



**Palabras clave**

biomecánica, balonmano, lanzamiento, velocidad del balón, precisión

# Importancia de la velocidad de salida del balón y de la precisión como parámetros de eficacia en el lanzamiento en salto a distancia en balonmano

Juan A. Párraga Montilla

Universidad de Jaén

Aurelio Sánchez Vinuesa

Universidad de Granada

Antonio Oña Sicilia

Universidad de Granada

## Abstract

*This article analyses the speed and precision of the ball when it leaves the hand, in order to be located in the goal, as the main parameters of the effectiveness of a long-distance throw in handball. A photogrametric, bidimensional (2D) study is carried out in order to calculate the speed of the ball, just it leaves the thrower's hand; then the results are contrasted with the ones obtained in other similar studies. Equally, the ball precision is investigated bearing in mind that the target we find is variable (size, shape, location, etc.). effective areas from which to score a goal will differ every time due to: a) the position of the goalkeeper and the chance he will move around until the ball is out of his reach and b) the position of the ball at the moment when it leaves the thrower's hand.*

*After carrying out a previous study, in which the antecedents related to the highest difficulty zones for the goalkeeper to cover are analysed, we proceed to define areas with greater or lesser effectiveness, signing points between 0 to the 10 to the different zones of the goal, according to the difficulty the goalkeeper has in accessing them in order to intervene with the ball.*

*The analysis of the result shows that the speed rates which have been obtained are similar to those obtained in studies carried out using the same methodological characteristics. Furthermore, the precision does not appear to be affected by the speed with the ball leaves the hand, the moment of throwing the ball nor by the position of the goalkeeper.*

## Key words

*biomechanich, handball, long distance throw, speed, precision*

## Resumen

En este estudio se analiza la velocidad de salida del balón y la precisión, en su localización en la portería, como parámetros determinantes de la eficacia del lanzamiento en salto a distancia a en balonmano. Se realiza un estudio fotogramétrico bidimensional (2D) para calcular la velocidad del balón, en el momento de perder contacto con la mano ejecutora, y se contrastan los resultados con los obtenidos en estudios similares. Igualmente, se analiza la precisión del balón teniendo en cuenta que el blanco a localizar es variable (tamaño, forma, localización, etc.). Los espacios eficaces, para localizar el balón en la portería, dependerán en cada momento: a) de la posición del portero y las posibilidades de movimiento hasta que el balón se encuentre fuera del alcance de éste y b) de la posición del balón en el momento de salida de la mano del lanzador.

Tras realizar un estudio previo, en el que se analizan antecedentes de investigación relativos a las zonas de mayor dificultad de intervención para el portero, se procede a la definición de espacios de mayor o menor eficacia, mediante la asignación de puntuación (entre 0 y 10 puntos), a distintas zonas de la portería, en función de la dificultad de acceso por parte del portero en sus intervenciones.

El análisis de los resultados muestra que las tasas de velocidad obtenidas son similares a las obtenidas en estudios con iguales características metodológicas. Además, la precisión no se ve afectada por la velocidad de salida del balón, el momento del lanzamiento y la posición del portero.



## Introducción

### El lanzamiento a portería en el contexto general del juego de balonmano

En el juego de balonmano, al igual que en otros deportes colectivos, el lanzamiento a portería supone la fase de culminación de toda la construcción del denominado ciclo de juego en ataque (Antón, 1990). Su resultado condiciona el éxito o fracaso de las acciones que lo preceden y la posibilidad de conseguir el objetivo por excelencia del juego, el gol. Supone, además, el acto final de los encadenamientos técnicos y/o tácticos, individuales y/o colectivos, de un equipo y, por tanto, la manifestación de la eficacia del mismo. De hecho la materialización objetiva del éxito, valorada en el resultado reside, prioritariamente, en la determinación final de esta acción del juego. De ahí la importancia que adquiere en el contexto general de la alta competición deportiva. Es objetivo prioritario el conocimiento, de forma precisa, de los mecanismos que definen el funcionamiento del lanzamiento, su estructura y sus posibilidades de aplicación, estableciendo estrategias de aprendizaje y/o entrenamiento que garanticen un adecuado proceso de formación o especialización del jugador, permitiendo el desarrollo de las habilidades motoras especializadas en su más alto nivel de aplicación al juego de máxima competencia. Esto conlleva una adecuación continua a las exigencias del juego moderno en los máximos niveles de especialización deportiva y en su puesta en práctica en la competición real. Si analizamos el lanzamiento de larga distancia, 9-10 m de la portería, comprobamos que fundamentalmente está supeditado al gran espacio que existe entre la portería y balón en el momento de perder éste contacto con la mano. El portero, en este caso, dispone de mayor tiempo para realizar la intervención respecto a los lanzamientos realizados a menor distancia, lo que supone menor ventaja para el lanzador y por consiguiente mayor para el portero. En tal caso, debemos considerar como parámetro de eficacia que el tiempo que tarde el balón, desde que sale de la mano hasta que traspasa la línea de portería entre postes, debe ser inferior o al menos no muy superior al **tiempo de reacción (TR)**, (tiempo que transcurre desde que se produce la estimulación, aparición del estímulo, hasta que se produce el inicio del movimiento), y al **tiempo de movimiento (TM)**, (tiempo desde el inicio hasta la finalización de la respuesta motora, que necesita el portero para

realizar su intervención). Obligándole, de esta forma, a utilizar estrategias de anticipación en sus intervenciones y, por tanto, asumir un mayor nivel de riesgo. Lo que supondría, en principio, una mayor ventaja inicial para el atacante respecto al portero.

