

Ballesta Castells, C.; García Romero, J.; Fernández García, J.C. y Alvero Cruz, J.R. (2015). Métodos actuales de análisis del partido de fútbol / Current Methods of Soccer Match Analysis. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 15 (60) pp. 785-803. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista60/artmetodos632.htm>

## REVISIÓN / REVIEW

# MÉTODOS ACTUALES DE ANÁLISIS DEL PARTIDO DE FÚTBOL

## CURRENT METHODS OF SOCCER MATCH ANALYSIS

**Ballesta Castells, C.<sup>1</sup>; García Romero, J.<sup>2</sup>; Fernández García, J.C.<sup>3</sup> y Alvero Cruz, J.R.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Doctor por la Universidad de Málaga, Profesor de Educación Física en el IES Arroyo de la Miel, Málaga, España, cballestac@gmail.com.

<sup>2</sup>Doctor en Medicina, Profesor Titular del Área de Educación Física y Deportiva, Departamento de Fisiología Humana y Educación Físico Deportiva, Universidad de Málaga, España, jeronimo@uma.es.

<sup>3</sup>Doctor en Pedagogía, Profesor Titular del Área de Educación Física y Deportiva, Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal, Universidad de Málaga, España, jcfg@uma.es.

<sup>4</sup>Doctor en Medicina, Profesor Titular del Área de Educación Física y Deportiva, Departamento de Fisiología Humana y Educación Físico Deportiva, Universidad de Málaga, España, alvero@uma.es.

**FINANCIACIÓN:** esta revisión se incluye dentro de un proyecto de investigación financiado por el Centro Andaluz de Medicina del Deporte de la Junta de Andalucía, Consejería de Turismo, Comercio y Deporte, B.O.J.A. nº 239. ORDEN de 9 de Noviembre de 2006.

**Código UNESCO / UNESCO code:** 5899 Otras especialidades pedagógicas (Educación Física y Deporte) / Other pedagogical specialities (Physical Education and Sport).

**Clasificación del Consejo de Europa / Council of Europe Classification:** 4. Educación Física y deporte comparado / Physical education and compared sports

**Recibido** 1 de agosto de 2012 **Received** August 1, 2012

**Aceptado** 18 de noviembre de 2013 **Accepted** November 18, 2013

## RESUMEN

Ha sido realizada una revisión de 86 artículos, con el objetivo de analizar a través de los estudios más recientes los beneficios y limitaciones de los nuevos

sistemas para el análisis del futbolista durante el partido, debido a que las mayores exigencias en el rendimiento del fútbol moderno está obligando a replantearse cuáles son sus demandas físicas, así como los modelos de planificación y los métodos de entrenamiento tradicionales. Los resultados muestran que el vídeo análisis asistido por ordenador para la codificación de los patrones de movimiento y la tecnología GPS se presentan como herramientas de gran utilidad para conocer mejor la carga física del jugador, mientras que el diseño observacional facilita la evaluación del comportamiento técnico-táctico del futbolista y el equipo. Como conclusión podemos decir que hemos observado sin embargo una metodología diferente entre las opciones comerciales disponibles y una tecnología ubicada todavía en una etapa inicial de desarrollo.

**PALABRAS CLAVE:** análisis tiempo-movimiento, fútbol, sistema de seguimiento, GPS, diseño observacional.

## **ABSTRACT**

A review of 86 references has been made, in order to analyze through the most recent studies the benefits and limitations of the new systems for the analysis of soccer player during the match, due to the fact that the greater performance requirements of modern soccer is forcing to review his physical demands, as well as planning models and traditional training methods. The results show that the computer-aided video analysis for coding movement patterns and the GPS technology are presented as very useful tools for a better understanding of the players physical load, whereas the observational design facilitates assessment of the technical-tactical behavior of the soccer player and the team. In conclusion we can say that we have however observed a different methodology among the available commercial options and a technology still placed at an initial stage of development.

**KEY WORDS:** time-motion analysis, soccer, tracking system, GPS, observational design.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Estudiar la actividad que el futbolista realiza durante el partido es imprescindible para planificar su entrenamiento, ajustando así de la manera más precisa posible los medios y procedimientos que permitan preparar al jugador y obtener de él un mayor rendimiento en el juego. El amplio abanico de técnicas utilizadas para ello ha ido desde la observación y anotación en tiempo real, hasta el vídeo análisis computerizado realizado tras la finalización del juego. A pesar de que los sistemas de registro manual han demostrado ser prácticos y accesibles, su validez y fiabilidad depende de ciertos factores, como el número y experiencia acumulada de los observadores utilizados o la perspectiva desde

la que realizan su observación (Barris y Button, 2008; De la Vega-Marcos, Del Valle-Díaz, Maldonado-Rico y Moreno-Hernández, 2008), requiriéndose además mucho tiempo para recoger y analizar los datos (Di Salvo, Collins, Mc Neill y Cardinale, 2006). Además, los métodos tradicionales de análisis del movimiento han pecado de ser muy laboriosos, por lo que su aplicación han quedado restringida a proyectos de investigación desarrollados en la universidad (Carling, Bloomfield, Nelsen y Reilly, 2008).

Algunos de estos sistemas han sido recogidos en varias referencias bibliográficas (Reilly, 2005; Stølen, Chamari, Castagna y Wisløff, 2005; Barris y Button, 2008; Carling y cols, 2008), si bien la cada vez más rápida incorporación de nuevas tecnologías implica que las revisiones deban hacerse con asiduidad. Entre los estudios que analizan los indicadores del rendimiento del jugador durante el partido, existen trabajos sobre el componente técnico táctico del juego, mientras que otros se han centrado en la valoración del esfuerzo físico y/o fisiológico, así como del aspecto social y psicológico (Reina-Gómez y Hernández-Mendo, 2012).

La finalidad de este artículo de revisión, el primero que se hace en lengua española tras una amplia consulta bibliográfica de la literatura especializada, es hacer una compilación de los diferentes métodos contemporáneos de análisis del jugador de fútbol durante el partido, centrándose en el componente físico y de comportamiento técnico táctico, además de hacer una valoración crítica de los mismos y de estudiar su grado de aplicabilidad para el control del rendimiento del futbolista.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Estrategia de búsqueda documental

En la presente revisión se han utilizado referencias desde el año 1974 hasta el año 2012, aunque, y debido al reciente desarrollo tecnológico en el área del vídeo análisis computerizado, tan solo el 4,5% de la bibliografía consultada es anterior al año 2000. La estrategia en la búsqueda se centró en localizar las fuentes de información más recientes, para posteriormente ir retrocediendo en el tiempo. La búsqueda de información se hizo en las siguientes bases de datos:

- PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>).
- Dialnet (<http://www.dialnet.unirioja.es>).
- Teseo (<http://www.educacion.es/teseo/>).
- SportsDiscus (<http://www.search.ebscohost.com>).

