pm 0.122$  m. También hemos visto que se asociaba significativamente en nuestros atletas el tener más distancia de deslizamiento con aumentar la distancia del lanzamiento (Grande y cols, 1999b).

### Especificidad en el entrenamiento de la fuerza

Se estudió en una tesina las posiciones, rangos, direcciones de movimiento y velocidades de la extremidad superior de lanzamiento y la parte superior del tronco desde la **posición de fuerza** hasta la liberación del peso (Grande, 1998). A raíz de este estudio se puso de relieve que el ejercicio de *press banca*, utilizado por los lanzadores para el entreno de fuerza no respeta el movimiento realizado en la fase final del lanzamiento. Mientras en el *press banca* se realiza una aducción del hombro en un plano transversal, este movimiento es mínimo en un lanzamiento real, en el que sí se realiza en cambio una rotación importante de la cintura escapular (Grande y cols 1998) (Figura 4). Así concluimos diseñando una máquina de trabajo (simulador) de la **fuerza especial** para lanzadores partiendo de los resultados de lo que ocurre en situación real de competición.

### Técnica individual de lanzamiento de Manuel Martínez

Finalmente, hemos analizado la técnica individual de nuestro mejor lanzador de peso (Manuel Martínez) en los Campeonatos de España de Atletismo de 1996, 1997 y 1998, en todos los lanzamientos válidos ( $n=11$ ) con distancias entre 19.32 m (Málaga 96) y 20.27 (Salamanca 97). Hemos valorado la técnica desde un punto de vista biomecánico y establecido correlaciones entre las diferentes variables estudiadas y las que definen el éxito del lanzamiento (sobre todo la velocidad de liberación). Hemos observado, tal como se podía esperar, una buena correlación entre velocidad de liberación y distancia del lanzamiento ( $r=0.88$ ;  $p<0.001$ ) y también hemos encontrado 7 variables con una  $r>0.7$  y  $p<0.001$  al correlacionarlas con la velocidad de liberación. Entre ellas se encuentran: la altura del peso en la posición inicial ( $r=0.73$ ), la altura recorrida por el peso en la segunda mitad de la fase final y la variación del ángulo de la rodilla izquierda en esta misma fase ( $r=0.78$ ) (Grande, 1999c). En la discusión de la tesis de Grande se realiza una interpretación global de la relación de unas variables con otras dentro de lo que sería la **estructura de la técnica individual** de nuestro mejor lanzador.

### BIBLIOGRAFÍA

Aguado, X. (1993) "Eficacia y técnica deportiva. Análisis del movimiento humano". INDE. Barcelona.

Aguado, X.; Burón, C.; Izquierdo, M y López, J.L. (1997) "Análisis biomecánico del lanzamiento de peso: técnica lineal frente a la técnica en rotación". R.D. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, XI, 1: 27-32.

Aguado, X.; Alonso, A.; Bermejo, I.; González, J.L. y López, J.L. (1998) "Representación realista en 3D de la técnica deportiva". Cap. 2, 5-18. Universidad de León. León.