En investigaciones precedentes, que analizan la velocidad de salida del balón en un lanzamiento en balonmano, destacamos las realizadas por Pokrajac (1980). En ellas estudia el tiempo que emplea el balón en llegar a la portería desde que se desprende de la mano del lanzador. Los datos oscilan entre 0,36 y 0,51 segundos para lanzamientos realizados a 10 m de distancia, mientras que para lanzamientos a distancias de 9 m, los datos oscilan entre 0,32 y 0,46 s. Bayer (1987), en un estudio con similar metodología, obtiene valores que oscilan entre 0,40 s y 0,60 s, para lanzamientos de 10 m, y valores que oscilan entre 0,36 s y 0,68 s, para lanzamientos de 9 m.

En tal caso, si conocemos el tiempo que el balón tarda en llegar a la portería es necesario, igualmente, conocer el tiempo mínimo que necesita el portero para que su intervención sea eficaz. En esta línea Zeier (1987) realiza estudios en los que analiza el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento en porteros de élite. Los valores obtenidos oscilan entre 0,57 s, 0,49 s y 0,39 s. Pokrajac (1980), en estudios similares, obtiene valores que oscilan entre 0,63 y 0,69 s teniendo en cuenta, en este caso, que los valores expresan el resultado total de la suma de TR y TM.

De la comparación de ambos estudios obtenemos datos que indican que un lanzamiento donde el balón alcance una velocidad superior a  $20 \text{ ms}^{-1}$ , y sea realizado a una distancia de 9 m o inferior de la portería, obligarían, en caso de estar eficazmente localizado, a que el portero utilice estrategias de anticipación para poder interceptar el balón.

Los datos anteriores parecen poner de manifiesto que la eficacia del lanzamiento a distancia depende, en un porcentaje muy elevado, de la velocidad de salida del balón y, a su vez, de la precisión o localización del balón en la portería en función de la posición del portero (Fleck y cols., 1992), además de las que corresponden a factores de tipo táctico de adecuación del momento, tipo de lanzamiento, distancia, ángulo, características del lanzador, oponentes etc. En tal caso, relacionados entre sí, deberían ser los objetivos de referencia sobre los que se deben

construir todos los modos de aplicación del lanzamiento y, en gran medida, el entrenamiento del lanzador, desde una perspectiva técnica, debe basarse en la mejora prioritaria de estos dos parámetros.

Uno de los sistemas más utilizado, para el análisis de la velocidad de salida del balón, es el descrito por Filliard (1989) que enfatiza la utilización del *Radar de funcionamiento por efecto Doppler* en la obtención de medidas de velocidad del balón en Balonmano. Destaca en este aparato la capacidad para medir la velocidad de objetos móviles en una situación deportiva, con la utilización por medio de un radar de manejo simple y fácil, que permite calcular las velocidades del balón durante el transcurso de un partido. La obtención de los datos se hace de forma directa en el juego real, sin necesidad de utilizar medidas en laboratorio o fuera de la competición. Este instrumento de medición ha sido utilizado en diferentes modalidades deportivas, donde la obtención inmediata de la velocidad puede suponer un dato relevante para la propia competición (tenis, fútbol, voleibol, etc).

Utilizando este mismo instrumento de medida, en una línea de investigación similar, se encuentran los trabajos de Pokrajac (1980). En ellos se analiza el lanzamiento en salto a portería en jugadores que pertenecen a diferentes selecciones nacionales. Los resultados ofrecen datos interesantes y muestran que la velocidad de salida del balón en jugadores daneses es de  $21,13 \text{ ms}^{-1}$ , en jugadores polacos de  $18,80 \text{ ms}^{-1}$  y en jugadores australianos entre  $18,05$  y  $25,00 \text{ ms}^{-1}$ . Bretagne (1980), por el mismo procedimiento, obtiene resultados de entre  $17,50$  a  $25,55 \text{ ms}^{-1}$  para los lanzamientos realizados en apoyo y de entre  $18,61$  a  $26,38 \text{ ms}^{-1}$  en lanzamientos realizados en salto.

Otro importante sistema de medición de la velocidad del balón es el empleado por Holt (1969), denominado *Hale Reacción-Performance Timer*, que mide el tiempo entre 1/100 por segundo y que a diferencia del radar por efecto Doppler se utiliza fuera del contexto de competición, es decir, en condiciones de laboratorio. El instrumento se pone en funcionamiento cada vez que se inicia el lanzamiento del balón desde el lugar determinado para ello, abriéndose el circuito y comenzando a funcionar el reloj que nos indicará en el momento final el tiempo transcurrido. Una vez que el balón llega a su destino (un blanco situado a una determinada distancia) el circuito se cierra y el reloj se

**Tabla 1.**

Velocidades y duración del vuelo del balón en lanzamientos a portería en balonmano desde diferentes distancias, según el estudio desarrollado por Bayer (1987).

Distancia de lanzamiento	Velocidad del balón	Duración del vuelo
10 m	27,77 ms <sup>-1</sup>	0,40 s
	20,00 ms <sup>-1</sup>	0,50 s
	16,66 ms <sup>-1</sup>	0,60 s
	13,88 ms <sup>-1</sup>	0,75 s
9 m	27,77 ms <sup>-1</sup>	0,36 s
	19,44 ms <sup>-1</sup>	0,45 s
	16,66 ms <sup>-1</sup>	0,54 s
	13,88 ms <sup>-1</sup>	0,68 s
7 m	27,77 ms <sup>-1</sup>	0,28 s
	19,44 ms <sup>-1</sup>	0,35 s
	16,66 ms <sup>-1</sup>	0,42 s

para indicando el tiempo empleado por el balón desde el comienzo del movimiento hasta la zona de contacto. En este caso el gesto analizado hay que adecuarlo a las necesidades que marca el sistema y puede diferir del utilizado en la propia competición. Zeier (1987) confirma los datos anteriores al obtener, en estudios similares, que en lanzamientos a distancia de 8 metros la velocidad de salida oscila entre 20,50 ms<sup>-1</sup> y 22,22 ms<sup>-1</sup>. Igualmente los lanzamientos de los mejores jugadores austriacos y daneses alcanzan unas velocidades de salida de aproximadamente 22,00 ms<sup>-1</sup> (Muller, 1980; Mikkelsen y Olesen, 1976). Jöris y cols., (1985) obtienen velocidades de 17,2 ms<sup>-1</sup> en un estudio realizado con 56 jugadoras de balonmano, siendo éste uno de los pocos estudios, en esta línea, encontrados realizados con equipos femeninos de balonmano.