En dicha búsqueda se emplearon los siguientes descriptores: time-motion analysis, motion analysis, computer-aided motion analysis, computerized time-motion analysis, computer-based tracking, vision-based motion analysis,

automatic tracking system, GPS y diseño observacional, todos ellos conectados con las palabras soccer o fútbol a través de los operadores booleanos “and” e “y”. También se empleó el buscador Google (Google Ltd., Mountain View, CA, EEUU) para localizar las empresas especializadas en el sector del vídeo análisis, utilizando del mismo modo los descriptores antes mencionados.

## 2.2. Criterios de inclusión y exclusión

Para la selección de los estudios científicos consultados en esta revisión se siguieron los siguientes criterios de inclusión: (1) estudios centrados en el funcionamiento de la tecnología de análisis del deportista vía GPS, imagen u ordenador y/o de validación científica de dichos sistemas; (2) estudios de análisis del movimiento previos a los sistemas contemporáneos; (3) estudios de análisis del rendimiento del deportista utilizando dichos sistemas contemporáneos; y (4) revisiones y estudios de información complementaria y comercial referentes a las nuevas tecnologías analizadas.

Del mismo modo, como criterios de exclusión se establecieron los siguiente: (1) estudios con datos no publicados o bien publicados en revistas sin un claro carácter científico técnico; (2) estudios sobre las nuevas tecnologías aplicadas al deporte no relacionados con el análisis del juego o con el instrumental necesario para ello; (3) estudios no redactados en inglés o castellano; (4) trabajos en forma de ensayo, artículo de opinión o similar que no aplican el método científico.

## 3. RESULTADOS

Utilizando los descriptores antes mencionados en las cuatro bases de datos consultadas, PubMed, Teseo, Dialnet y SportsDiscus, se obtuvieron un total de 86 artículos, una vez filtrados con los criterios de exclusión y agrupados en cuatro categorías, tal y como recoge la tabla 1. La muestra total de referencias se distribuyó entre revistas científicas ( $n = 70$ ), libros de texto ( $n = 4$ ), conferencias y congresos ( $n = 9$ ), y tesis doctorales ( $n = 3$ ). De este modo, y a partir de la bibliografía consultada se hizo una relación de diferentes sistemas de registro y análisis del rendimiento del futbolista durante el partido utilizados en la actualidad (tabla 2). En este sentido, Setterwall (2003) diferencia entre aplicaciones manuales de edición y creación de vídeo a partir de información obtenida en el partido, y aquellas otras que además ofrecen un análisis automático del mismo, aportando datos físicos y tácticos en tiempo real, y a los que habría que añadir el Sistema de Posicionamiento Global o GPS.

En el primer grupo estarían, entre otras: The Observer<sup>®</sup> XT (Noldus Information Technology, Leesburg, VA, EEUU), SportsCode<sup>®</sup> (Sportstec, Camarillo, CA, EEUU), Nac Sport<sup>®</sup> (New Assistant for Coach Sport S.L., Las Palmas de Gran Canaria, España), IPS Analyzer Pro<sup>®</sup> (Interplay-sports, Oslo,

Noruega) o Dartfish® (Dartfish Ltd., Friburgo, Suiza). En el segundo estarían: Feedback Football® (Feedback Sport, Christchurch, Nueva Zelanda), ProZone® (ProZone Sports Ltd., Leeds, Reino Unido), AMISCO Pro® (Sport Universal Process, Niza, Francia), TCoach® (TRACAB, Solna, Suecia), DVideo, Universidad de Campinas, Brasil), ASPOGAMO (Intelligent Autonomous Systems Group, Munich, Alemania), VIS TRACK® (Cairo Technologies AG, Munich, Alemania), Venatrack® (Venatrack Ltd., Slough, Reino Unido) o Mediacoach (Mediapro I+D y LFP, Madrid, España). Y entre los receptores GPS que utilizan los equipos profesionales estarían : el SPI Elite® (GPSport Systems, Camberra, Australia), el MinimaxX v2.0® (Catapult, Scoresby, Australia) o el RealTrackFútbol Pro® (C&M Comunicación y Multimedia, Almería, España).

**Tabla 1.** Categorización de los artículos en función de los criterios de inclusión.

Categoría	Referencia
Funcionamiento de la tecnología contemporánea de análisis del deportista	Anguera (2004); Barbero-Álvarez, J., Coutts, Granda, Barbero-Álvarez, V. y Castagna (2010); Bloomfield, Jonsson, Polman y O'Donnoghue (2005); Borrie, Jonsson y Magnusson (2001); Borrie, Jonsson y Magnusson (2002); Castellano y Hernández-Mendo (2003); Castellano, Perea y Alday (2005); Castellano, Alday y Hernández-Mendo (2008a); Courtney (2002); Coutts y Duffield (2010); Dabanch, Gil, Pérez y Rodríguez (2002); De la Vega-Marcos y cols (2008); Di Salvo y cols (2006); Edgecomb y Norton (2006); Ekin, Tekalp y Mehrotra (2003); Figueroa, Leite y Barros (2006); Gedikli, Bandouch, Hoyningen-Huene, Kirchlechner y Beetz (2007); Jonsson (2004); Jonsson, Blanco-Villaseñor, Losada y Anguera (2004); Jonsson y cols (2006); Leoand, D'Orazio, Spagnolo y Distante (2005); Macleod, Morris, Nevill y Sunderland (2009); Noldus, Trienes, Hendriksen, Jansen, H. y Jansen, R.G. (2000); Ohashi, J., Miyagi, Nagahama, Ogushi y Ohashi, K. (2002); Perea (2008); Redwood-Brown, Cranton y Sunderland (2012); Ren, Orwell, Jones y Xu (2004); Ren, Orwell y Jones (2006); Schutz y Herren (2000); Shiokawa y cols (2003); Terrier, Ladetto, Merminod y Schutz (2001); Terrier y Schutz (2003); Townshend, Worringham y Stewart (2008); Wan, Yan, Yu y Xu (2003); Wang, Xu, Chng, Wah y Tian (2004); Xu, Orwell y Jones, (2004); Witte y Wilson (2004); Witte y Wilson (2005)
Análisis tradicional del rendimiento del deportista	Bangsbo, Mohr y Krustup (2006); Castagna, D'Ottavio y Abt (2003); Helgerud, Engen, Wisløff y Hoff (2001); Krustup, Mohr, Ellingsgaard y Bangsbo (2005); Miyagi, Ohashi y Kitagawa (1999); Mohr, Krustup y Bangsbo (2003); Van Gool, Van Gerven y Boutmans (1988)
Análisis contemporáneo del rendimiento del futbolista	Ardá y Anguera (2000); Barbero-Álvarez y Castagna (2007); Barbero-Álvarez, J., Gómez, Barbero-Álvarez, V., Granda y Castagna (2008); Barros y cols (2007); Bloomfield, Polman y O'Donnoghue (2004); Bloomfield, Polman y O'Donnoghue (2007a); Bradley y cols (2009a); Bradley y cols (2009b); Burgess, Naughton y Norton (2006); Carling (2010); Castellano, Perea y Hernández-Mendo (2008b); Castellano, Blanco-Villaseñor y Álvarez (2011); Di Salvo, Barón y Cardinale (2007); Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff y Drust (2009); Harley y cols (2010); Harley, Lovell, Barnes, Portas y Weston (2011); Hewitt, Withers y Lyons (2007); Pino, Martínez-Santos, Moreno y Padilla (2007); Pleština, Dujmić y Papić (2009); Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi e Impellizzeri

