

Optimización del rendimiento de los árbitros de fútbol con ayuda del análisis biomecánico

J. MALLO SAINZ, J.M. GARCÍA-ARANDA ENCÍNAR, E. NAVARRO CABELLO¹

¹Laboratorio de Biomecánica Deportiva. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Madrid (INEF). Universidad Politécnica de Madrid.

²Comisión de Árbitros y Árbitros Asistentes de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA).

Resumen

El objetivo del presente proyecto de investigación era proporcionar un apoyo científico a la Comisión de Arbitraje de la Federación Internacional de Fútbol (FIFA). Con el propósito de mejorar el rendimiento de los árbitros y árbitros asistentes durante la competición en el fútbol, se desarrolló una metodología para el análisis del juego basada en la Fotogrametría en 2 Dimensiones. Durante el Campeonato del Mundo Sub-17 disputado en Finlandia en el año 2003, se filmaron 12 partidos de la primera fase de la competición para analizar el rendimiento físico y técnico de los jueces. La técnica instrumental desarrollada permitió la obtención de resultados relativos a la distancia total recorrida durante los partidos, la distribución de los esfuerzos en función de la velocidad de los desplazamientos, las características temporales del ejercicio realizado a una alta intensidad y el análisis de las distancias a las que los árbitros señalaban las infracciones. Toda esta información permite profundizar en el conocimiento de las demandas experimentadas por los árbitros durante el juego y facilita la programación de entrenamientos más específicos según las exigencias reales de la competición.

Palabras clave: fotogrametría, fútbol, árbitros.

Abstract

The aim of this research project was to give a scientific advisory to the Refereeing Department of the Football Association International Federation (FIFA). In order to improve the performance of referees and assistant referees during football match-play, a bidimensional photogrammetric technique was developed for match-analysis. Twelve matches from the FIFA U-17 World Championship held in Finland in 2003, were filmed to analyze the technical and physical performance of the officials. The present methodology allowed obtaining results relative to the total distance covered during the matches, the time-motion analysis of the displacements, the temporal characteristics of high-intensity exercise and the referees' distance from infringements. All this data allows obtaining a detailed information about the demands placed on the referees during competition and helps programming training plans more specific to the real demands of the game.

Key words: photogrammetry, football (soccer), referees.

Correspondencia:

J. Mallo Sainz.

Laboratori de Biomecánica Deportiva, INEF Madrid.

C/ Martín Fierro s/n (Ciudad Universitaria)

28080 Madrid

E-mail: jmallo@inef.upm.es

Telf. 605 509 589

Introducción

El deporte de Alto Rendimiento representa una de las mayores expresiones culturales a comienzos del siglo XXI. El fútbol es uno de los deportes más importantes a nivel mundial por el volumen de practicantes del juego y su trascendencia a nivel de medios de comunicación. La Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) es la entidad que organiza y controla el correcto desarrollo del deporte.

Esta importancia que socialmente se le concede al deporte del fútbol contrasta con el escaso conocimiento científico que se dispone del mismo. Los árbitros han sido los grandes olvidados de la investigación en el ámbito del fútbol, a pesar de que se ven sometidos a una gran presión durante los partidos. El análisis de las demandas físicas que supone el arbitraje ha sido realizado tradicionalmente con el empleo de métodos subjetivos. Entre estas metodologías cabría destacar las técnicas de calcado de las trayectorias de los jueces sobre un diagrama a escala del campo (Asami y col., 1988) o el cronometraje del tiempo que el árbitro empleaba en cada tipo de desplazamiento y su multiplicación por la velocidad media de cada tipo de esfuerzo (Johnston y McNaughton, 1994).