Un trabajo, que merece ser resaltado, es el realizado por Bayer (1987). En él se describen los resultados obtenidos, en investigaciones realizadas en lanzamientos a portería, en función de la distancia y velocidad del balón, determinando el tiempo que éste tarda en llegar a la portería en cada uno de los casos (tabla 1).

En cuanto a la precisión, en la localización del balón en la portería en zonas eficaces, ya indicábamos al inicio de la exposición que vendría determinada por múltiples variables que inciden en cada momento concreto del juego y que hacen que los criterios de eficacia sean difíciles de determinar. Algunas de las variables más destacadas son: la situa-

ción y posición del portero en el momento del lanzamiento, la situación y posición del lanzador, la antropometría del lanzador, defensor/es y portero, etc. El objetivo del lanzamiento, en cualquier caso, será la elección adecuada de las zonas de localización del balón y la propia localización de éste en la portería, que unidos a una óptima velocidad del balón supondrá el aumento de los niveles de dificultad de las intervenciones del portero y por tanto de las posibilidades de éxito atacante. Ante lanzamientos con poca precisión y localizaciones en la portería accesibles para el portero, la velocidad del lanzamiento debería aumentarse y/o reducirse la distancia del mismo, para que el portero no pueda detener el balón sin utilizar técnicas de anticipación, lo que supondría un mayor compromiso al asumir un mayor riesgo.

En este sentido, habrá que analizar las zonas y ángulos de la portería que suponen mayor dificultad para las intervenciones del portero (sin valorar situación y posición de éste) y que están determinados fundamentalmente por tres factores: a) *parámetros antropométricos del portero*, b) *aspectos energéticos-capacidad de movimiento del portero* y c) *situación del balón en el momento del lanzamiento respecto a la portería*. Los primeros determinarán las distancias de los distintos espacios en la portería, los segundos, las posibilidades de movimiento fundamentalmente determinas en tiempo de reacción y por la eficacia de las implicaciones de las articulaciones en la intervención y, los terceros, los espacios de la portería de mayor dificultad en función de la situación del balón y los dos parámetros referidos anteriormente.

Zeier (1987), en su estudio, valoraba la relación existente entre el portero y la portería, aportando datos significativos a tener en cuenta. Si tomamos como referencia un portero de 185 cm de altura y 190 cm de envergadura (considerada desde la punta del dedo de una mano hasta la punta del dedo de la otra mano, estando en posición de pie con los brazos en cruz) y situado el portero en el centro de la portería. Las distancias que se originan desde los puntos más distales del cuerpo hasta los postes y largero de la portería, nos indicarán las zonas de mayor dificultad (en distancia) para detener el balón. La capacidad de movimiento del portero se verá dificultada por las articulaciones que deban participar en la acción y los ángulos que formen los distintos segmentos afectados en el movimiento.

La mayoría de los estudios encontrados relacionados con la precisión del lanzamiento a portería en Balonmano, utilizan blancos estáticos a modo de dianas de distintos tamaños con distintas zonas de puntuación determinadas por círculos concéntricos, algunas situadas en la portería (una o varias dianas) y otras como referencias de localización. Pauwel (1976) utiliza círculos de 0,5 m de diámetro. Jöris y cols. (1985) utilizan una zona de 40 x 40 cm donde tenían que hacer blanco. Carreras (1992) utiliza un test de precisión marcando en la portería de Balonmano cuatro cuadrados de 55 x 55 cm. Rouard y Carré (1987) utilizan cinco círculos concéntricos progresivos de 18,5 en 18,5 cm (equivalente al balón de Balonmano masculino).

En nuestro estudio se plantearon tres objetivos claros de investigación:

- Determinar la velocidad de salida del balón en un lanzamiento en salto en balonmano.
- Determinar la precisión en la localización del balón en la portería en un lanzamiento en salto con velocidad de salida máxima.
- Comprobar la relación existente entre la precisión en la localización del balón en la portería y la velocidad de salida del balón.
- Deducir, en base a los datos obtenidos, aplicaciones prácticas para el entrenamiento del lanzamiento en balonmano.

## Material y métodos

El estudio fue realizado con 16 jugadores de balonmano, que en el momento de realización del experimento militaban en División de Honor masculina de la Liga ASOBAL Española. La edad media fue. M=22,68 años SD= 2,55, peso M= 87,31 kg SD= 9,34 y talla M=1,86 m SD= 0,07. Todos los sujetos eran diestros, al objeto de evitar errores de digitalización al interponerse el cuerpo con el brazo ejecutor en algún momento del lanzamiento.

Cada sujeto realizó un total de 9 lanzamientos a portería en 9 condiciones diferentes, determinadas por la posición del portero, respecto a la portería, y por el momento de aparición de la imagen de éste:

- Condición 1: Portero situado en el centro de la portería y aparición del estímulo a 0 s. del momento de despegue del pie de batida con el suelo.
- Condición 2: Portero situado en el centro de la portería y aparición del estímulo a

0,1 s. del momento de despegue del pie de batida con el suelo.