(2007); Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts y Wisløff (2009); Randers, Jensen y Krstrup (2007); Randers y cols (2010); Rupf, Thomas y Wells (2007); Silva, Sánchez-Bañuelos, Garganta y Anguera (2005); Vigne, Gaudino, Rogowski, Alloatti y Hautier (2010); Weston, Drust y Gregson (2011); Zubillaga (2006); Zubillaga, Gorospe, Hernández-Mendo y Blanco (2007)

Información complementaria o comercial sobre nuevas tecnologías  
 Barris y Button (2008); Bloomfield, Polman y O'Donoghue (2007b); Carling y cols (2008); Castellano, Masach y Zubillaga (1996); Duncan, Badland y Mummery (2009); Magnusson (1996); Magnusson (2000); Reilly (2005); Reina-Gómez y Hernández-Mendo (2012); Setterwall (2003); Stølen y cols (2005)

**Tabla 2.** Sistemas contemporáneos utilizados para el análisis del fútbol.

<b>Empresa / Institución</b>	<b>Sistema</b>	<b>Tipo</b>	<b>Página Web</b>
Feedback Sport.	Feedback Football®	VA	<a href="http://www.feedbacksport.com">http://www.feedbacksport.com</a>
Propone Holdings Ltd.	ProZone®	VA	<a href="http://www.pzfootball.co.uk">http://www.pzfootball.co.uk</a>
Sport -Universal Process S.A.	AMISCO Pro®	VA	<a href="http://www.sport-universal.com">http://www.sport-universal.com</a>
TRACAB.	TCoach®	VA	<a href="http://www.tracab.com">http://www.tracab.com</a>
Universidad de Campinas.	Dvideo	VA	
Intelligent Autonomous Sys.G	ASPOGAMO	VA	<a href="http://ias.cs.tum.edu/">http://ias.cs.tum.edu/</a>
Cairo Technologies AG.	VIS TRACK®	VA	<a href="http://www.cairos.com">http://www.cairos.com</a>
Venatrack Ltd.	Venatrack®	VA	<a href="http://www.venatrack.com">http://www.venatrack.com</a>
Mediapro I+D y LFP.	Mediacoach	VA	<a href="http://www.lfp.es">http://www.lfp.es</a>
Citech Holdings Pty Ltd.	Biotrainer®	GPS	<a href="http://www.citechholdings.com">http://www.citechholdings.com</a>
GPSports Systems.	SPI Elite®	GPS	<a href="http://www.gpsports.com">http://www.gpsports.com</a>
C&M Comunicación y Multi.	RealTrackFútbol®	GPS	<a href="http://www.realtrackfutbol.com">http://www.realtrackfutbol.com</a>
Noldus Information Tech.	Observer Pro®	VM	<a href="http://www.noldus.com">http://www.noldus.com</a>
Sportstec.	SportsCode®	VM	<a href="http://www.sportstec.com">http://www.sportstec.com</a>
NAC Sport S.L.	Nac Sport®	VM	<a href="http://www.nacsport.com">http://www.nacsport.com</a>
Dartfish Ltd.	Dartfish®	VM	<a href="http://www.dartfish.com">http://www.dartfish.com</a>
Interplay-sports.	IPS Analyzer Pro®	VM	<a href="http://www.interplay-sports.com">http://www.interplay-sports.com</a>



VA: vídeo automático; VM: vídeo manual; GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

#### 4. DISCUSIÓN

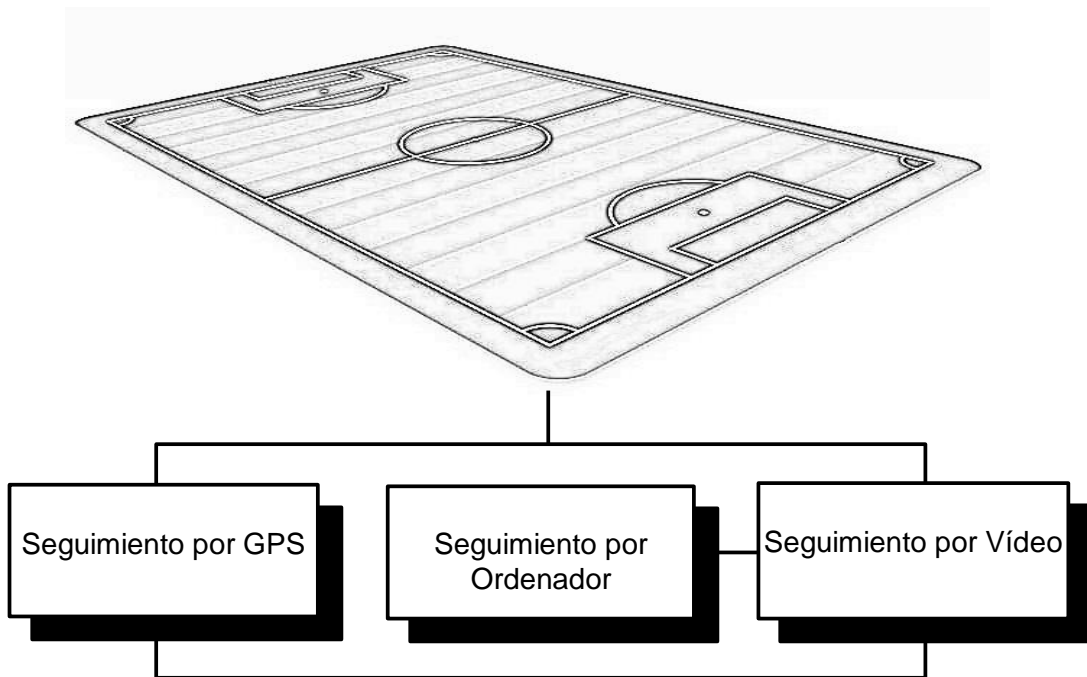
En los primeros estudios de análisis del movimiento, donde se partía de la premisa de que el gasto energético se obtenía a partir de la distancia recorrida, las acciones del jugador se clasificaron en función de la velocidad en el desplazamiento, siendo las principales andar, hacer jogging, trotar y esprintar, además de otros movimientos como la carrera hacia atrás o diversas acciones con el balón (Reilly, 2005). Otros trabajos más recientes (Mohr y cols, 2003; Krustup y cols, 2005; Randers y cols, 2007) han seguido utilizando el tiempo de paso por diferentes referencias del terreno de juego para calcular las distintas velocidades, mientras que la distancia absoluta recorrida es obtenida a partir del tiempo total y la distancia media de cada una de las categorías, si bien la codificación de patrones de movimiento es asistida por ordenador.

