

Estudio comparativo sobre la técnica del golpeo clásico y plano en hockey hierba

▪ **RAÚL LLOBREGAT**

▪ **DANIEL AYORA**

Licenciados en Educación Física.
Entrenadores Nacionales de Hockey

▪ **GABRIEL BRIZUELA**

▪ **CARLOS PABLOS**

▪ **VALENTÍN CORTÉS**

Licenciados en Educación Física

Unidad de Investigación del Rendimiento Físico y Deportivo.
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.
Universidad de Valencia

▪ *Palabras clave*

Biomecánica, Hockey hierba, Golpeos

Abstract

The stationary strike at goal is a very important technical and tactical element in coaching field hockey. There is a version of the traditional drive called the "flat or low drive", in which the stick describes a flatter path as it is brought down. This technique is widely acknowledged in the coaching world and players are trained to master it as technical groundwork of high efficiency (more accurate in direction and greater in speed) in stationary ball situations such as the penalty corner. The studies conducted on the flat or low drive have so far been few and they establish only some of the differences with respect to the traditional drive, focusing on the path and the angles of the stick and of certain body segments. The aim of this study is to make a comparative analysis of both techniques in order to establish the main differences from a biomechanical standpoint and bearing in mind the cinematic variables.

Key words

Biomechanics, Field hockey, Drives

Resumen

El lanzamiento estacionario a portería es un elemento técnico y táctico muy importante en el entrenamiento del hockey hierba. Existe una variante del golpeo tradicional, denominada "golpeo plano o bajo", en la cual el stick define una trayectoria más horizontal durante su descenso. Esta técnica goza de aceptación en el ámbito práctico y es entrenada como fundamento técnico de alta eficacia (dirección más precisa y mayor velocidad) en situaciones de bola parada como en el caso del penalti corner. Hasta ahora los estudios realizados sobre el golpeo plano son escasos y sólo establecen algunas diferencias con respecto al golpeo tradicional, atendiendo a la trayectoria y posiciones angulares de algunos segmentos corporales y del stick. El propósito del presente trabajo es analizar comparativamente ambas técnicas, para establecer cuales son las principales diferencias desde un punto de vista biomecánico y atendiendo a variables cinemáticas.

Introducción

Los gestos técnicos de mayor velocidad dentro de la técnica del hockey son los lanzamientos, y la modalidad de lanza-

miento más rápida la constituyen los golpeos. Desde hace algún tiempo se ha incorporado a esta modalidad de lanzamiento una nueva variante denominada "golpeo plano o bajo" caracterizada por una ejecución técnica de trayectoria más plana que la empleada en los golpeos tradicionales. Esta característica diferenciadora, parece imprimir a la pelota una dirección más precisa y mayor velocidad. A nivel práctico, su efectividad en situaciones de bola parada (como en el caso del penalti corner) es aceptada por algunos entrenadores y técnicos.

Autores como Kanjee, (1991) y la CFHA Coaching Committee, (1983) han argumentado que la trayectoria del stick durante su fase de descenso debería ser baja. Otros, como Broderick (1981), Broderick y Van der Merwe (1982), Read y Walker (1976) y H. Wein (1979), por el contrario, han defendido que el swing debe ser más vertical. Los trabajos realizados por L. Nordmann (1995) y F. Hildrend y cols. (1995), nos revelan algunas particularidades de esta variante de golpeo, reforzando el planteamiento de Kanjee y la CFHA.

En diferentes trabajos dedicados al estudio del golpeo plano (Werner Wiedersich y Dr. Lutz Nordmann, 1994 y F. Hildrend y cols., 1995) se analizan compa-



rativamente, el *golpeo plano* (GP) y el *golpeo clásico* (GC), atendiendo a una descripción de la trayectoria y posiciones angulares de algunos segmentos corporales y del stick (*Ilustración 1*). Entre los estudios que profundizan con detalle sobre la cinemática del golpeo clásico, puede destacarse el de Whalen (1993).

El propósito del presente estudio es analizar comparativamente ambas técnicas de golpeo para establecer cuales son las principales diferencias desde un punto de vista biomecánico y atendiendo a variables cinemáticas.

Material y métodos

Selección de la muestra

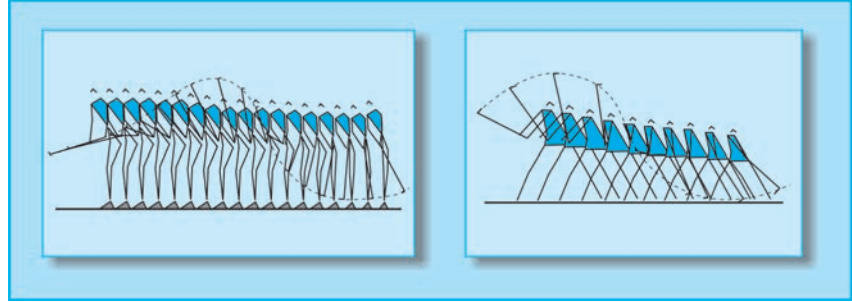
La muestra inicial contaba con un total de 33 jugadores pertenecientes a la selección Española sub16 ($n = 14$) y sub18 ($n = 19$). Aunque todos se presentan el estudio preliminar, nuestro estudio es llevado a cabo con un único sujeto. El jugador seleccionado presenta un modelo técnico de ejecución en ambas modalidades de golpeo muy consolidado y diferenciado, coincidiendo además en ambas técnicas, una velocidad de golpeo muy próxima a los valores máximos registrados en todo el grupo experimental.

Desarrollo del experimento

El jugador se grabó en situación real de golpeo estacionario en las dos modalidades del estudio sobre una superficie de hierba artificial golpeando la bola (con el mismo stick) hacia la zona central de la portería. El punto de lanzamiento de la bola se situó en el borde interior del área de portería, a una distancia fija de 15 metros respecto al cajón de la portería. Se utilizaron dos cámaras de vídeo S-VHS (Panasonic DGP800) que grabaron simultáneamente los golpes, desde dos planos diferentes. Un cronómetro activado por micrófonos de alta sensibilidad, es activado en el momento en que el stick toca la bola y parado cuando

ILUSTRACIÓN 1.

Secuencia de un golpeo clásico (izquierda) y otro con técnica plana (derecha). (Adaptado de Werner Wiedersich y Lutz Nordmann, 1994.)



ésta alcanza la portería, permitiendo así una primera valoración del tiempo empleado en cada tipo de golpeo. Los procedimientos de filmación han sido realizados durante una de las concentraciones que desarrolló la selección nacional sub-18 en Alicante durante el mes de julio de 2000.

Análisis y tratamiento de los datos

Tras la grabación del golpeo, las imágenes son tratadas en laboratorio, convertidas a formato digital de tipo AVI de 50 fotogramas por segundo. A continuación, se llevó a cabo un proceso de digitalización manual y cálculo de las variables de interés. Se utilizó la aplicación Kinescan-IBV versión 8,3, siguiendo un modelo de análisis que incluía el cuerpo humano, el stick y la bola (29 puntos) y que permite representarlo como un conjunto de segmentos sólidos y rígidos.