El objetivo principal de esta exposición es presentar una línea de trabajo establecida entre el La-

boratorio de Biomecánica Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Madrid (INEF) y la Comisión de Árbitros y Árbitros Asistentes de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA). A través de esta colaboración se pretendía proporcionar un apoyo científico a la FIFA para optimizar el rendimiento de los árbitros, con dos estrategias diferentes de intervención (*figura 1*). Por una parte, se elaboraba un informe a corto plazo en el que se incluían aspectos relativos al rendimiento técnico de los árbitros y asistentes durante los partidos (distancias a las infracciones). Por otro lado, se elaboraba un informe a más largo plazo en el que se reflejaban los apartados que concernían al rendimiento físico de los jueces durante los partidos, es decir, las variables cinemáticas más relevantes utilizadas para caracterizar la intervención de cada juez (distancia total recorrida, distribución de los esfuerzos según la intensidad de los mismos, características del ejercicio realizado a una alta intensidad, etc.).

Material y Métodos

La técnica experimental empleada en el presente trabajo se denomina Fotogrametría en 2 Dimensiones. Esta metodología está basada en la previamente descrita por Van Gool y col. (1988) y

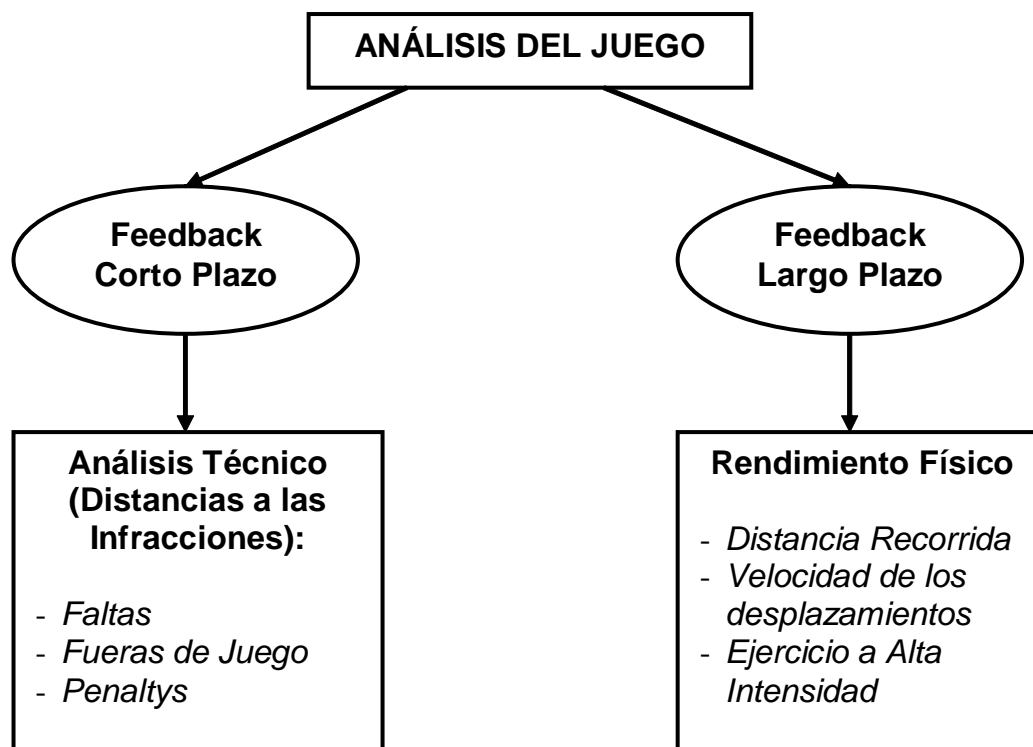


Figura 1. Estrategia de intervención INEF - FIFA.

permite obtener las coordenadas (x,y) de puntos en el plano a partir de las imágenes obtenidas desde una o más cámaras de vídeo. Para llevar a cabo la investigación, se filmaron 12 partidos correspondientes al Campeonato del Mundo de fútbol Sub-17, organizado por la FIFA, que se celebró en Finlandia en agosto del año 2003. Los partidos se filmaron utilizando tres cámaras de vídeo que se situaban en la tribuna principal de los estadios (*figura 2*), intentando lograr una imagen lo más cenital posible y un campo de filmación amplio. Con esta disposición de las tres cámaras se conseguía filmar la totalidad de la superficie de juego. Una vez ubicadas las cámaras, se procedía al ajuste de las ópticas (luz, enfoque, obturador, etc.) y finalizado este proceso, las cámaras permanecían fijas durante toda la filmación. Para cada una de las cámaras se desarrollaba un sistema de calibración formado por 6 puntos. Las coordenadas reales de estos puntos se medían sobre el terreno de juego antes de dar comienzo los partidos (*figura 3*).