El registro manual es una técnica que ha sido empleada con anterioridad (Knowles y Brooke, 1974, y Whitehead, 1975, en Stølen y cols, 2005). Para ello, el observador debía anotar en papel milimétrico los desplazamientos del jugador, para posteriormente transportarlos a una planilla con una estimación de la distancia real, y así obtener el recorrido del jugador. Esta metodología, teniendo la ventaja de no ser invasiva, permitía conocer el rendimiento del jugador durante el partido, al registrar por una parte la distancia recorrida y el gasto energético aproximado, y por otra el tipo de movimiento, la intensidad, duración y frecuencia. TrackPerformance® (SportsTec Pty Ltd., Sidney, Australia) es un sistema contemporáneo, que utilizando una alfombrilla y bolígrafo electrónico conectado a un ordenador convencional, y con marcas previas en el terreno de juego para calibrar la aplicación, es capaz de obtener la distancia recorrida por el jugador con un error menor al 5% (Burgess y cols, 2006).

Otros instrumentos y recursos de medición utilizados en la obtención de datos han sido la película de cine (Van Gool y cols, 1988), la vídeo cámara (Bangsbo y cols, 1991; Helgerud y cols, 2001; Castagna y cols, 2003; Mohr y cols, 2003; Shiokawa y cols, 2003; Krustup y cols, 2005; Bangsbo y cols, 2006; Bloomfield y cols, 2007a; Randers y cols, 2007) o la trigonometría (Miyagi y cols, 1999; Ohashi y cols, 2002). El actual desarrollo tecnológico ha incorporado adelantos que hacen posible de manera rápida y fiable la recogida y procesamiento de datos en tiempo real, y es por ello que cada vez se opta más por un análisis del movimiento asistido por ordenador (computer-aided motion analysis, computerized time-motion analysis, computer-based tracking) y/o basado en el seguimiento automático de la imagen (vision-based motion analysis, automatic tracking system) en detrimento de los sistemas tradicionales (figura 1).

No ha existido sin embargo un criterio común entre los numerosos estudios que han usado una metodología tradicional cuando se han tenido que clasificar los movimientos, o a la hora de proceder con el registro de los mismos. En este sentido Zubillaga (2006), de acuerdo con Castellano y cols (1996), considera que los trabajos han arrojado resultados dispares porque se han producido alguna o varias de las siguientes circunstancias: perfiles muy diversificados en relación al tamaño y características de la muestra; excesiva subjetividad en la determinación de las intensidades de desplazamiento del jugador; gran variabilidad en los protocolos y técnicas de registro, con una descripción poco precisa de la posición del jugador dentro del sistema de juego del equipo, y sin establecer referencias al contexto estratégico de interacción en el que se desarrolla el partido; o escasa argumentación de los niveles de validez y fiabilidad del instrumental.

**Figura 1.** Sistemas contemporáneos de análisis del partido de fútbol.



Un método contemporáneo para analizar el movimiento del jugador durante el juego es a través de la utilización del GPS, que es un sistema global de navegación que permite obtener, gracias a una red de satélites que orbita con trayectorias sincronizadas cubriendo toda la superficie de la Tierra, la posición de un objeto o una persona. Diversas referencias han contrastado la fiabilidad del sistema para ser utilizado en la práctica del ejercicio físico en cada uno de sus formatos de recepción: “nondifferential GPS” (Witte y Wilson, 2004;



Townshend y cols, 2008; Macleod y cols, 2009), “differential GPS” (Schutz y Herren, 2000; Terrier y cols, 2001; Terrier y Schutz, 2003) y “WAAS-enabled GPS” (Witte y Wilson, 2005).

El GPS, incorporándole un monitor de frecuencia cardíaca y un acelerómetro, es utilizado para cuantificar la carga de entrenamiento y los diferentes tipos de desplazamientos y movimientos corporales en tiempo real en deportes de equipo (Edgecomb y Norton, 2006; Barbero-Álvarez y Castagna, 2007; Rupf y cols, 2007; Macleod y cols, 2009; Duncan y cols, 2009; Barbero-Álvarez y cols, 2010; Coutts y Duffield, 2010), así como en el fútbol (Hewitt y cols, 2007; Pino y cols, 2007; Barbero-Álvarez y cols, 2008; Harley y cols, 2010; Randers y cols, 2010; Harley y cols, 2011). Mientras que la gran ventaja de este sistema se centra en la viabilidad de medir en tiempo real los movimientos de cada jugador y la intensidad a la que los ejecutan, así como las trayectorias del balón, su inconveniente radica en que el instrumental con el que el jugador debe equiparse no está permitido por la normativa FIFA (Fédération Internationale de Football Association), imposibilitando que los estudios que utilizan esta metodología puedan aplicarla en encuentros oficiales de fútbol, por lo que su uso se ve limitado a entrenamientos y partidos amistosos.

Paralelamente, el actual desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación, con un significativo avance en el número y calidad de los programas informáticos de codificación y análisis (Noldus y cols, 2000; Courtney, 2002; Dabanch y cols, 2002; Shiokawa y cols, 2003; Jonsson, 2004; Jonsson y cols, 2004; Castellano y cols, 2005; Perea, 2008; Castellano y cols, 2008a), y de sistemas de captura y digitalización de la imagen (Ohashi y cols, 2002; Ekin y cols, 2003; Wan y cols, 2003; Ren y cols, 2004; Wang y cols, 2004; Xu y cols, 2004; Leoand y cols, 2005; Ren y cols, 2006; Gedikli y cols, 2007), está posibilitando el seguimiento en tiempo real de las acciones, tanto individuales como colectivas, de los jugadores propios y adversarios durante los partidos, así como de los movimientos del colegiado y del balón (Weston y cols, 2011).

Todavía el coste material y temporal es elevado, ya que tras la grabación en vídeo y el volcado al ordenador, se requiere un análisis y tratamiento de cada fotograma por jugador, la conversión de la imagen y el cálculo de las distancias recorridas y sus velocidades, siendo necesario el ajuste manual en algunas de las operaciones. Así, Barros y cols (2007) han descrito que en la aplicación de un sistema automático de seguimiento (DVideo, Campinas, Brazil) son necesarias hasta 6 horas de procesamiento en paralelo con 4 ordenadores para la segmentación de la imagen, 4 horas adicionales para el seguimiento de cada jugador, y otras 6 horas destinadas a correcciones y calibraciones manuales. El método de seguimiento es capaz de discriminar al jugador en cada imagen en el 94% de las ocasiones, con un error en la distancia recorrida del 1,4% (Figueroa y cols, 2006).