- Condición 3: Portero situado en el centro de la portería y aparición del estímulo a 0,2 s. del momento de despegue del pie de batida con el suelo.
- Condición 4: Portero situado a la izquierda, respecto a la portería, (derecha, respecto al lanzador) y aparición del estímulo a 0 s. del despegue del pie de batida.
- Condición 5: Portero situado a la izquierda, respecto a la portería, (derecha, respecto al lanzador) y aparición del estímulo a 0,1 s. del despegue del pie de batida.
- Condición 6: Portero situado a la izquierda, respecto a la portería, (derecha, respecto al lanzador) y aparición del estímulo a 0,2 s. del despegue del pie de batida.
- Condición 7: Portero situado a la derecha, respecto a la portería, (izquierda, respecto al lanzador) y aparición del estímulo a 0 s. del despegue del pie de batida.
- Condición 8: Portero situado a la derecha, respecto a la portería, (izquierda, respecto al lanzador) y aparición del estímulo a 0,1 s. del despegue del pie de batida.
- Condición 9: Portero situado a la derecha, respecto a la portería, (izquierda, respecto al lanzador) y aparición del estímulo a 0,2 s. del despegue del pie de batida.

Los lanzamientos se realizaron a una distancia de 9 metros respecto a la portería y justo en la perpendicular imaginaria que divide la línea de portería en dos mitades iguales. Los lanzamientos se ejecutaron de forma consecutiva, hasta concluir las nueve condiciones propuestas, y cuando finalizó el sujeto 1 procedió el sujeto 2 y así sucesivamente. A los lanzadores se les indicó que el balón debía salir, en todos los lanzamientos, con la mayor velocidad posible y además, en cada condición experimental, se le indicó las zonas de preferencia (con mayor puntuación) donde debía localizar el balón en la imagen proyectada de la portería y portero en una pantalla de proyección.

El diseño utilizado se corresponde con un diseño de investigación intragrupo-multivariado (3X3) (Pereda, 1987) donde las variables independientes se concretan en dos: *momento de aparición del estímulo* (con tres niveles diferentes) y *posición del portero, respecto a la portería* (con tres niveles diferentes).

Para determinar las zonas de preferencia de localización del balón en la portería se siguieron como referencia los estudios realizados por Zeier (1987), y se estableció un es-

quema en el que se asignaban puntuaciones a cada zona de localización, en función de la eficacia teórica. La posición del portero se determinó después de realizar un estudio previo, en el que se analizaron 20 porteros de máxima categoría nacional, mediante el visionado de videos de partidos de máxima competición deportiva.

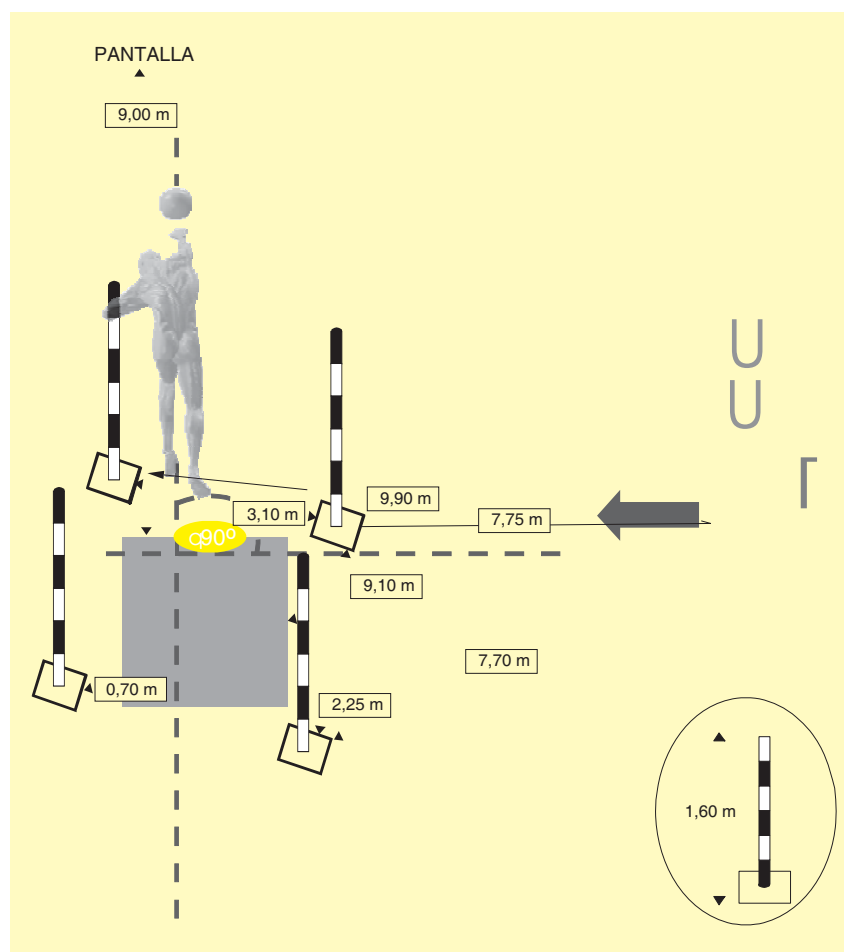
Para la obtención de los registros se utilizaban técnicas fotogramétricas bidimensionales (2D) indirectas empleando una cámara de video, panasonic SVHS NV MSY, situada con una orientación de 90° respecto a la trayectoria teórica del desplazamiento descrita por los jugadores. Se filmó a una frecuencia de 50 imágenes por segundo y con una resolución y calidad de imagen de 307.200 píxeles, con ajuste manual de las ópticas y el obturador. Además, se utilizó un ordenador portátil 486 a 60 MHz, un video proyector de imagen, una alfombrilla interruptor, la pantalla de

proyección, un balón de balonmano homologado y el programa informático diseñado por Moreno y cols. (1997).