La segunda parte de la técnica experimental se llevó a cabo en el Laboratorio de Biomecánica Deportiva del INEF de Madrid. Todas las cintas de vídeo obtenidas durante el proceso de filmación de los partidos eran volcadas a un ordenador con la ayuda de una tarjeta capturadora de imagen y posteriormente sincronizadas mediante el programa SINCRO. Utilizando el software PHOTO 23D, la

posición de los árbitros y de los árbitros asistentes era digitalizada en cada uno de los fotogramas (*figura 4*). El criterio empleado para la digitalización era marcar la proyección vertical del centro de gravedad del deportista sobre el terreno de juego. A continuación, se digitalizaba el sistema de calibración para cada una de las cámaras y se exportaban todos los datos digitalizados en forma de fichero de texto. El programa BIOMECH, que emplea algoritmos basados en la DLT (Abdel-Aziz y Karara, 1971), permitía la transformación de las coordenadas digitalizadas en la pantalla (en pixels) a coordenadas reales (en metros). Para calcular las distancias a las infracciones, se digitalizaba el fotograma en el cual se visualizaba la infracción y se marcaba la posición del árbitro y del lugar en el cual ocurría la infracción.

Resultados

A modo de ejemplo, se muestran algunos de los resultados obtenidos durante la investigación en cuanto a la distancia total recorrida por los árbitros y su distribución en períodos de juego (*figura 5*), la distribución de los desplazamientos en categorías según la velocidad de los mismos (*figura 6*), la distribución temporal del ejercicio realizado a una alta intensidad (*figura 7*) o las distancias de los árbitros a las infracciones según la zona del campo en la que éstas se señalaban (*figura 8*).



Figura 2. Ubicación de las cámaras en la parte superior de la tribuna de los estadios.



Figura 3. Medición del sistema de calibración sobre el terreno de juego.