Por el contrario, otros autores consideran que esta tecnología de seguimiento por la imagen aplicada a deportes de equipo requiere un mayor desarrollo, no habiéndose comercializado todavía un sistema completamente autónomo. Según Barris y Button (2008), los desplazamientos y movimientos con cambios de dirección bruscos o los contactos entre los jugadores quebrantan el modelo de “movimiento limpio” en los que se basan los algoritmos DLT (Direct Linear Transformation) utilizados (Shiokawa y cols, 2003), por lo que son necesarios ajustes manuales para procesar los datos tras la captura. También Reilly (2005) opina que, a pesar de que esta tecnología está siendo incorporada en muchos clubes de fútbol profesional, su fiabilidad no ha sido todavía formalmente establecida, pudiendo afectar de manera significativa en su interpretación los pequeños errores en la recogida de datos. Por último, Edgecomb y Norton (2006) han observado que las distancias registradas por análisis computerizado de vídeo están sobrevaloradas un 5,8%, mientras que las determinadas por GPS lo están un 4,8%.

Sirva de ejemplo el trabajo de Randers y cols (2010), en el que analizaron la actividad y el desarrollo de la fatiga de 20 futbolistas durante un partido, comparando para ello los resultados obtenidos por cuatro sistemas: uno manual de análisis tiempo movimiento por vídeo (VTM, Bangsbo y cols, 1991), otro semi-automático (AMISCO Pro<sup>®</sup>, Niza, Francia), y dos receptores de GPS, con una resolución de 5 Hz (MinimaxX<sup>®</sup> v2.0, Catapult, Scoresby, Australia) y de 1 Hz (SPI Elite<sup>®</sup>, GPSports, Camberra, Australia) respectivamente. Los sistemas empleados detectaron de manera significativa una disminución similar en la distancia recorrida por el jugador entre la primera y segunda mitad del partido ( $p < 0,001$ ), por lo que todos ellos parecen ser fiables para el análisis de los patrones de juego. Sin embargo, también existieron diferencias significativas entre los valores absolutos dados por cada uno respecto a las distancias recorridas a diferente velocidad, aspecto a considerar a la hora de comparar resultados a partir de distintos sistemas. Del mismo modo, Harley y cols (2011) encontraron diferencias significativas en la carrera a distinta velocidad en 6 jugadores profesionales durante el partido ( $p < 0,05$ ) al comparar los resultados arrojados por un sistema semi-automático de vídeo (ProZone Sports Ltd., Leeds, Reino Unido) y un receptor de GPS (MinimaxX<sup>®</sup> v2.0, Catapult, Scoresby, Australia).

A pesar de ello, y gracias a las mayores ventajas que aporta un sistema automático en comparación con uno manual, son cada vez más los trabajos aplicados al fútbol que se basan en esta metodología (Zubillaga, 2006; Barros y cols, 2007; Di Salvo y cols, 2007; Rampinini y cols, 2007; Zubillaga y cols, 2007; Bradley y cols, 2009a; Bradley y cols, 2009b; Di Salvo y cols, 2009; Pleština y cols, 2009; Rampinini y cols, 2009; Carling, 2010; Vigne y cols, 2010; Castellano y cols, 2011; Redwood-Brown y cols, 2012).

Bloomfield y cols (2005) consideran sin embargo que, con independencia del instrumental empleado, los investigadores están utilizando un número

insuficiente de movimientos, menos de ocho, para definir con detalle las características complejas que definen las demandas físicas del deporte en la actualidad. Además, estos mismos autores mantienen que históricamente los estudios se han centrado en recoger las frecuencias y los valores medios y absolutos de los movimientos individuales, errando sin embargo en determinar las diferentes exigencias fisiológicas que dichas acciones motrices producen. La Bloomfield Movement Classification o BMC (Bloomfield y cols, 2004), se ha planteado en este sentido como un método de análisis tiempo-movimiento validado para deportes de equipo como el fútbol (Bloomfield y cols, 2007b), en el que se definen 14 tipos de movimiento con registro temporal, 3 tipos de movimiento instantáneo, 14 direcciones, 4 intensidades, 5 categorías de giro y 7 acciones sobre el balón.

En otras ocasiones la finalidad de un estudio se centra en evaluar el comportamiento del jugador y el equipo a nivel técnico táctico más que en su componente físico y fisiológico, por lo que la denominada metodología observacional es una buena opción (Castellano y cols, 2008b). Así, y en función del diseño observacional elegido, dicha metodología permite a su vez la selección de la técnica de análisis. Los autores que se han incorporado a esta nueva línea de investigación en el fútbol plantean su estudio por medio del análisis secuencial de retardos (Ardá y Anguera, 2000; Silva y cols, 2005), o mediante un sistema de análisis de coordenadas polares (Castellano y Hernández-Mendo, 2003), previa elaboración de una taxonomía que establece formatos de campo y sistemas de categorías para la observación de la acción de juego.

Si tradicionalmente la investigación en el fútbol se ha limitado a realizar estudios descriptivos basados en el registro de la frecuencia de movimientos, la posterior incorporación del factor tiempo ha permitido un análisis secuencial y la detección de patrones de conducta, variables en las que se basa el análisis observacional. Las acciones desarrolladas en el fútbol se realizan de forma repetitiva, aspecto que puede ser detectado si su registro es realizado de forma sistemática, por lo que el número, frecuencia y complejidad de las estructuras similares que se detecten requiere que las acciones llevadas a cabo por los jugadores de fútbol deban ser más estructuradas de lo que pueda parecer a simple vista (Anguera, 2004).

De las diferentes aplicaciones informáticas existentes para el análisis observacional, el ThemeCoder® (PatternVision Ltd., Reikiavik, Islandia) es un programa informático con finalidad codificadora que opera tras la obtención de grabaciones digitalizadas, y que genera ficheros que pueden ser importados al programa Theme® (PatternVision Ltd., Reikiavik, Islandia), utilizado a su vez para la detección de patrones temporales (T-patterns) a partir del algoritmo desarrollado por Magnusson (1996, 2000). Así, la aportación principal de los T-patterns ha sido la de posibilitar el descubrimiento de tipos particulares de estructuras temporales en el comportamiento, de difícil detección con los métodos estadísticos estándar (Borrie y cols, 2001; Borrie y cols, 2002), y de

especial relevancia en el análisis de deportes de equipo como el fútbol (Anguera, 2004; Bloomfield y cols, 2005; Jonsson y cols, 2006). También The Observer<sup>®</sup> XT (Noldus Information Technology, Leesburg, VA, EEUU) SOF-CODER<sup>®</sup> (Jonsson, 2004), Match Vision Studio<sup>®</sup> v.3.0 y SOCCAF<sup>®</sup> v2.0 (Perea, 2008), o MOTS<sup>®</sup> (Castellano y cols, 2008a) son programas diseñados para el análisis observacional.