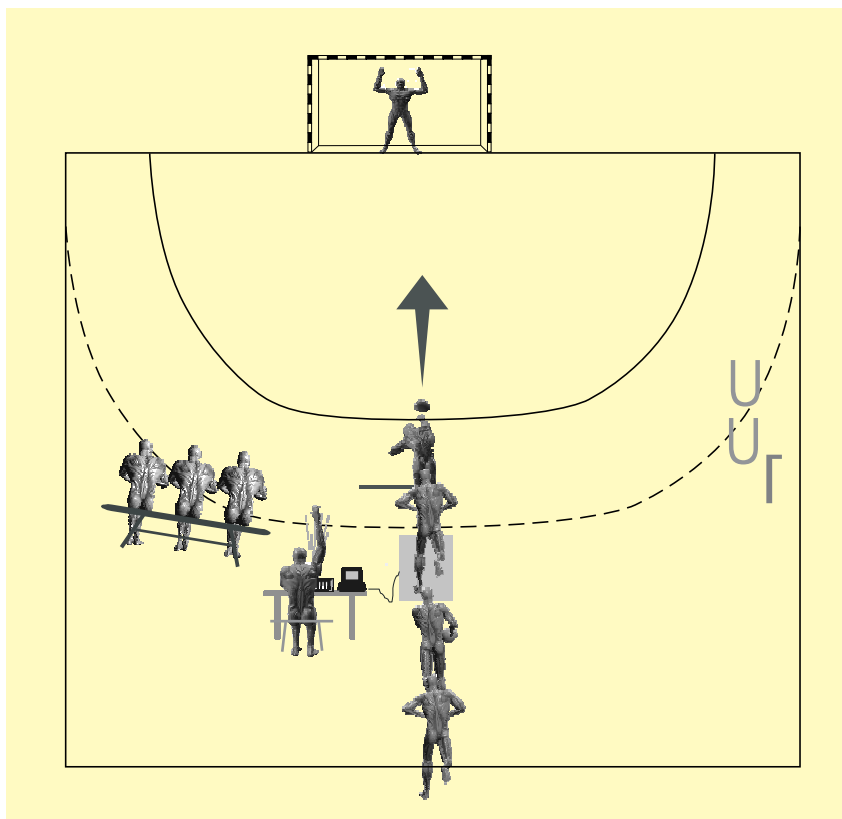
Al objeto de evitar errores imputables a la localización de la cámara, se siguió el protocolo descrito por Plajenhoef (1971) y por Zernicke y Gregor (1979), en el que indican que la posición de ésta debe ser lo más alejada posible, con respecto al sujeto, para impedir el efecto de deformación producido por el incremento de tamaño de los elementos más cercanos a la cámara. Se evitaron situaciones que pudieran verse interferidas por el desplazamiento de móviles al cortar el eje óptico.

Para la calibración de la filmación se dispuso de un fácil sistema de referencias para la consiguiente obtención de las coordenadas bidimensionales (2D). Éste consistió en la disposición espacial de cuatro estafetas de madera, con distancias entre ellas conocidas, así como a la cámara y dentro del campo de ejecución del gesto técnico (figura 1).

Figura 1. Esquema del sistema de referencias utilizado en la filmación del gesto.



**Figura 2.**  
Esquema del protocolo utilizado en la realización del experimento.



Para el posterior tratamiento de datos se utilizó el programa informático CIBORG desarrollado en la Universidad de Granada (Gutiérrez, 1990 y Soto, 1995). Se digitalizaron y almacenaron en el ordenador las coor-

denadas planas de los 21 puntos que componen la estructura alámbrica del jugador más un punto 22 que define el centro geométrico del balón y que sirvió para determinar la velocidad y posición de éste.

**Tabla 2.**  
Resultados relativos a la velocidad de salida del balón en la resultante  $-VS_{balón}(R)-$ , en la componente horizontal  $-VS_{balón}(X)-$  y en la componente vertical  $-VS_{balón}(Y)-$ .

Condición	$VS_{balón}(R) (ms^{-1})$		$VS_{balón}(X) (ms^{-1})$		$VS_{balón}(Y) (ms^{-1})$	
	M	SD	M	SD	M	SD
1	19,059	4,178	18,421	4,928	-1,262	4,117
2	19,147	3,515	18,832	3,671	-1,772	2,871
3	17,614	3,513	17,375	3,747	-0,751	2,568
4	19,386	3,152	18,804	3,904	-2,681	3,279
5	18,297	3,497	17,683	3,999	-2,538	3,592
6	17,214	3,847	16,734	4,192	-2,440	2,868
7	20,539	3,799	20,251	3,971	-0,655	3,278
8	20,539	6,014	20,304	6,111	-1,271	2,721
9	20,307	3,870	20,151	3,971	-1,356	2,019
	F = 2,754 $p = 0,0079^{**}$		F = 2,543 $p = 0,0136^{*}$		F = 1,158 $p = 0,3305$	

Sujetos n = 16. Lanzamientos = 144. (\*\* $p \leq 0,01$ ) (\* $p \leq 0,05$ ).

Para la generación de resultados se utilizaron distintas rutinas de cálculo incorporadas en la estructura del sistema de análisis utilizado, descritas por Gutiérrez (1990), y otras desarrolladas con carácter específico para este estudio. El tratamiento estadístico se gestionó con el programa Statgraphics 7.0 y la base de datos Microsoft Excel-97.

Además participaron tres sujetos observadores, que se encargaron de anotar la localización del balón en la portería en una hoja de registro elaborada para dicho cometido y la posterior obtención de las puntuaciones, y un sujeto que se encargó de manejar y manipular el material. En la figura 2 se recoge un esquema del protocolo utilizado.

### Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se analizaron inicialmente mediante una estadística descriptiva, basada en técnicas de análisis de tendencia central y dispersión de datos, en la que se han utilizado respectivamente la media ( $M$ ) y la desviación típica ( $SD$ ). Con posterioridad se utilizó un análisis inferencial mediante el estudio de varianza multifactorial entre los niveles de la variable y, finalmente, el tratamiento estadístico inferencial concluido con una prueba de contrastes.