El cálculo de las coordenadas 3D se llevó a cabo mediante el algoritmo de la DLT (Y. I. Abdel Aziz y H. M. Carara, 1971) y se empleó, para el suavizado de los datos, el método G. C. V. de Woltring (1986), basado en funciones spline de quinto orden.

El error máximo calculado para el proceso de digitalización es de 3,5 mm.

Variables

La estructuración temporal de los golpes en sus correspondientes fases y algunas

variables cinemáticas claramente diferenciadoras (fases, trayectorias, posiciones, velocidades y ángulos obtenidas durante el golpeo), son analizadas en este estudio a partir de los valores numéricos obtenidos y de la representación gráfica de éstos.

Para el análisis comparativo de estas dos técnicas de golpeo se han seleccionado las siguientes variables:

- Apoyo del pie izquierdo respecto de la bola, separación entre los pies, altura de las caderas, velocidad lineal del tobillo, rodilla, cadera, hombro, codo y muñeca, así como la trayectoria del stick, su velocidad y la de la bola.
- La dirección del pie izquierdo respecto a la dirección del lanzamiento, el ángulo entre la línea de hombros y la de caderas, la inclinación del tronco respecto a los tres ejes, el ángulo de las rodillas y de los codos y el formado por el antebrazo derecho con el stick, con el tronco y con el antebrazo izquierdo y finalmente el ángulo formado por el segmento stick con cada uno de los ejes.

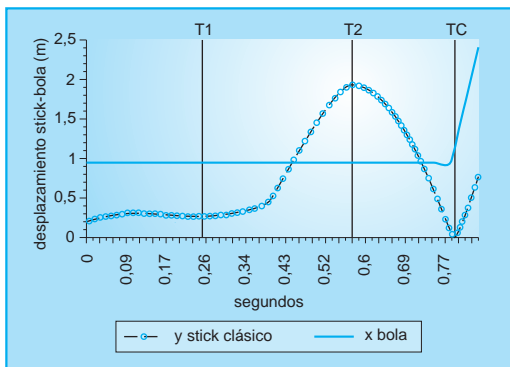
Definición temporal de las fases

Para el estudio y diferenciación de las técnicas de golpeo en sus respectivas fases, se ha seguido y adaptado la distribución presentada por M. T. Whalen en *Three dimensional biomechanical analysis of the*

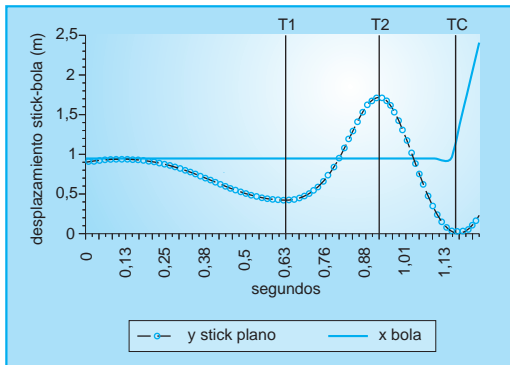
■ TABLA 1.

FASES	DEFINICIÓN	DURACIÓN DE LAS FASES SEGÚN EL TIPO DE GOLPEO (seg.)			
		DESDE	HASTA	GC	GP
Aproximación o fase previa	Instantes previos a la elevación del stick	t_0 (inicio)	t_1	0,258	0,630
Backswing	Fase de elevación del stick (máxima altura)	t_1	t_2	0,315	0,273
Downswing	Fase de descenso del stick	t_2	t_c	0,201	0,273
Contacto	Contacto con la bola		t_c	0,019	0,021
Follow Trough	Fase de acompañamiento final	t_c	fin	0,072	0,063

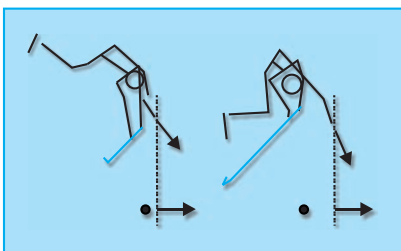
■ GRÁFICA 1.
Fases del golpeo clásico.



■ GRÁFICA 2.
Fases del golpeo plano.



■ ILUSTRACIÓN 2.
Vista superior de ambas técnicas, donde se aprecia la colocación del pie izquierdo respecto a la bola.



stationary and penalty corner drives in field hockey (1993) y que han sido resumidas en la tabla 1.

Durante los primeros instantes del golpeo, el jugador permanece en posición básica de doble apoyo, la empuñadura firme mantiene el stick en una altura intermedia, paralela al suelo en la dirección del “eje z”. Desde esta posición (t_0), se produce un pequeño ascenso seguido de un descenso de la pala del stick antes de iniciar definitivamente su elevación (t_1). Este movimiento que tiene una mayor duración en el GP analizado, va acompañando de una ligera acción de balanceo del peso del cuerpo aumentando el apoyo sobre el pie derecho, al tiempo que el pie izquierdo se prepara para iniciar su avance. Esta **fase previa o aproximación approach** (t_0-t_1) presenta una diferencia temporal bastante clara entre ambas técnicas, teniendo mayor duración en el GP (0,63 seg.) que en el clásico (0,258 seg.). En ambos golpes, el jugador únicamente realiza un paso de aproximación hacia la bola, iniciándose durante la fase de elevación del stick. En el estudio realizado por Whalen (1995), la fase de aproximación y la de backswing son medidas conjuntamente, teniendo una duración media de 0,575 seg. El tiempo equivalente al calculado por Whalen, en nuestro estudio sería muy similar para el GC (0,573 seg.) y un poco mayor en el GP (0,903 seg.) (Gráficas 1 y 2).

Fase de elevación del stick “backswing” (t_1-t_2): queda definida con el instante t_1 , momento en que se inicia la trayectoria

ascendente del stick con un aumento progresivo de su componente “vertical” y se prolonga hasta el instante en que éste alcanza su máxima elevación (t_2). Comparativamente, encontramos que la duración de esta fase es mayor en el GC (0,3153 seg.) que en el GP (0,273 seg.) y que además en el primero se alcanza una altura del stick en t_2 de 1,81 m, superior a la alcanzada en ese mismo instante por el stick en el GP (1,66 m). En nuestro estudio el sujeto solamente realiza un paso de aproximación, y éste ocurre durante la fase de backswing principalmente, por ello se han analizado estas fases por separado.

Fase de descenso del stick downswing (t_2-t_c): desde la posición de máxima elevación del stick (t_2), el jugador inicia un movimiento de descenso del mismo que finalizará con el instante de contacto con la bola (t_c). La duración calculada para esta fase es similar en ambos gestos siendo de 0,201 seg. en el GC, valor que se aproxima a los registrados por autores como Alexander, 1981; Chivers and Elliot, 1987 y Cohen, 1969 (0,15-0,21 seg.) y ligeramente superior (0,273 seg.) para la técnica de trayectoria más plana. Whalen (1995) estima el valor medio de esta fase en 0,221 seg.