## 5. CONCLUSIONES

En la actualidad, y según las características del análisis del futbolista que se quiera realizar, en el que habitualmente se diferencia el rendimiento físico-fisiológico del técnico-táctico, existen diversas opciones comerciales adaptadas a las necesidades específicas. En este sentido, los sistemas pueden clasificarse en función del tipo de seguimiento que se hace al jugador durante el partido y/o el entrenamiento: vía GPS, con grabación y edición de vídeo, y con registro automático de la imagen asistido por ordenador.

El GPS es un sistema fiable y contrastado para cuantificar la carga de entrenamiento y registrar diferentes tipos de desplazamientos y movimientos corporales en tiempo real en la práctica del fútbol, quedando sin embargo su uso limitado al ámbito del entrenamiento al no poder incorporarse al equipamiento durante las competiciones oficiales. Por su parte, las aplicaciones manuales de edición y creación de vídeo, tanto las de análisis estándar como las de análisis observacional, utilizándose como sistema de notación, facilitan el registro en tiempo real de acciones físicas y del comportamiento del jugador, aunque sus resultados pueden verse afectados por la subjetividad y grado de entrenamiento del observador. Mientras que los sistemas de seguimiento automático de la imagen y análisis del movimiento asistido por ordenador facilitan en tiempo real un volumen mucho mayor de datos físicos y técnico-tácticos de jugadores y adversarios, por lo que está siendo incorporada por los clubes profesionales de fútbol. Esta tecnología tiene sin embargo ciertos inconvenientes, como su elevado coste material y temporal o la necesidad de ajustes manuales por la falta de precisión en determinadas situaciones.

El hecho de que ninguno de los sistemas analizados puede considerarse la tecnología de referencia para el análisis del jugador y el partido, ya que no siempre ha sido demostrada su fiabilidad y precisión, sobre todo en aquellos estudios donde se han comparado distancias y velocidades de carrera, junto a que tampoco existe un criterio común en la clasificación y registro de movimientos y acciones, sugieren la necesidad de continuar desarrollando una tecnología que parece encontrarse todavía en una etapa inicial.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anguera, M.T. (2004). Hacia la búsqueda de estructuras regulares en la observación del fútbol: detección de patrones temporales. *Cultura, Ciencia y Deporte: revista de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Católica San Antonio*, 1 (1), 15-20.
2. Ardá, T. y Anguera, M.T. (2000). Evaluación prospectiva en programas de entrenamiento de fútbol A 7 mediante indicadores de éxito en diseños diacrónicos intensivos retrospectivos. *Psicothema*, 12(Supl. 2), 52-55.
3. Bangsbo, J., Mohr, M. & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665-674. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410500482529>.
4. Bangsbo, J.; Nørregaard, L. & Thorsøe, F. (1991). Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sports Science*, 16(2), 110-116.
5. Barbero-Álvarez, J.C. & Castagna, C. (2007). Heart-rate and activity-speed of professional soccer players in match. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6 (Suppl. 10), 208-209.
6. Barbero-Álvarez, J.C., Gómez, M., Barbero-Álvarez, V., Granda, J. y Castagna, C. (2008). Frecuencia cardíaca y patrón de actividad en jugadoras infantiles de fútbol. *The Journal of Human Sport and Exercise*, 3(2), 1-11.
7. Barbero-Álvarez, J.C., Coutts, A., Granda, J., Barbero-Álvarez, V. & Castagna, C. (2010). The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 232-235. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2009.02.005>.
8. Barris, S. & Button, C. (2008). A review of vision-based motion analysis in sport. *Sports Medicine*, 38(12), 1025-1043. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200838120-00006>.
9. Barros, R.M.L., Misuta, M.S., Menezes, R.P., Figueroa, P.J., Moura, F.A., Cunha, S.A., Anido, R. & Leite, N.J. (2007). Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(2), 233-242.
10. Bloomfield, J., Polman, R. & O'Donoghue, P.G. (2004). The 'Bloomfield Movement Classification': Motion analysis of individuals in team sports. *International Journal of Performance Analysis of Sport-e*, 4(2), 20-31.
11. Bloomfield, J., Jonsson, R., Polman, R. & O'Donnoghue, P. (2005). Temporal pattern analysis and its applicability in soccer. En L. Anolli, S. Duncan Jr., M.S. Magnusson & G. Riva (Eds.), *The Hidden Structure of Interaction: From Neurons to Culture Patterns* (pp. 238-250). Amsterdam: IOS Press.
12. Bloomfield, J., Polman, R. & O'Donnoghue, P. (2007a). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 63-70.
13. Bloomfield, J., Polman, R. & O'Donnoghue, P.G. (2007b). Reliability of the Bloomfield Movement Classification. *International Journal of Performance Analysis of Sport-e*, 7(1), 20-27.



14. Borrie, A., Jonsson, G.K. & Magnusson, M.S. (2001). Application of T-pattern detection and analysis in sports research. *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, 3(2), 215-226.
15. Borrie, A., Jonsson, G.K. & Magnusson, M.S. (2002). Temporal pattern analysis and its applicability in sport: an explanation and exemplar data. *Journal of Sports Sciences*, 20, 845-852. <http://dx.doi.org/10.1080/026404102320675675>.
16. Bradley, P.S. Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P. & Krstrup, P.J. (2009a). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Sports Science*, 27(2), 159-168. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410802512775>.
17. Bradley, P.S., Di Mascio, M., Peart, D., Wooster, B., Olsen, P. & Sheldon, B. (2009b). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(0), 1-9.
18. Burgess, D.J., Naughton, G. & Norton, K.I. (2006). Profile of movement demands of national football players in Australia. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 334-341. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2006.01.005>.
19. Carling, C., Bloomfield, J., Nelsen, L. & Reilly, T. (2008). The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Medicine*, 38(10), 839-862. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200838100-00004>.
20. Carling, C. (2010). Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 319-326. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410903473851>.
21. Castagna, C., D'Ottavio, S. & Abt, G. (2003). Activity profile of young soccer players during actual match play. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 775-80.
22. Castellano, J., Masach, J. y Zubillaga, A. (1996). Cuantificación del esfuerzo físico del jugador de fútbol en competición. *Fútbol Training*, 7, 27-42.
23. Castellano, J. y Hernández-Mendo, A. (2003). El análisis de coordenadas polares para la estimación de relaciones en la interacción motriz en fútbol. *Psicothema*, 15(4), 569-574.
24. Castellano, J., Perea A. & Alday, L. (2005). Match Vision Studio v3.0. En *5<sup>th</sup> International Conference on Methods and Techniques in Behavioral Research*, agosto, Wageningen, Países Bajos.
25. Castellano, J., Alday, L. & Hernández-Mendo, A. (2008a). The measuring and observation tool in Sports. (2008). *Behavior Research Methods*, 40(3), 809-905. <http://dx.doi.org/10.3758/BRM.40.3.898>.
26. Castellano, J., Perea, A. y Hernández-Mendo, A. (2008b). Análisis de la evolución del fútbol a lo largo de los mundiales. *Psicothema*, 20(4), 928-932.
27. Castellano, J., Blanco-Villaseñor, A. & Álvarez, D. (2011). Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 32(6), 415-7. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0031-1271771>.