El cálculo de la velocidad lineal del balón se realizó mediante la determinación de la primera derivada de las posiciones espaciales dependientes del tiempo, obteniendo la función mediante el algoritmo de Splines elevados a la quinta potencia, utilizando el desarrollo de cálculo expresado por Gutiérrez (1998). El proceso de cálculo de estas variables se ha realizado a través de imagen de vídeo con una frecuencia de 50 Hz, y que posteriormente han sido interpoladas a 100 Hz. La velocidad obtenida es consecuencia del cálculo de tres intervalos de tiempo correspondientes con el tiempo que coincide con el momento en el que el balón pierde contacto con la mano ejecutora y 0,01 s antes y después de éste, realizándose posteriormente la media aritmética de las tres velocidades instantáneas de los tiempos descritos.

Los resultados ponen de manifiesto la existencia de diferencias significativas en la velocidad de salida resultante del balón a nivel  $p \leq 0,01$  y en la velocidad de la componente horizontal a nivel  $p \leq 0,05$ , aunque no se manifiestan diferencias significativas en la componente vertical de la velocidad.



Los mayores niveles de velocidad del balón se producen cuando el portero se encuentra situado a la derecha, respecto a una visión desde la portería, con independencia del momento en el que era presentado el estímulo. La media de los valores máximos en esta condición experimental muestra  $20,539 \text{ ms}^{-1}$  respecto al mínimo de  $17,214 \text{ ms}^{-1}$  que se da en la condición en la que el portero se encuentra a la izquierda respecto a la portería (tablas 2, 3 y 4 y figura 3).

El hecho de que la velocidad de salida del balón sea mayor cuando el portero se sitúa a la derecha, respecto a una visión desde la portería (izquierda respecto una visión del lanzador), puede estar provocado por la necesidad de emplear más tiempo para desarrollar la cadena cinética y algunas condiciones compensatorias, necesarias para una correcta ejecución mecánica del gesto, en el caso de lanzar a la izquierda (respecto a una visión desde la portería).

En los lanzamientos realizados al punto débil (lado contrario del brazo ejecutor) la cadena cinética implica una mayor rotación del tronco y una compensación en sentido contrario de las caderas y miembros inferiores. Por el contrario si se obliga a lanzar al punto fuerte, es decir a la derecha del lanzador en jugadores diestros situando al portero a su izquierda en la portería, la cadena cinética implicada es más natural, semejándose en la dinámica de los segmentos superiores del sistema a la que se utiliza en lanzamientos de jabalina (Navarro, 1994). En éstos se implica básicamente una rotación más desplazamiento del tronco hacia delante, asociado a una participación importante de los músculos rotadores del hombro en ciclo estiramiento-acortamiento, sin que exista una rotación excesiva del tronco, donde la línea de hombros se mueve paralela o casi paralela a portería, lo que permite que la velocidad de salida del balón en dichas condiciones sea mayor (figura, 4), justificándose en tal caso los resultados obtenidos.

Los valores de velocidad de salida del balón, obtenidos en nuestro estudio, son ligeramente inferiores a los obtenidos en estudios similares. La posible explicación a estos datos la podemos encontrar en el diferente nivel de cualificación de los jugadores. En los estudios revisados las muestras se corresponden con jugadores del máximo nivel, respecto al nivel medio de la muestra utilizada en nuestro estudio. Además se pueden

**Tabla 3.**

Resultados de la prueba de contrastes para determinar el nivel de significación entre las nueve condiciones experimentales en la variable VSbalón(R).

Condición	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	x	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	x	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	x	-	-	-	**	**	*
4	-	-	-	x	-	*	-	-	-
5	-	-	-	-	x	-	*	*	-
6	-	-	-	-	-	x	**	**	**
7	-	-	-	-	-	-	x	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	x	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	x

\*\*\*  $p \leq 0,001$ . \*\*  $p \leq 0,01$ . \*  $p \leq 0,05$ .

**Tabla 4.**

Resultados de la prueba de contrastes para determinar el nivel de significación entre las nueve condiciones experimentales en la variable VSbalón(X).

Condición	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	x	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	x	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	x	-	-	-	*	*	*
4	-	-	-	x	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	x	-	*	*	*
6	-	-	-	-	-	x	**	**	**
7	-	-	-	-	-	-	x	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	x	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	x

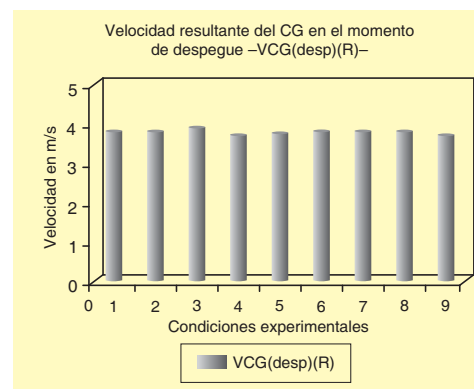
\*\*\*  $p \leq 0,001$ . \*\*  $p \leq 0,01$ . \*  $p \leq 0,05$ .

imputar las diferencias existentes en la metodología empleada.