Fase de contacto “contact” (t_c): es definida por el instante en que el stick impacta en la bola hasta que ésta deja de estar en contacto con el palo. La duración de esta fase es muy reducida, pudiendo hablar más bien de un instante que de una fase en sí. En el GC el tiempo de contacto se aproxima a los 0,019 seg. y de



0,021 seg. en el GP, lo que significa que apenas se cuenta con un fotograma.

Fase de acompañamiento "follow trough": se trata de un movimiento de continuación del gesto en el cual el cuerpo del jugador y el stick se deceleran hasta recobrar una posición normal de juego, aunque en la técnica plana, jugador termina el gesto en una posición muy baja y con gran separación de piernas. En los golpes analizados el acompañamiento ha sido medido hasta el instante previo en que la en la pelota no se visualiza dentro del campo de filmación, siendo su valor de 0,072 seg. para el GC, y de 0,067 seg. en el GP. La duración de esta fase por tanto, queda limitada en nuestro estudio por el número de fotogramas digitalizados y posteriores al contacto, en los que aparece la bola dentro del campo de ambas cámaras, aunque lógicamente puede llegar a ser mayor. La duración máxima estudiada para esta fase por M. T. Whalen (1995) osciló entre 0,68 seg. y 0,136 seg. (Es decir, se analizó entre cuatro y ocho imágenes después del contacto).

Resultados y discusión

La **posición inicial de los pies** respecto de la bola y el desplazamiento del pie izquierdo han sido considerados en el estudio como aspectos diferenciadores entre ambos golpes mostrándonos en la fase previa, una mayor separación de éste en relación con la bola en el GP (1.749 m), distanciándose de ella casi un metro más que en el GC (0,75 m). También se observa que la separación entre ambos pies es mayor en este tipo de golpeo (0,30 m) mientras que están prácticamente juntos en el GP (0,07 m). El pie izquierdo (punta del pie) se apoya a la izquierda de la bola (z) en ambos golpes a 0,734 m. de ella en el GC, y queda un poco más separado de ella en el GP (0,85 m.). Pero donde se aprecia mayor separación respecto bola, es en el avance del apoyo en la dirección del lanzamiento (x). Así, el pie es situado delante de ella 0,20 m en el GC, y es apo-

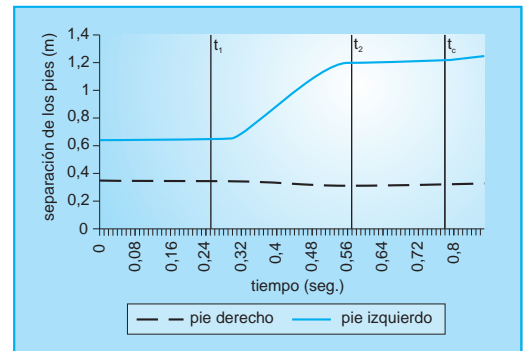
yado prácticamente a la misma altura que la bola (5 cm) en el GP. (Ilustración 2).

Respecto al momento en que el pie deja el suelo en el GP, para aproximarse hacia la bola, éste tiene lugar exactamente en t_1 y su apoyo en el suelo después de su vuelo, se produce antes del contacto del stick con la bola ($t = 0,992$ seg.) quedando separados los pies entre sí 1.008 m. En el GC el pie abandona el suelo un poco más tarde ($t = 0,329$ seg.), ya iniciada la fase de backswing, su llegada al suelo se produce muy cerca de t_2 , alcanzando una separación máxima de 0,85 m. (Gráficas 3 y 4)

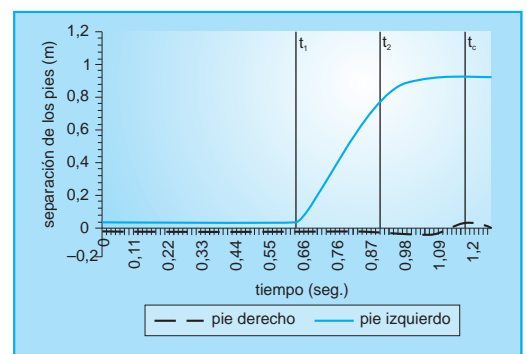
La dirección del **apoyo del pie izquierdo** (segmento talón-punta del pie) ha sido también analizada. El **ángulo** de éste segmento respecto a la dirección del lanzamiento (eje x), mantiene valor medio de 65° en el GC y de 70° en el GP. Cuando el pie despega del suelo ya en la fase de backswing, este ángulo aumenta hasta las $83,5^\circ$ ($t = 0,355$ seg.) en el GC, después desciende a los 75° una vez llegado al suelo y próximo a t_2 para mantenerse en esta dirección durante el resto del golpeo. Esta oscilación en grados, es producida por la elevación del pie en su desplazamiento. La colocación del pie izquierdo en el GP adopta una orientación más estable durante las dos primeras fases con un valor medio de 70° y que se abre (disminuye el ángulo) en la dirección del golpeo durante el downswing hasta los 53° , esta orientación se mantendrá durante el contacto. (Gráficas 5 y 6)

El **miembro inferior izquierdo** (tobillo, la rodilla y la cadera) experimenta en su conjunto un incremento de su velocidad lineal en ambas modalidades de golpeo, debido a su desplazamiento hacia adelante durante la fase de backswing, siendo los valores de estas articulaciones muy similares durante la fase previa. Todas las articulaciones de la pierna izquierda alcanzan mayores velocidades en el GP debido a que el desplazamiento se realiza con mayor amplitud en un periodo de tiempo que es muy similar ($t_2-t_c = 0,273$ seg.) en el GC. Después del contacto, el miembro inferior izquierdo disminuye su ve-

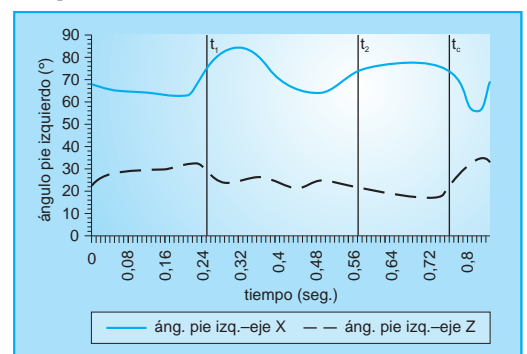
■ GRÁFICA 3. Golpeo clásico.



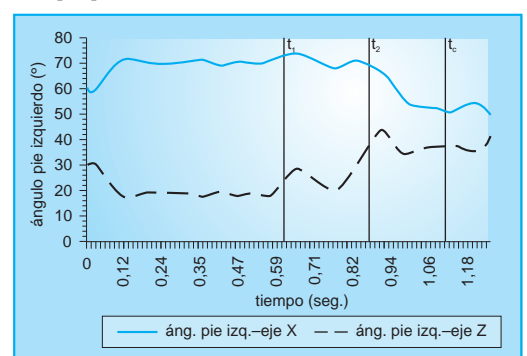
■ GRÁFICA 4. Golpeo plano.