28. Courtney, J. (2002). Sportstec shows the world how to play the game. *The PortsScape*, 2(1), 16-17.
29. Coutts, A.J. & Duffield, R. (2010). Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 133-135. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2008.09.015>.
30. Dabanch, J., Gil, G., Pérez, M. y Rodríguez, A. (2002). Software para el registro de acciones significativas en fútbol. En *Actas Congreso científico internacional de fútbol*, mayo, Salamanca, España.
31. De la Vega-Marcos, R., Del Valle-Díaz, S., Maldonado-Rico, A. y Moreno - Hernández, A. (2008). Una nueva herramienta para la comprensión táctica del fútbol. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 8(30), 130-145.
32. Di Salvo, V., Collins, A., Mc Neill, B. & Cardinale, M. (2006) Validation of Prozone<sup>®</sup>: A new video-based performance analysis system. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(1), 108-119.
33. Di Salvo, V., Barón, R. & Cardinale, M. (2007). Time motion analysis of elite footballers in European cup competitions. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6 (Suppl. 10), 14-15.
34. Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P. & Drust B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 30(3), 205-212. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0028-1105950>.
35. Duncan, M.J., Badland, H.M. & Mummery, W.K. (2009). Applying GPS to enhance understanding of transport-related physical activity. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(5), 549-556. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2008.10.010>.
36. Edgecomb, S.J. & Norton, K.I. (2006). Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(1-2), 25-32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2006.01.003>.
37. Ekin, A., Tekalp, A.M. & Mehrotra, R. (2003). Automatic soccer video analysis and summarization. *IEEE Transactions on Image Processing*, 12(7), 796-807. <http://dx.doi.org/10.1109/TIP.2003.812758>.
38. Figueroa, P.J., Leite, N.J. & Barros, R.M.L. (2006). Tracking soccer players aiming their kinematical motion analysis. *Computer Vision and Image Understanding*, 101(2), 122-135.
39. Gedikli, S., Bandouch, J., Hoyningen-Huene, N., Kirchlechner, B. & Beetz, M. (2007). *An adaptive vision system for tracking soccer players from variable camera settings*. Trabajo presentado en el V<sup>th</sup> International Conference on Computer Vision Systems, mayo, Angers, Francia.
40. Harley, J.A., Barnes, C.A., Portas, M.D., Lovell, R.J., Barrett, S., Paul, D. y cols. (2010). Motion analysis of match-play in elite U12 to U16 age-group soccer players. *Journal of Sports Science*, 28(13), 1391-97. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2010.510142>.

41. Harley, J.A., Lovell, R.J., Barnes, C.A., Portas, M.D. & Weston, M. (2011). The interchangeability of global positioning system and semiautomated video-based performance data during elite soccer match play. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(8), 2334-36. <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f0a88f>.
42. Helgerud, J., Engen, L. C., Wisløff, U. & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(2), 1925-1931. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200111000-00019>.
43. Hewitt, A., Withers, R. & Lyons, K. (2007). Match analyses of Australian international women soccer players using an athlete tracking device. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(Suppl. 10), 107.
44. Jonsson, G.K. (2004). *SOF-CODER: Technological and multimedia system for recording data in soccer*. Trabajo presentado en el III Congreso Vasco del Deporte, noviembre, Vitoria, España.
45. Jonsson, G.K., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J.L. y Anguera, M.T. (2004). Avances en la codificación y análisis de eventos deportivos: ilustración empírica en el fútbol. *Metodología de las Ciencias del Comportamiento*, Volumen Especial, 317-322.
46. Jonsson, G.K., Anguera, M.T., Blanco-Villaseñor, A., Losada, J.L., Hernández-Mendo, A. y cols. (2006). Hidden patterns of play interaction in soccer using SOF-CODER. *Behavior Research Methods*, 38(3), 372-381. <http://dx.doi.org/10.3758/BF03192790>.
47. Krstrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H. & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: Importance of training status. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(7), 1242-1248. <http://dx.doi.org/10.1249/01.mss.0000170062.73981.94>.
48. Leoand, M., D'Orazio, T., Spagnolo, P. & Distante, A. (2005). Wavelet and ICA preprocessing for ball recognition in soccer images. *International Journal on Graphics, Vision and Image Processing*, 5(Suppl. 1), 53-59.
49. Macleod, H., Morris, J., Nevill, A. & Sunderland, C. (2009). The validity of a non-differential global positioning system for assessing player movement patterns in field hockey. *Journal of Sports Science*, 27(2), 121-128. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410802422181>.
50. Magnusson, M.S. (1996). Hidden real-time patterns in intra- and inter-individual behaviour. *European Journal on Psychological Assessment*, 12(2), 112-123. <http://dx.doi.org/10.1027/1015-5759.12.2.112>.
51. Magnusson, M.S. (2000). Discovering hidden time patterns in behaviour: T-patterns and their detection. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 32(1), 93-110. <http://dx.doi.org/10.3758/BF03200792>.
52. Miyagi, O., Ohashi, J. & Kitagawa, K. (1999). Motion characteristics of an elite soccer player during a game. Communications to the IV<sup>th</sup> World Congress of Science and Football. *Journal of Sports Science and Medicine*, 17(10), 816.
53. Mohr, M., Krstrup, P. & Bangsbo, J. (2003). Match performance of top-level soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of*