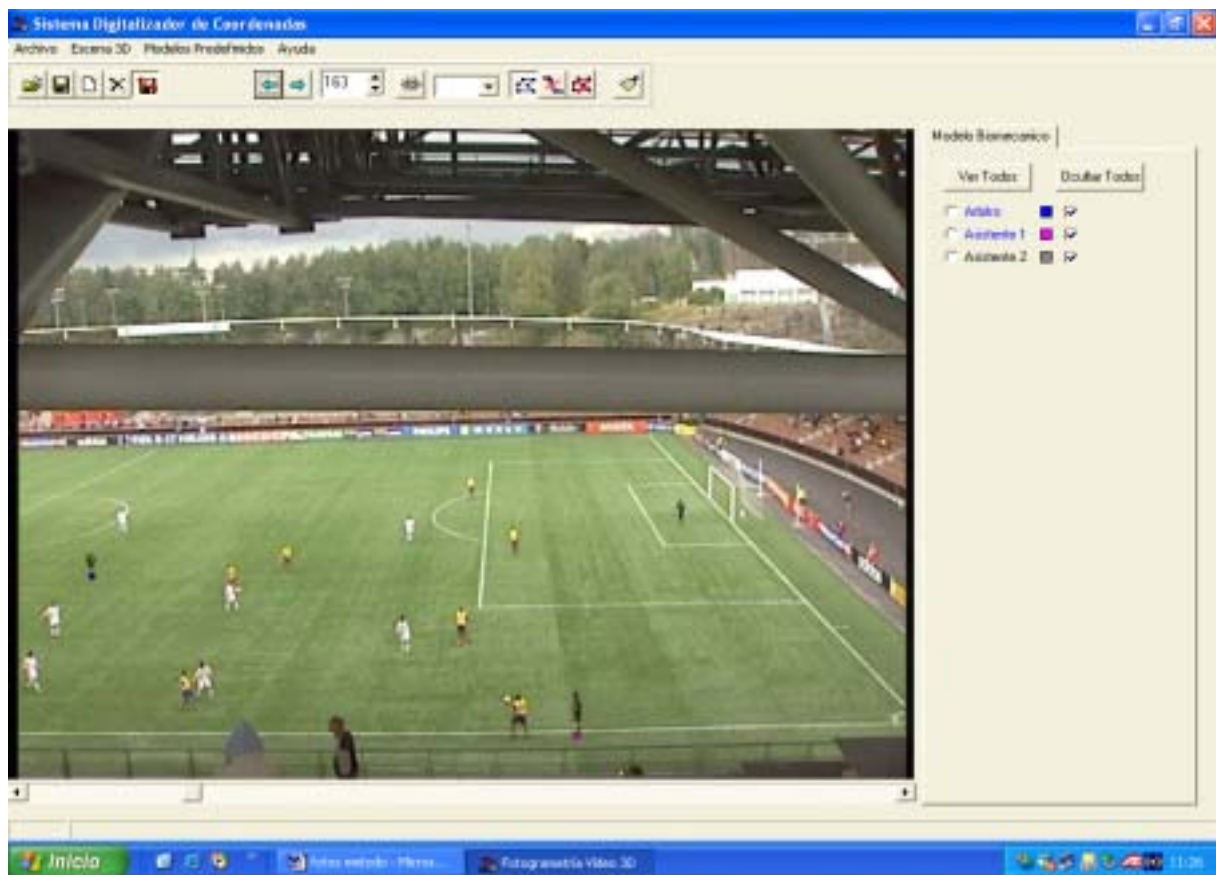


Figura 4. Digitalización de la posición de los jueces utilizando el programa Photo23D.

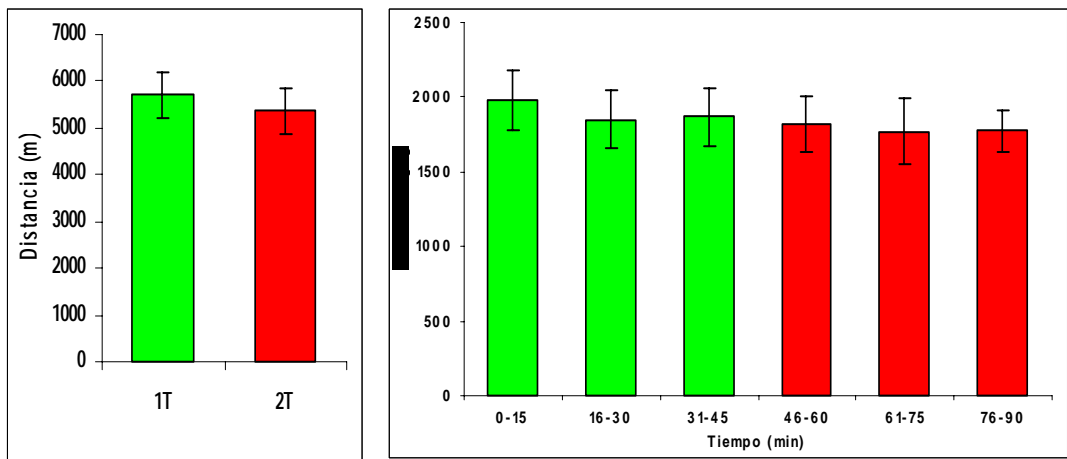


Figura 5. Distribución de la distancia recorrida por los árbitros en intervalos de 45 y 15 minutos.

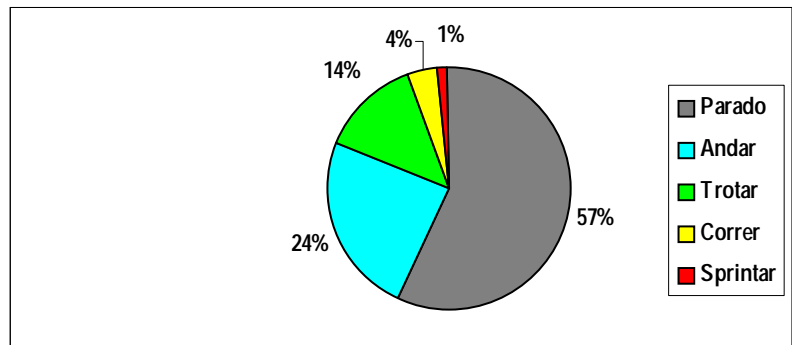


Figura 6. Distribución en categorías, según la velocidad lineal, de los desplazamientos de los árbitros asistentes.