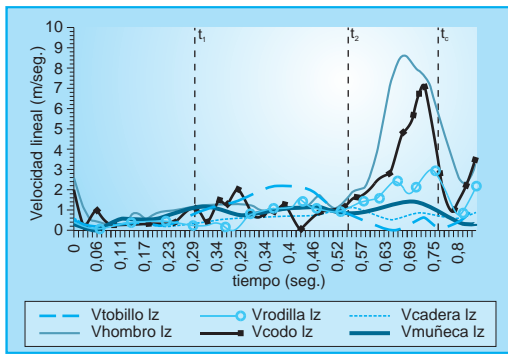
■ GRÁFICA 5. Golpeo clásico.



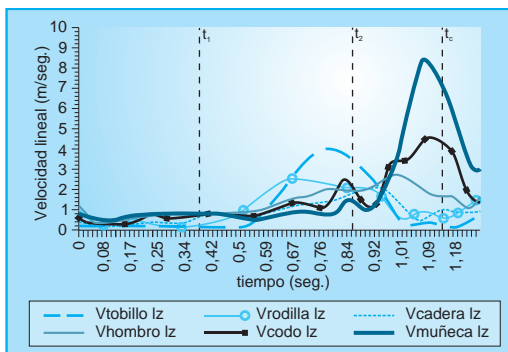
■ GRÁFICA 6. Golpeo plano.



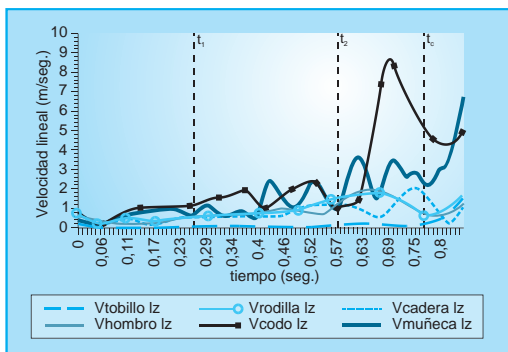
■ GRÁFICA 7.
Miembro inferior y superior izquierdo (clásico).



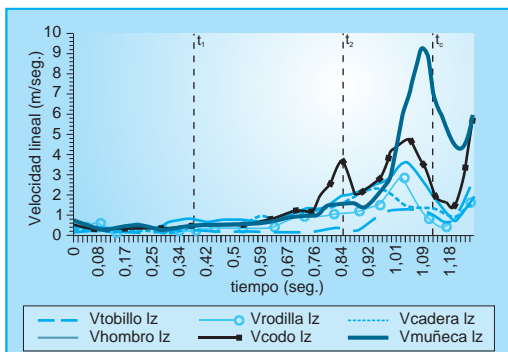
■ GRÁFICA 8.
Miembro inferior y superior izquierdo (plano).



■ GRÁFICA 9.
Miembro inferior y superior derecho (clásico).



■ GRÁFICA 10.
Miembro inferior y superior derecho (plano).



locidad por su acción de frenado. (Gráficas 7 y 8)

No obstante, aparecen diferencias importantes en cuanto a los valores de estas velocidades según la técnica empleada. Así por ejemplo, el tobillo izquierdo alcanza una velocidad máxima de 2,27 m/seg. en el GC y casi duplica su valor en el GP (4,20 m/seg.) Algo similar sucede con la rodilla izquierda cuya velocidad en el GP (2,64 m/seg.) es superior a los 1,48 m/seg. que ésta alcanza en el GC pero más tarde, durante la fase downswing. La cadera finalmente alcanzará en ambas técnicas su valor máximo de velocidad justo al iniciarse la fase downswing, como consecuencia de la traslación sufrida por toda la pierna izquierda.

Respecto a la participación del **miembro inferior derecho**, no se observan diferencias importantes entre las velocidades articulares y en ambas técnicas se aprecia un incremento progresivo de velocidad a medida que se aproxima la fase de descenso del stick, y que será más acentuado en la mitad final de t_2-t_c . La cadera, rodilla y tobillo derecho tienen velocidades máximas que también son superiores en el GP. (Gráficas 9 y 10).

En los **miembros superiores**, encontramos algunas particularidades al realizar el estudio comparativo. En ambos golpes aparece una clara diferencia en la velocidad que alcanzan las articulaciones más distales (muñeca y mano, cercanas al stick) respecto de las próximas (codo y hombro, más alejadas del stick) y que en los instantes próximos al impacto presentan un comportamiento similar al del miembro inferior, pero alcanzando sus velocidades máximas con un retardo respecto a éste (en la mitad final de t_2-t_c), consecuencia del encadenamiento del movimiento desde el segmento inferior al superior. Los valores máximos son similares en ambos golpes, tanto en muñecas como hombros, siendo la velocidad de ambos codos similares en t_1-t_2 , pero en la fase de descenso del stick t_2-t_c , el codo izquierdo presenta una velocidad máxima de 7,16 m/seg. que es superior en el GC a la alcanzada en el GP (valor que se sitúa en 4,766

m/seg.). En ambas técnicas, este incremento se produce justo al final de t_2-t_c tal y como muestran las gráficas anteriores. Sin embargo, esto no ocurre en el codo. Así pues, el movimiento realizado en el GC por el codo derecho adquiere mayor velocidad durante la fase de descenso del stick que el mismo movimiento en el GP.

El ángulo de la rodilla ha sido definido a partir de los segmentos muslos (rodilla-cadera) y pierna (rodilla-tobillo) de cada lado, respectivamente. Su estudio nos indica que la **rodilla izquierda** permanece prácticamente extendida hasta el inicio de t_2-t_c en ambos golpes, a partir de este momento y coincidiendo con el apoyo del pie izquierdo en el suelo, inicia su flexión hasta los 117° en el GC y continúa flexionándose hasta los 97° al final del lanzamiento en el GP, provocando el correspondiente descenso de las caderas en esta fase final y marcando una gran diferencia entre ambos tipos de técnica. El movimiento de la **rodilla derecha** es diferente, ya que parte de una pequeña flexión en ambos golpes, $148,8^\circ$ en GC y $138,8^\circ$ en GP. A partir de aquí el comportamiento es diferente para cada técnica, en el GC la flexión aumenta hasta la primera mitad del backswing, adoptando un valor medio de 130° hasta la mitad de la siguiente fase, para extenderse levemente hasta los 136° en t_c y alcanzar casi su extensión (176°) al final del lanzamiento. Sin embargo, en el GP la rodilla derecha pasa de la posición en ligera flexión, a una extensión completa, que a su vez, será previa a una flexión de casi 70° , y que se extenderá a 113° en el inicio de t_1-t_2 . En el momento de iniciarse el downswing, la rodilla se ha extendido ligeramente (141°) y acompañará en flexión a la rodilla izquierda hasta igualar su ángulo (127°) en $t = 1,1$ seg. Este mismo instante tiene lugar en el GC un poco antes, ($t = 0,64$ seg.) coincidiendo con un ángulo muy similar (130°) ambas rodillas. (Gráficas 11 y 12).