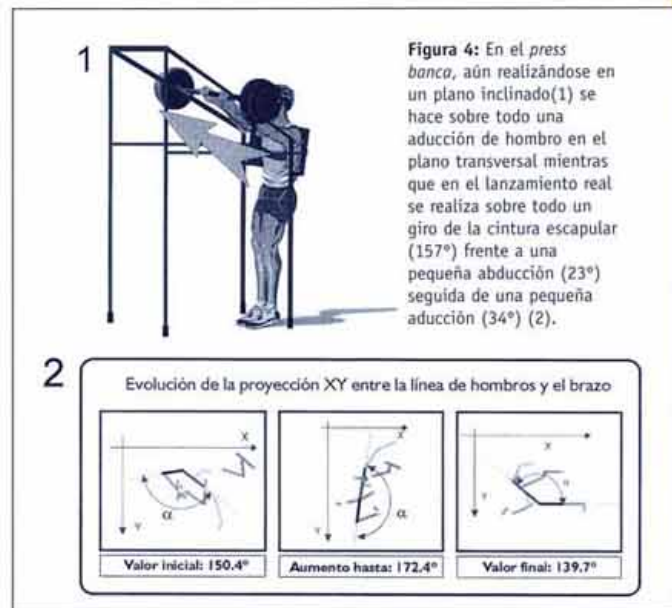


Figura 4: En el *press banca*, aún realizándose en un plano inclinado(1) se hace sobre todo una aducción de hombro en el plano transversal mientras que en el lanzamiento real se realiza sobre todo un giro de la cintura escapular ( $157^\circ$ ) frente a una pequeña abducción ( $23^\circ$ ) seguida de una pequeña aducción ( $34^\circ$ ) (2).

Aguado, X. ; Grande, I.; Meana, M. y López, J.L. (1999) "Sincronización versus secuenciación de los impulsos parciales. A raíz de un estudio de los mejores atletas españoles de lanzamiento de peso". *Archivos de Medicina del Deporte*. Sometido a revisión para publicación.

Bravo, J. (1993) "Lanzamiento de peso". En *Atletismo (III)*. Comité Olímpico Español. Madrid: 13-101.

Burón, C. (1993) "Los lanzamientos en el mundial de Stuttgart y la preparación de Manuel Martínez" Capítulo 9 en "Campeonato Mundial de Stuttgart '93. El entrenamiento de los atletas más destacados". Cuadernos de Atletismo, nº 33. Primeras jornadas técnicas ENE. Escuela Nacional de Entrenadores. Centro de Documentación, Real Federación Española de Atletismo. Madrid.

Erdozain, M.A. (1977) "Trayectoria de desplazamiento del peso durante el lanzamiento". *Revista Española de Atletismo*. 81-82: 17-23.

González, J.L.; Bermejo, I.; Grande, I. ; Meana, M.; López, J.L. y Aguado, X. (1998) "Análisis comparativo de los lanzamientos de peso de Manuel Martínez en los Campeonatos de España de Atletismo de 1996 y 1997". En: *Biomecánica aplicada al deporte I*, Cap.17, 127-130. Universidad de León. León.

Grande, I. ; Meana, M.; López, J.L. y Aguado, X. (1998) "Aplicación al entrenamiento del estudio cinemático del lanzamiento de peso". En: *Biomecánica aplicada al deporte I*, Cap.19, 133-168. Universidad de León. León.

Grande, I. (1998) "Estudio cinemático de la fase final del lanzamiento de peso en los mejores atletas españoles. Aplicación al entrenamiento de la fuerza por medio de ejercicios especiales". Tesina Laboratorio de Biomecánica INEF de León. León.

Grande, I.; Meana, M.; López, J.L. y Aguado, X. (1999 a) "Aplicación al entrenamiento especial de la fuerza del estudio cinemático del lanzamiento de peso". *Archivos de Medicina del Deporte*. XVI, nº 70, 133-141.

Grande, I. ; Meana, M.; López, J.L. y Aguado, X. (1999 b) "Biomecánica de los miembros inferiores en la técnica lineal del lanzamiento de peso en los finalistas del campeonato de España de atletismo San Sebastián '98". *Archivos de Medicina del Deporte*. Aceptado: pendiente de publicación.

Grande, I. (1999 c) "Estudio cinemático de la técnica individual del lanzamiento de peso". Tesis Doctoral Universidad de León.

Grigalka, O. y Papanova, V. (1980) "Shot put Technique Analysis: Udo Beier". *Soviet Sport Review*. 15(1) 34-36.

Martínez, M. y Esparza, E. (1985) "Propiedades biomecánicas del músculo y su aplicación al lanzamiento de peso". *APUNTS, Medicina de l'Esport*. Vol. XXII, 85: 33-39.

Turk, M. (1997) "Building a Technical Model for the Shot Put". *Track Coach*, 141: 4489-4499.

Zatsiorsky, V.M. (1990). "The biomechanics of shot putting technique". *Techniques in Athletics*. The First International Conference, Keinote Symposia. Volumen 1: 118-125.