El cálculo de la precisión, localización del balón en blancos eficaces de la portería, se realizó mediante la asignación de puntuación a distintos espacios de la portería. Para ello, se atendió a criterios de dificultad de intervención del portero descritos por Zeier (1987). Cada observador anotaba la localización del impacto del balón y como consecuencia se asignaba la puntuación siguiendo la tabla de asignación. Posteriormente se seleccionaba la puntuación cuando coincidía en los tres, o al menos dos, observadores y en caso de no ser coincidente con ninguno se calculaba la

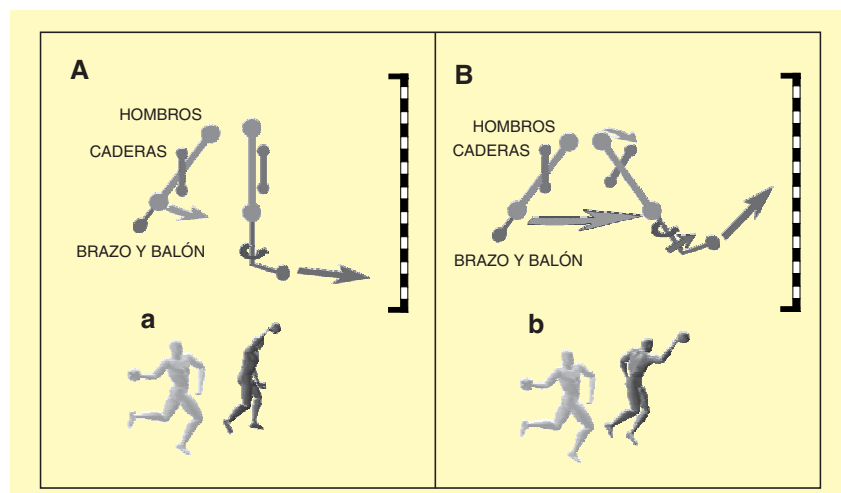
**Figura 3.**

Representación gráfica de la velocidad de salida del balón en la componente resultante.

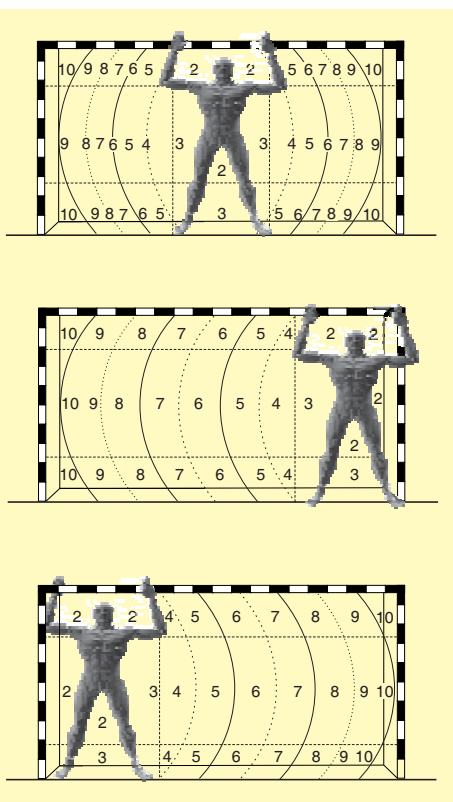


**Figura 4.**

Representación gráfica de la acción de las caderas y hombros en función de la trayectoria del lanzamiento (esquema A: a punto fuerte del lanzador, y esquema B: b punto débil del lanzador).



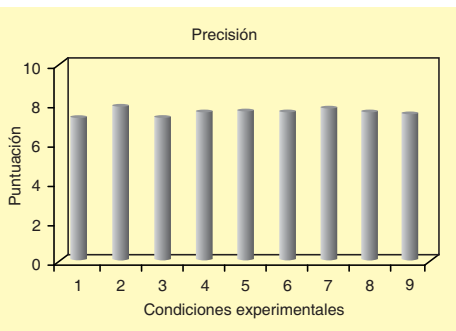
**Figura 5.** Representación gráfica de las puntuaciones asignadas en función de la posición de portero en las distintas condiciones experimentales.



media aritmética. La puntuación oscilaba entre valores de 0 a 10 puntos tal y como se muestra en la figura 5.

Los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias significativas, en cuanto a precisión, entre las nueve condiciones experimentales a las que se sometió a los sujetos. El valor máximo obtenido coincide con el portero situado en el centro de la portería y la imagen

**Figura 6.** Representación gráfica de las puntuaciones obtenidas en función de la localización del balón en la portería.



aparece a 0,1 s del despegue del pie de batida y el valor mínimo con portero situado en el centro y la imagen a 0 s y 0,2 s, del despegue respectivamente. En cualquier caso, se puede afirmar que el momento de aparición del estímulo y la situación del portero no afecta a la precisión en la localización del balón en blancos estáticos eficaces definidos en la portería (tabla 5 y figura 6).

### Conclusiones

Los valores de velocidad de salida del balón y los altos niveles de precisión obtenidos implican que el portero deba utilizar técnicas de anticipación, en sus intervenciones, al necesitar un mayor tiempo de movimiento que el empleado por el balón desde que se desprende de la mano del lanzador hasta que traspasa la línea de portería entre postes.

El entrenamiento de la velocidad de salida del balón debe favorecer la obtención de valores superiores a 20 ms<sup>-1</sup> para reducir al máximo las posibilidades de intervención del portero. Además, su conocimiento debe ser un referente para el

entrenador y para el propio jugador para valorar en cada situación de juego sus posibilidades de éxito y ajustar la distancia óptima individual de lanzamiento.

El hecho de que los valores de velocidad del balón sean mayores cuando éste se localiza a la derecha (punto fuerte del lanzador), desde una visión del lanzador, debe ser un factor a tener en cuenta por el atacante, en la elección del lanzamiento, y por el portero y/o defensores en las estrategias de protección u ofrecimiento a utilizar en sus intervenciones. En cualquier caso, la capacidad de salto y, por tanto, de mayor tiempo de vuelo favorecen la realización correcta de la cadena cinética del lanzamiento, reduciendo las diferencias de velocidad entre la localización de balón a punto fuerte o a punto débil del lanzador.