Para el estudio de la **posición angular del codo** (se ha definido su ángulo como el formado por los segmentos correspondientes al antebrazo (muñeca-codo) y el bra-



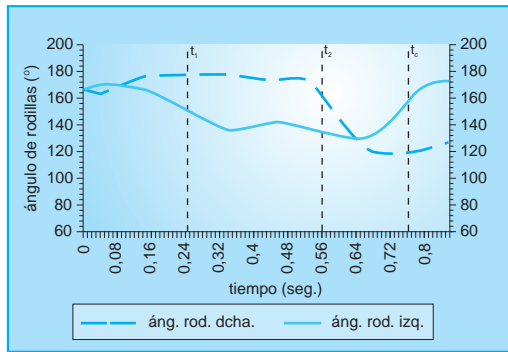
zo (codo-hombro) de cada lado, respectivamente. Tal y como se puede apreciar en las siguientes gráficas, las curvas de desplazamiento angular del codo en ambas técnicas tienen una apariencia similar, aunque queda bien diferenciada la flexión del codo derecho respecto del izquierdo en cada uno de los casos. Así pues, éste último apenas modifica su angulación durante los golpes, teniendo una oscilación máxima en GC de 40° (entre 136° en $t = 0,33$ seg. y 176° en $t = 0,83$ seg.). Y aún menor (34°) en el GP (entre 138° en t_2 y 172° en $t = 1,1$ seg.). Mientras que el codo derecho experimenta una flexión casi continua desde el inicio del gesto hasta la

mitad del downswing, teniendo mayor flexión (54,7°) en el GC que en el GP (63,4°). Desde este instante, el codo se va extendiendo en ambas técnicas, durante el resto de la fase t_2-t_c (haciendo descender el stick), el contacto y el acompañamiento hasta casi la extensión completa (170°). (Gráficas 13 y 14)

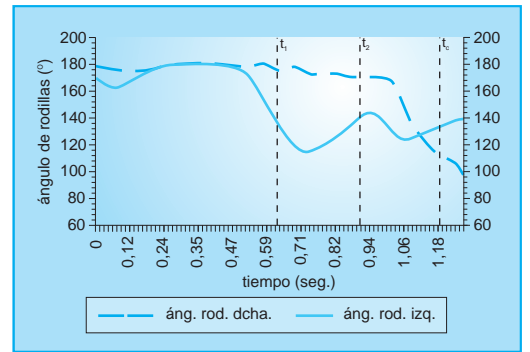
Otra variable angular que puede resultar de interés para la diferenciación entre ambas técnicas es el **ángulo interior** (aproximación de los codos respecto al punto fijo de la muñeca) y definido como el formado entre dichos segmentos (muñeca-codo), podemos observar una clara diferencia en los valores que adopta

esta variable entre ambas técnicas. En el GP los codos se aproximan muy rápidamente durante la segunda mitad del backswing y los primeros instantes del downswing, produciendo un ángulo muy pequeño (12°). Si observamos la gráfica anterior correspondiente a esta técnica, podemos comprobar que la aproximación de codos a la que nos referimos coincide con la máxima flexión del codo derecho, y su extensión en t_2-t_c es correspondida con una pequeña separación de los mismos (probablemente para dejar el stick en un plano más horizontal en su descenso) y que rápidamente vuelven a juntarse (19.8°) para el impacto. (Gráficas 15 y 16)

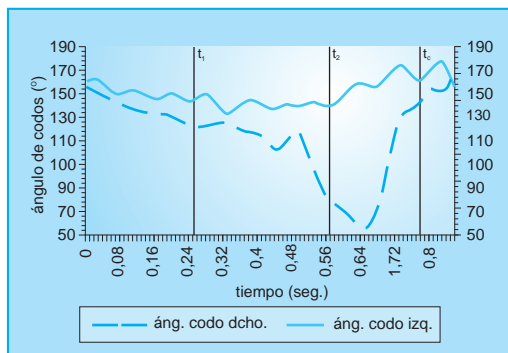
■ GRÁFICA 11.
Golpeo clásico.



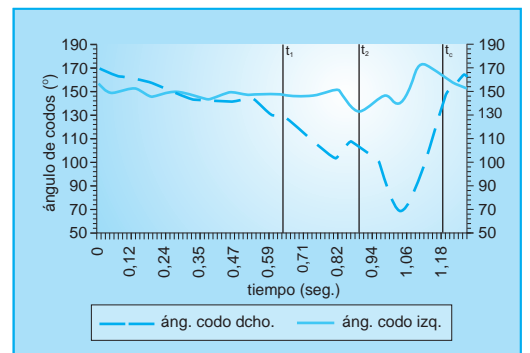
■ GRÁFICA 12.
Golpeo plano.



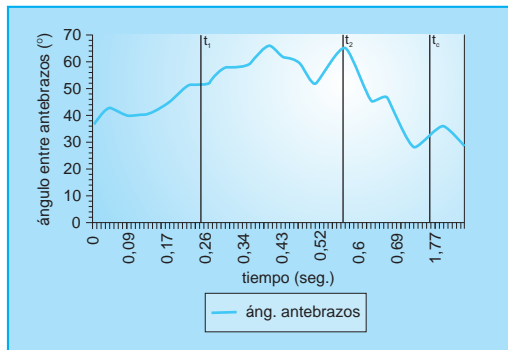
■ GRÁFICA 13.
Golpeo clásico.



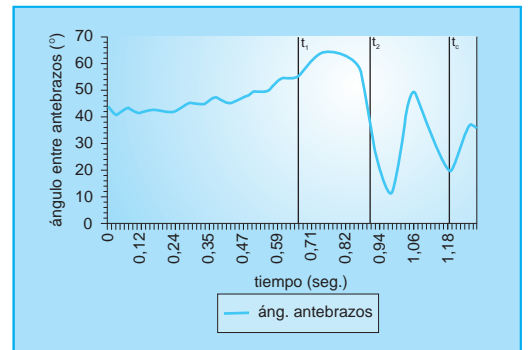
■ GRÁFICA 14.
Golpeo plano.



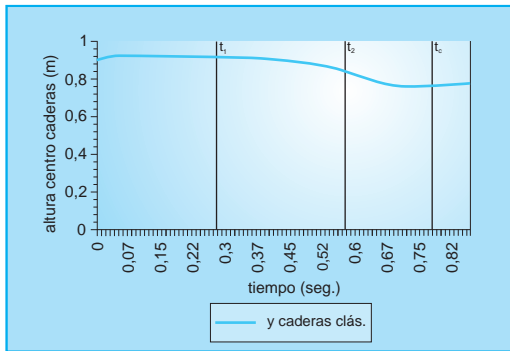
■ GRÁFICA 15.
Golpeo clásico.