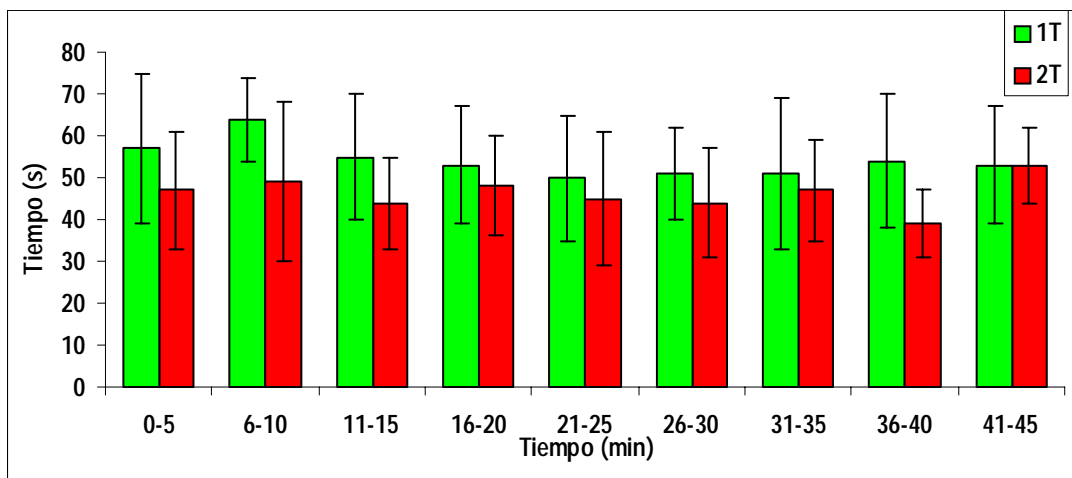


Figura 7. Comparación del Ejercicio realizado a una Alta Intensidad por los árbitros en intervalos de 5 minutos entre el primer y segundo tiempo de los partidos.