Los altos valores de puntuación obtenidos en todas las condiciones experimentales nos hacen pensar que tanto el protocolo utilizado como las condiciones no han creado demasiada incertidumbre en la ejecución del gesto del lanzador y en la toma de decisiones. Posiblemente, en situación real de juego la incertidumbre no esté tanto en la posición que adopta el portero si no en los indicadores que manifiesta en sus desplazamientos y en el tiempo en manifestar dicho desplazamiento, así como la posible acción defensiva de otros oponentes. Éste deberá

ser un aspecto prioritario a trabajar en la formación de jugadores y en su entrenamiento en el alto rendimiento.

En futuros estudios sería conveniente utilizar una metodología que contemplara el factor oposición, bien estableciendo paneles de puntuación, referentes al portero, en situaciones aleatorias, tanto de dirección de desplazamiento, mediante imágenes animadas y por medio de la utilización de técnicas de simulación o similares, o bien en condiciones reales en la intervención del portero, en la de defensores o en ambas.

El entrenamiento de la precisión del lanzamiento debe adecuarse al máximo a la situación real demandada en el juego. En esta línea deberán plantearse situaciones con localización de blancos variables en cuanto a: forma, tamaño, posición en la portería, prioridad, etc. y con exigencias de máxima velocidad de salida.

En la enseñanza y entrenamiento del lanzamiento es importante que el deportista adquiera un patrón automatizado y eficaz del gesto mecánico y, a su vez, que sea capaz de adecuarlo a situaciones cambiantes de exposición. Para ello, la variedad de los modos de ejecución debe ser motivo de entrenamiento desde los primeros niveles ampliando los recursos de la técnica del jugador para su aplicación eficaz en función de la elección.

La velocidad del balón y la precisión deben ser considerados parámetros básicos de referencia de la eficacia del lanzamiento a distancia a portería en balonmano. En la formación del jugador de balonmano deben ser dos objetivos de entrenamiento prioritarios.

**Tabla 5.** Resultados correspondientes a la precisión en la localización del balón en la portería (precisión).

Condición	M	SD
1	7,47	2,00
2	8,09	1,61
3	7,47	1,50
4	7,69	0,95
5	7,78	0,93
6	7,67	0,99
7	8,06	0,96
8	7,94	0,98
9	7,93	0,90

F = 0,580  
p = 0,7926

Sujetos n = 16. Lanzamientos = 144.

## Bibliografía

- Antón, J.: *Balonmano. Fundamentos y etapas de aprendizaje*, Madrid: Gymnos, 1990.
- Bayer, C.: *Técnica del balonmano, la formación del jugador*, Madrid: Hispano Europea, 1987.
- Bretagne, T.: "Lance missiles du sport", *Equipe magazine*, 15, 10 (1980), pp. 4-7.
- Carreras, J.: "Propuesta de metodología para el perfeccionamiento del lanzamiento en balonmano en la etapa de iniciación", *Apunts. Educación Física y Deportes*, 30 (1992), pp. 38-44.
- Filliard, J. R.: "L'effet Doppler: application a mesure de la vitesse de balle en hand-ball", *Science et motricité*, Paris, 7 (1989), pp. 42-44.
- Fleck, S. J.; Smith, S. L.; Craib, M. W.; Denaham, T.; Snow, R. E. y Mitchell, M. L.: "Upper extremity isokinetic torque and throwing velocity in team handball", *Journal of Applied Sport Science Research*, 6 (1992), pp. 120-124.
- Gutiérrez, M.: *Desarrollo de un sistema computerizado de análisis cinematográfico y su sincronización con los registros directos para el análisis del movimiento humano*, Tesis Doctoral, Servicio de publicaciones, Universidad de Granada, 1990.
- Gutiérrez, M.: *Biomecánica Deportiva. Bases para el análisis*, Madrid: Síntesis, 1998.
- Holt, L.: "Comparative study of selected handball technique", *Research quarterly*, 40 (1969), pp. 700-703.
- Jöris, H. J. J.; Van Muyen, A.; Van Ingen Schenau, G. y Kemper, H.: "Force, Velocity and energy flow during the overarm throw in female handball players", *Journal Biomechanics*, 18 (6) (1985), pp. 409-414.
- Mikkelsen, F. y Olesen, M.: "Handball", *Idrottsfysiologi, rapport*, Kopenhan, 18 (1976), pp. 30-34.
- Moreno, F.; Oña, A.; García F. y Martínez, M.: *Psicología del Deporte en Andalucía*, Málaga: Edinfor, 1997.
- Müller, E.: *Zur Bewegungsübertragung bei wurfbewegungen*, Innsbruck, Institut für Sportwissenschaft der Universität Innsbrucks, 1980.
- Navarro, E.: *Análisis Biomecánico de la Técnica Individual del Lanzamiento de Jabalina*, tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Valencia, 1994.
- Pauwels, J.: "Relationship between somatic development and motor ability, and the throwing velocity in handball for secondary school students", *International Congress on Physical Activity Sciences*, 6 (1976), pp. 357-369.
- Pereda, S.: *Psicología Experimental I. Metodología*, Madrid: Pirámide, 1987.
- Plagenhoeff, S.: *Patterns of human motion*, Toronto: Prentice-Hall, 1971.
- Pokrajac, B.: "Difference between initial ball velocities when using a sidearm throw in fieldball", *Fizicka kultura*, 34 (4) (1980), pp. 333-337.
- Rouard, A. y Carré, P.: "Etude Biomécanique du tir en suspension en Hand Ball", *Revue des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives*, 8, 16 (1987), pp. 57-71.
- Soto, V. M.: *Desarrollo de un sistema para el análisis biomecánico tridimensional del deporte y la representación gráfica realista del cuerpo humano*, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada, 1995.
- Zeier, U.: "As exigencias mínimas para a técnica do guarda-redes", *Setemetros*, 24 (1987), pp. 29-33.
- Zernicke, R. F. y Gregor, R. J.: "Biomechanics of Human Movement", *Kinesiology*, 130, University of Illinois: APS, 1979.