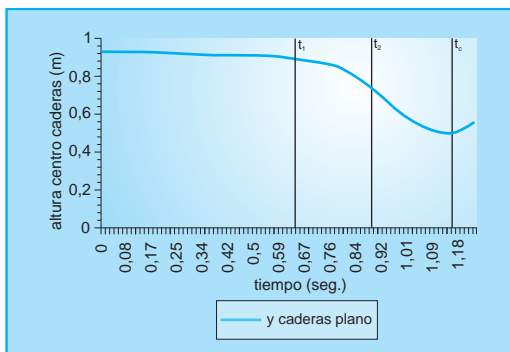
■ GRÁFICA 16.
Golpeo plano.



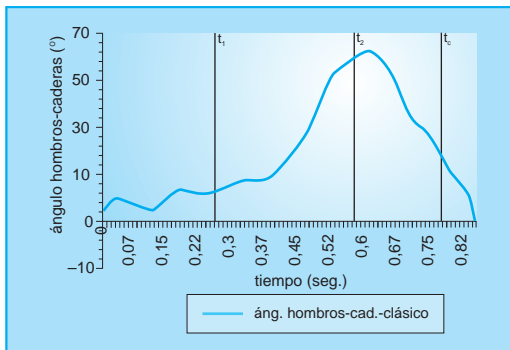
■ GRÁFICA 17.
Golpeo clásico.



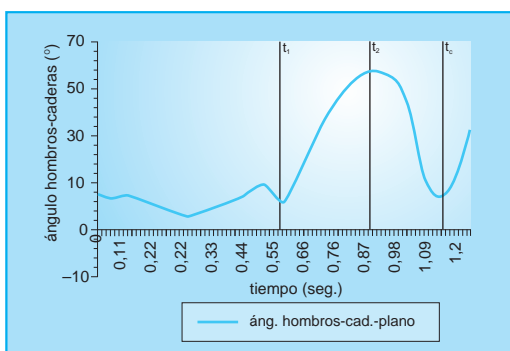
■ GRÁFICA 18.
Golpeo plano.



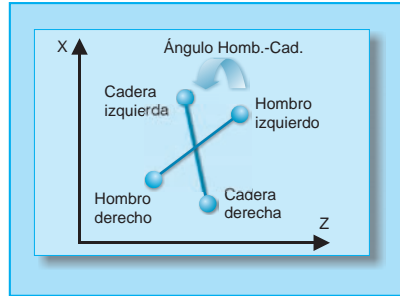
■ GRÁFICA 19.
Golpeo clásico.



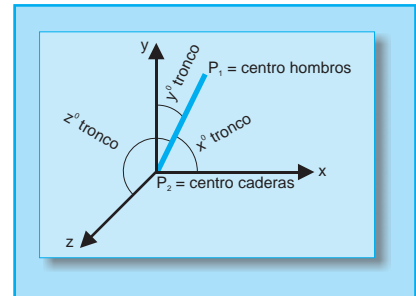
■ GRÁFICA 20.
Golpeo plano.



■ ILUSTRACIÓN 3.



■ ILUSTRACIÓN 4.



Siguiendo con el estudio de la *posición del centro de caderas* (punto medio entre ambas) en el GC, éste se mantiene durante toda la fase previa a una altura media de 0,92 m sobre el suelo y desciende muy lentamente hasta t_2 (0,85 m), después continua descendiendo de modo más pronunciado durante la siguiente fase (t_2-t_c) y alcanza su punto de menor altura (0,77 m) en $t = 0,68$ seg. (justo antes del contacto entre el stick y la bola) manteniendo su valor hasta finalizar el golpeo. En el GP ocurre algo muy similar, pero con una diferencia de altura mucho más pronunciada. En t_2 ya se encuentran a 0,729 m y sigue descendiendo durante t_2-t_c hasta alcanzar su mínima altura (0,487 m) en $t = 1,16$ seg, justo antes de t_c , después del contacto se incrementa ligeramente, quedando el jugador en una posición muy baja. (Gráficas 17 y 18)

Para el estudio de la orientación entre la línea de hombros y la de caderas, se ha calculado el ángulo menor formado por estos dos segmentos para cada instante de tiempo, tal y como se muestra en la Ilustración 3, proyectándolo sobre el plano XZ. (Ilustración 3)

En ambos golpes se observa una contraposición de la *línea de hombros respecto a la de caderas*, inicialmente forman un ángulo muy pequeño, pues ambas líneas se encuentran casi alineadas ($2^\circ-14^\circ$) y orientadas en sentido al lanzamiento (eje x). La línea de hombros aumentará su ángulo respecto a la de caderas de modo progresivo durante t_1-t_2 , alcanzando su máxima contraposición instantes previos al inicio del downswing, orientando el hombro izquierdo en dirección z, y for-

mando un ángulo máximo de unos 60° en ambas técnicas. (Gráficas 19 y 20).

Para el estudio de la posición angular del **tronco** respecto a cada uno de los tres ejes de movimiento, se han definido los ángulos formados por el segmento P_2P_1 =(centro/caderas centro/hombros), con cada uno de los ejes. Para ello se ha trasladando al origen del sistema de referencia el punto P2 y se ha medido el ángulo que forma este vector respecto a cada uno de los tres ejes. (Ilustración 4)

Así pues, **el tronco** se mantiene inclinado formando un ángulo de unos 45° respecto a la vertical y respecto al eje z en el GC, mientras que en el GP su posición inicial es más vertical (sólo 36° respecto a y en t_1) y a la vez se va inclinando hacia z mientras se aproxima a ese mismo instante. En ambas técnicas, el tronco finaliza con una inclinación hacia la bola (hacia la derecha) llegando a alcanzar aproximadamente los 60° en ambas técnicas justo al final de esta fase. Pero la clara diferencia aparece en el GP, ya que el ángulo del tronco respecto a la vertical es de 61° , (es decir, 29° con respecto al suelo en t_c), frente a los 38° que tiene en el GC. Esta diferencia se incrementará hasta el final del lanzamiento. (Gráficas 21 y 22)

En relación con **el stick y la bola**, encontramos que la velocidad del extremo del stick aumenta progresivamente desde el inicio, hasta alcanzar un valor máximo de $32,07$ m/seg. en el GC y de $31,7$ m/seg. en el GP justo en t_c , valores similares a los máximos obtenidos por Cohen (1969) y Hendrick (1983). Es en este mismo instante, cuando la bola empieza a ganar velocidad, alcanzando en el GC

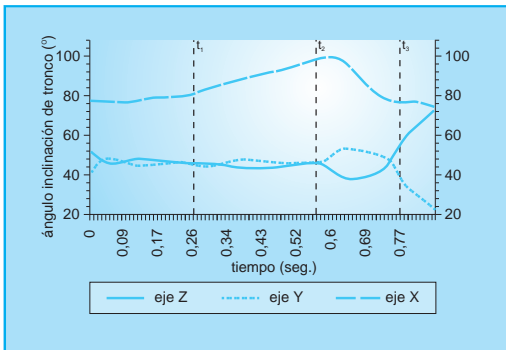


su valor máximo (22,16 m/seg) a los 0,036 segundos después del impacto. Pero en el GP se supera esta velocidad máxima (23,8 m/seg) a los 0,025 seg. tras el impacto. El valor medio de velocidad de la bola en el golpeo estacionario calculado por Whalen (1993) fue de 26,44 m/seg. en jugadores con mayor edad. Coincidiendo con el momento de