- Sports Sciences*, 21(7), 519-528.  
<http://dx.doi.org/10.1080/0264041031000071182>.
54. Noldus, L., Trienes, R., Hendriksen, A., Jansen, H. & Jansen, R.G. (2000). The Observer Vídeo-Pro: new software for the collection, management, and presentation of time-structured data from videotapes and digital media files. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 32(1), 197-206. <http://dx.doi.org/10.3758/BF03200802>.
55. Ohashi, J., Miyagi, O., Nagahama, H., Ogushi, T. & Ohashi, K. (2002). Application of an analysis evaluating intermittent activity during a soccer match. En W. Spinks, T. Reilly, T. & A. Murphy (Eds.), *Science and Football IV* (pp. 133-136). Londres: Routledge, Taylor & Francis.
56. Perea, A. E. (2008). *Análisis de las acciones colectivas en el fútbol rendimiento*. Tesis para optar al título de Doctor, Universidad del País Vasco, Álava, España.
57. Pino, J., Martínez-Santos, R., Moreno, M.I. & Padilla, C. (2007). Automatic analysis of football games using GPS on real time. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(Suppl. 10), 9.
58. Pleština, V., Dujmić, H. & Papić, V. (2009). A modular system for tracking players in sports games. *International Journal of Education and Information Technologies*, 4(3), 197-204.
59. Rampinini, E., Coutts, A.J., Castagna, C., Sassi, R. & Impellizzeri, F.M. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International Journal of Sports Medicine*, 28(12), 1018-1024. <http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-965158>.
60. Rampinini, E., Impellizzeri, F.M., Castagna, C., Coutts, A.J. & Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 227-233. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2007.10.002>.
61. Randers, M. B., Jensen, J.M. & Krstrup, P. (2007). Comparison of activity profile during matches in Danish and Swedish Premier League and matches in Nordic Royal League tournament. VI<sup>th</sup> World Congress on Science and Football. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(Suppl. 10), 16.
62. Randers, M.B., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R. Y cols. (2010). Application of four different football match analysis systems: A comparative study. *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 171-182. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410903428525>.
63. Redwood-Brown, A., Cranton, W. & Sunderland, C. (2012). Validation of a real-time video analysis system for soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 33(8), 635-640. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0032-1306326>.
64. Reilly, T. (2005). An ergonomics model of the soccer training process. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 561-572. <http://dx.doi.org/10.1080/02640410400021245>.
65. Reina-Gómez y Hernández-Mendo. (2012). Revisión de indicadores de rendimiento en fútbol. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 1(1), 1-14.

66. Ren, J., Orwell, J., Jones, G. & Xu, M. (2004). *A General framework for 3D soccer ball estimation and tracking*. Trabajo presentado en el IEEE International Conference on Image Processing, octubre, Suntec City, Singapur.
67. Ren, J., Orwell, J. & Jones, G. A. (2006). *Generating ball trajectory in soccer video sequences*. Trabajo presentado en el Workshop on Computer Vision Based Analysis in Sport Environments, mayo, Graz, Austria.
68. Rupf, R., Thomas, S. & Wells, G. (2007). Quantifying energy expenditure of dribbling a soccer ball in a field test. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(Suppl. 10), 132.
69. Schutz, Y. & Herren, R. (2000). Assessment of speed of human locomotion using a differential satellite global positioning system. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(3), 642-646. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-200003000-00014>.
70. Setterwall, D. (2003). *Computerised video analysis of football. Technical and commercial possibilities for football coaching*. Tesis para optar al título de Doctor, Universidad de Estocolmo, Estocolmo, Suecia.
71. Shiokawa, M., Takahashi, A., Kan, A., Usui, K.O.S., Choi, C.S. & Deguchi, T. (2003). *Computer analysis of a soccer game by the DLT method focusing on the movement of the players and the ball*. V<sup>th</sup> World Congress on Science and Football. Book of abstracts (p. 267). Madrid: Gymnos.
72. Silva, A., Sánchez Bañuelos, F., Garganta, J. y Anguera M.T. (2005). Patrones de juego en el fútbol de alto rendimiento. Análisis secuencial del proceso ofensivo en el campeonato del mundo Corea-Japón 2002. *Cultura, Ciencia y Deporte: revista de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Católica San Antonio*, 2(1), 65-72.
73. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C. & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>.
74. Terrier, P., Ladetto, Q., Merminod, B. & Schutz, Y. (2001). Measurement of the mechanical power of walking by satellite positioning system (GPS). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(11), 1912 -1918. <http://dx.doi.org/10.1097/00005768-2001111000-00017>.
75. Terrier, P. & Schutz, Y. (2003). Variability of gait patterns during unconstrained walking assessed by satellite positioning (GPS). *European Journal of Applied Physiology*, 90(5-6), 554-561. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-003-0906-3>
76. Townshend A.D., Worringham, C.J. & Stewart, I.B. (2008). Assessment of speed and position during human locomotion using nondifferential GPS. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(1), 124-32. <http://dx.doi.org/10.1249/mss.0b013e3181590bc2>.
77. Van Gool, D., van Gerven, D. & Boutmans, J. (1988). The physiological load imposed in soccer players during real match-play. En T. Reilly, A. Lees, K. Davids & W. J. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 51-59). Londres: E. & F.N. Spon.

78. Vigne, G., Gaudino, C., Rogowski, I., Alloatti, G. & Hautier, C. (2010). Activity profile in elite italian soccer team. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 304-310. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0030-1248320>.
79. Wan, K., Yan, X., Yu., X. & Xu, C. (2003). *Real-time goal-mouth detection in MPEG soccer video*. Trabajo presentado en el 11<sup>th</sup> ACM International Conference on Multimedia, noviembre, Berkeley, CA. <http://dx.doi.org/10.1145/957013.957079>.
80. Wang, J., Xu, C., Chng, E., Wah, K. & Tian Q. (2004). Automatic replay generation for soccer video broadcasting. Trabajo presentado en el 12<sup>th</sup> ACM International Conference on Multimedia, octubre, Nueva York, NY. <http://dx.doi.org/10.1145/1027527.1027535>.
81. Weston, M., Drust, B. & Gregson, W. (2011). Intensities of exercise during match-play in FA Premier League referees and players. *Journal of Sports Sciences*, 29(5), 527-532. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2010.543914>.
82. Witte, T.H. & Wilson, A.M. (2004). Accuracy of non-differential GPS for the determination of speed over ground. *Journal of Biomechanics*, 37(12), 1891-1898. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.02.031>.
83. Witte, T.H. & Wilson, A.M. (2005). Accuracy of WAAS-enabled GPS for the determination of position and speed over ground. *Journal of Biomechanics*, 38(8), 1717-1722. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.07.028>.
84. Xu, M., Orwell, J., & Jones, G. (2004). *Tracking football players with multiple cameras*. Trabajo presentado en la International Conference on Image Processing, octubre, Nueva York, NY.
85. Zubillaga, A. (2006). *La actividad del jugador de fútbol en alta competición: análisis de variabilidad*. Tesis para optar al título de Doctor, Universidad de Málaga, Málaga, España.
86. Zubillaga, A., Gorospe, G., Hernández-Mendo, A. & Blanco, A. (2007). Match analysis of 2005-06 Champions League Final with Amisco system. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(Suppl. 10), 20.

**Referencias totales / Total references:** 86 (100%)

**Referencias propias de la revista / Journal's own references:** 1 (1,16%)