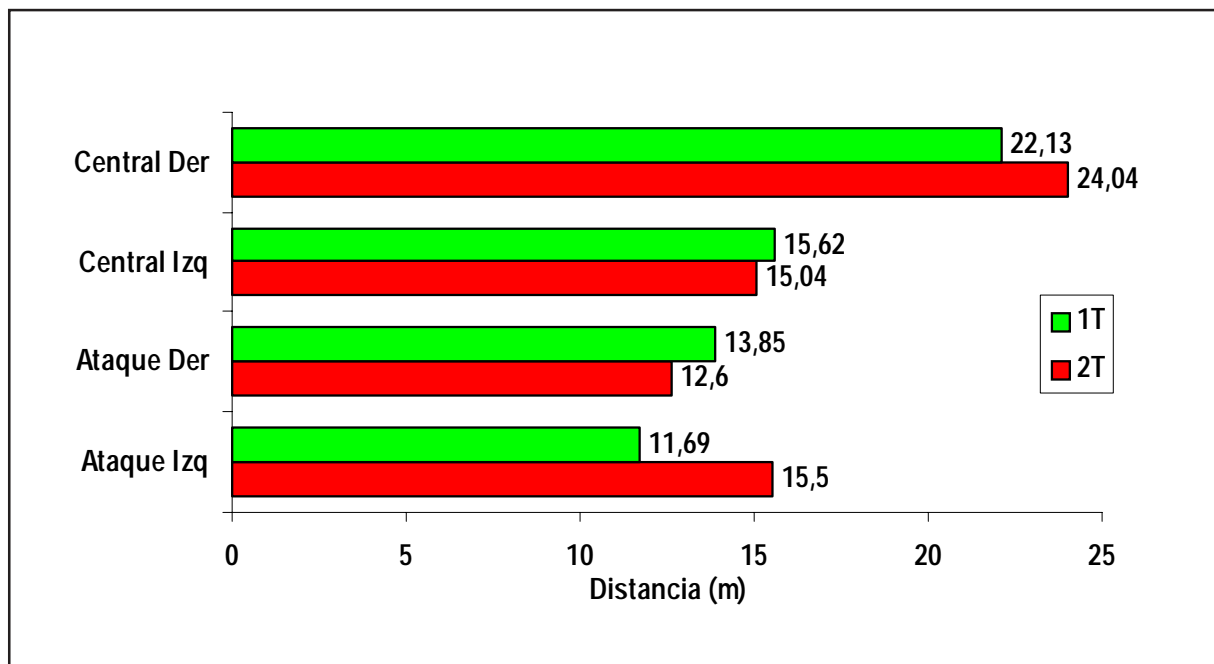


Figura 8. Comparación de la distancia a la que los árbitros señalaban las infracciones según la zona del campo y el período de juego.

Discusión

Los datos obtenidos durante la investigación del análisis del juego se compararon con aquellos publicados en la literatura internacional (Krustrup y Bangsbo, 2001; D'Ottavio y Castagna, 2001). A partir de los ratios de trabajo encontrados, el arbitraje en el fútbol se puede caracterizar como un ejercicio intermitente de alta intensidad, en el que períodos prolongados de actividad de baja intensidad basados en el metabolismo aeróbico se alternan con breves períodos realizados a una máxima intensidad (sprint), lo que requiere que el juez desarrolle su condición física de una manera muy específica.

Conclusiones

El presente trabajo ha permitido elaborar un perfil de trabajo de los árbitros y árbitros asistentes utilizando una metodología objetiva para la obtención de los resultados. Toda la información alma-

cenada permite crear un cuerpo de conocimiento científico para el entrenamiento de los jueces, en función de las demandas del juego, y para evaluar su actuación individual durante los partidos. De esta manera, se pueden programar sesiones de entrenamiento más específicas a las exigencias competitivas, de acuerdo al rendimiento de cada árbitro y así poder potenciar cualquier tipo de deficiencia observada. Al mismo tiempo, los resultados pueden utilizarse con fines técnicos o tácticos.

Agradecimientos

El presente trabajo ha sido realizado gracias al apoyo económico y logístico de la Comisión de Árbitros y Árbitros Asistentes de la FIFA. El Laboratorio de Biomecánica Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de Madrid ha facilitado todos los medios materiales para llevar a cabo el trabajo y ha desarrollado las aplicaciones informáticas (programas SINCRO, PHOTO 23D y BIOMECH) que han posibilitado la realización de la investigación.

Bibliografía

1. **Asami T, Togari H y Ohashi J.** Analysis of movement patterns of referees during soccer matches. En: Reilly T, Lees A, Davids K y Murphy WJ (editores), *Science and Football*, E & FN Spon; London. 1988: 341-345.
2. **Johnston L y McNaughton L.** The physiological requirements of soccer refereeing. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*. 1994; 26: 67-72.
3. **Van Gool D, Van Gerven D y Boutmans J.** The physiological load imposed on soccer players during real match-play. En: Reilly T, Lees A, Davids K y Murphy WJ (editores), *Science and Football*, E & FN Spon; London. 1988: 51-59.
4. **Abdel-Aziz YI y Karara HM.** Direct linear transformation from comparator coordinates into space coordinates in close range photogrammetry. En: American Society of Photogrammetry (editores), *Proceedings of the Symposium on close range photogrammetry*. Falls Church, Estados Unidos. 1971: 1-18.
5. **Krustrup P y Bangsbo J.** Physiological demands of top-class refereeing in relation to physical capacity: effect of intense intermittent exercise training. *Journal Sports Sciences*; 19: 881-891.
6. **D'Ottavio S y Castagna C.** Physiological load imposed on soccer referees during actual match-play. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*; 41: 27-32.