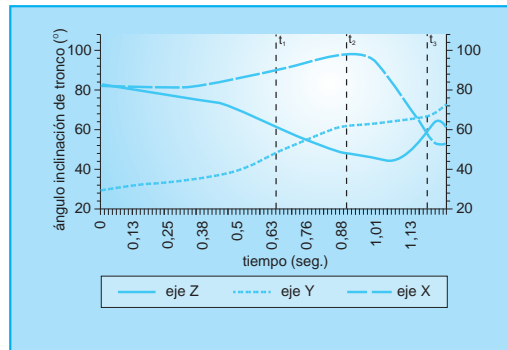
velocidad máxima de la bola, se produce un descenso de la velocidad del extremo del stick que llega hasta los 18,35 m/seg en el GC y disminuye un poco menos en el GP. Este efecto es producido por el choque con la bola. Seguidamente el stick aumenta su velocidad hasta el final del lanzamiento, al tiempo que la bola reduce la suya. (Gráficas 23 y 24).

El análisis de la posición angular del stick respecto a cada uno de los tres ejes presenta una gran similitud en ambas técnicas, aunque con una diferencia clara los valores de la trayectoria angular del stick en el GP respecto al eje Z, tal y como aparece en las gráficas siguientes, llegando a variar unos 270° durante la fase t_2-t_c . (Ilustraciones 5 y 6 y Gráficas 25 y 26).

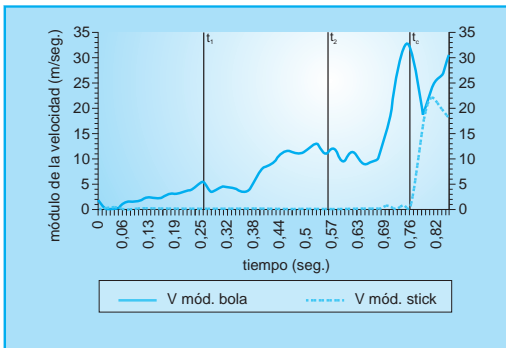
■ GRÁFICA 21.
Golpeo clásico.



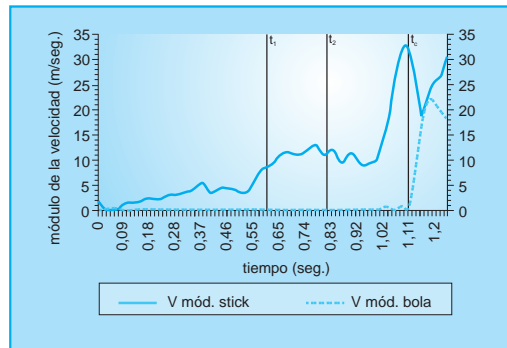
■ GRÁFICA 22.
Golpeo plano.



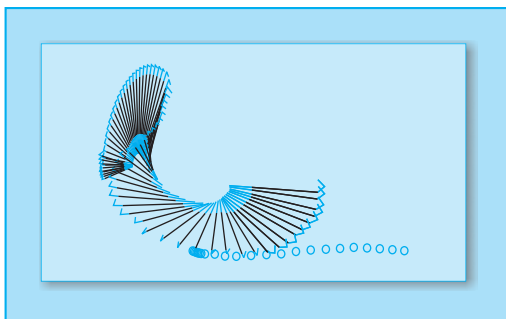
■ GRÁFICA 23.
Golpeo clásico.



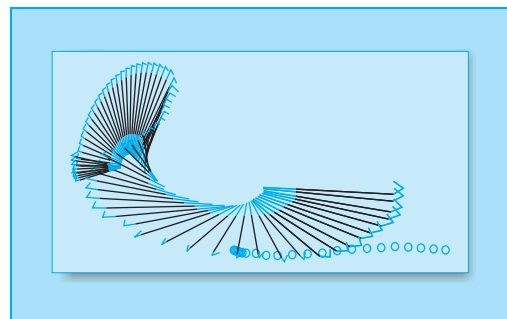
■ GRÁFICA 24.
Golpeo plano.



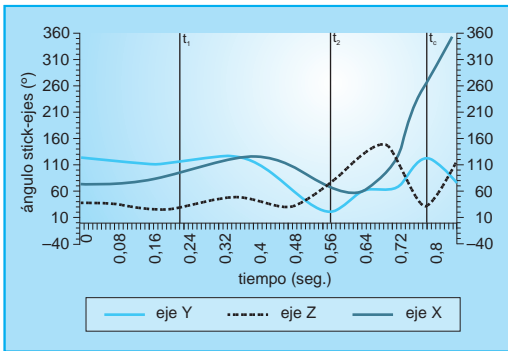
■ ILUSTRACIÓN 5.
Trayectoria del stick durante el golpeo clásico.



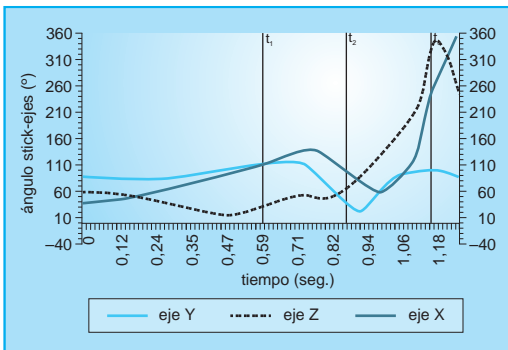
■ ILUSTRACIÓN 6.
Trayectoria del stick durante el golpeo plano.



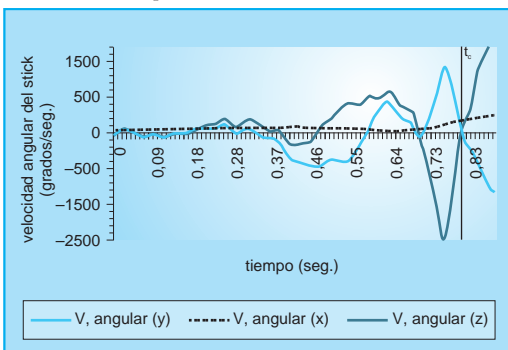
■ GRÁFICA 25.
Golpeo clásico.



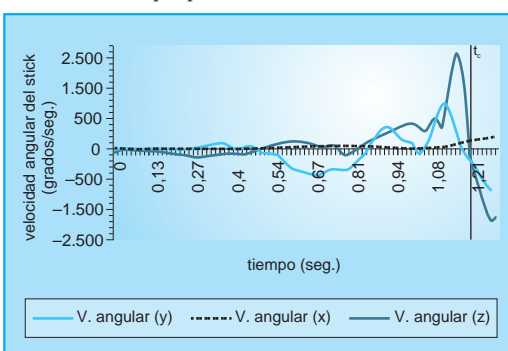
■ GRÁFICA 26.
Golpeo plano.



■ GRÁFICA 27.
Golpeo clásico.



■ GRÁFICA 28.
Golpeo plano.



Esta alta variación en el ángulo en el GP, se traduce también en una alta velocidad angular del stick en los instantes previos al golpeo, alcanzando un valor máximo de 2766,6 grados/seg. que equivalen a 48,3 radianes/seg. Cifra muy similar a la obtenida por Alexander (1981) durante esta fase de downswing (45 radianes/seg ó 2578,3 grados/seg). Respecto al momento del impacto, observamos que la variación del ángulo del stick respecto a este eje es nula en ambos golpes para volver a incrementarse mucho durante la fase del acompañamiento, pero en este caso la velocidad adopta valores contrarios a los de t_1 - t_2 (cambia la dirección del giro del stick). (Gráficas 27 y 28).

Por último, se ha analizado el **ángulo de las muñecas**, para lo cual se define éste como el formado por el segmento stick (extremo-mango) y por el antebrazo (muñeca-codo). Las gráficas siguientes nos muestran el comportamiento del ángulo de muñeca son muy similares entre la izquierda y la derecha, apareciendo una diferenciación durante la mitad final de t_1 - t_2 y la inicial de t_2 - t_c , siendo la muñeca derecha la que menor ángulo presenta (37,8° en el GC y 53,5° en el GP) respecto al stick, y produciéndose una mayor aproximación entre el antebrazo y el stick en el GC analizado, durante el descenso del mismo. (Gráficas 29 y 30).

Conclusiones

A modo de conclusiones se pueden resumir aquellas diferencias técnicas encontradas entre las dos técnicas de golpeo analizadas, y que son más relevantes, centrandó nuestra atención en las características diferenciadoras del golpeo plano: Respecto a la duración de las fases, el GP presenta una fase de aproximación y elevación del stick conjuntamente, más larga (0,903 seg.) casi de doble duración que estas fases en el GC. Y la fase de descenso del stick también es ligeramente más larga, aunque el stick desciende desde menos altura, como luego veremos.

- Es un gesto en el que los pies están inicialmente más juntos entre si (7cm. de separación) y más alejados (casi un metro más) en relación con la bola. Además en este golpeo el jugador recorre desde la posición inicial y con un solo paso de aproximación, una mayor distancia hacia la bola, ya que después del apoyo sus pies quedan más separados que en el GC.
- El jugador sitúa su pie izquierdo en línea con la bola, a diferencia de lo que ocurre en el GC dónde es apoyado 20 cm por delante de ella. Además la situación del pie a la izquierda de la bola es mayor también en el golpeo plano, provocando así una necesaria inclinación del tronco para poder golpearla. Así pues, esta mayor “distancia de ataque” a la bola es traducida en un aumento de la inclinación del tronco hacia la misma (z) y hacia la dirección del lanzamiento (x) en los instantes finales del golpeo, obligando al jugador a quedar en una posición muy baja, lo que puede condicionar una inmediata continuidad en el juego. Por otro lado, la orientación del pie una vez apoyado en el suelo es más “abierto” hacia la dirección del lanzamiento que en el GC, donde el pie se orienta más perpendicular a esa dirección.
- Este desplazamiento del pie izquierdo provoca una diferencia importante en el aumento de las velocidades lineales de los puntos articulares del miembro inferior izquierdo, y también (aunque en menor medida) de otras articulaciones del miembro superior izquierdo, a excepción del codo izquierdo cuya velocidad lineal será inferior en este tipo de golpeo. Respecto a las velocidades del miembro inferior y superior derecho, también son superiores los valores máximos alcanzados en el GP, aunque con la excepción, de nuevo, de la velocidad lineal máxima del codo derecho que es menor.
- La amplia separación entre los apoyos y el avance del peso del cuerpo hacia la pierna adelantada obligan a la flexión de la rodilla derecha, que llega

una flexión muy acentuada de 97° al final del lanzamiento en el GP. Se produce así, el descenso de las caderas que alcanzan su altura mínima respecto al suelo en los instantes finales del lanzamiento.

- La trayectoria del stick presenta mayor componente en el plano horizontal, aunque se realiza en los tres planos de movimiento. Además, es en este plano dónde experimenta una mayor variación angular, adquiriendo un amplio recorrido durante la fase de downswing. Con ello se contrarresta la diferencia de altura que alcanza el extremo del stick en el GP, producida por el descenso de las caderas. Para posibilitar el incremento de recorrido angular del stick, las muñecas reducen su ángulo (aproximando el antebrazo al stick) durante la mitad final de t_1-t_2 y la inicial de t_2-t_c , al mismo tiempo que los codos se aproximan entre si, disminuyendo también el ángulo de separación entre los antebrazos. Todo ello se produce a la vez que se provoca una adecuada contraposición del eje hombros-caderas. El resultado final es que el stick adquiere una mayor velocidad angular cercana a los 50 radianes/seg. en este tipo de lanzamiento.
- La velocidad máxima del extremo del stick es inferior a la obtenida en el GC, sin embargo, se consigue en una velocidad lineal máxima de la bola superior, que es alcanzada en menos tiempo (0,025 seg.) desde el momento del impacto, aspecto que interesaría profundizar en nuevas investigaciones.
- En el momento del impacto con la bola, el stick está paralelo al suelo (solo un grado con respecto al mismo), frente a los 57° de inclinación que presenta en el GC. Podemos afirmar que se trata de un golpeo de trayectoria ver-

daderamente plana en el momento del impacto.

- Futuros estudios llevados a cabo con un mayor número de sujetos, podrían establecer si existen diferencias estadísticamente significativas entre algunas de estas variables y otras como el ángulo entre el tronco y el antebrazo derecho, con la velocidad de salida de la bola.

Bibliografía

Adrian, M; Hulac, G; Klinger, A y Epperson, S. (1976). Biomechanical and sociological parameters of female athletes, en *Proceedings International Congress on Physical Activity Sciences*, Quebec City, Jul. 11 16, volume 9, pp. 121 131 Refs: 22.

Alexander, M. J. L. (1983). The kinematics, movement phasing and timing of a field hockey drive in response to varying conditions of uncertainty, *Journal: Counter attack* 3 (2), dic., pp. 7-12 Refs:5

Buzzell, N. L; Holt, L. E. (1978). Cinema computer analysis of selected field hockey strokes, *Science in sports*, Del Mar, California: Academic Publishers, pp. 61-69.

Gelinas, M.: Kinematic characteristics of opposite field hitting. En E. Kreighbaum y A. McNeil (eds.), *Biomechanics in sports VI: proceedings of the 6th International Symposium on Biomechanics in Sports*, Bozeman, Mont., International Society of Biomechanics in Sports, pp. 519-530, 1988.

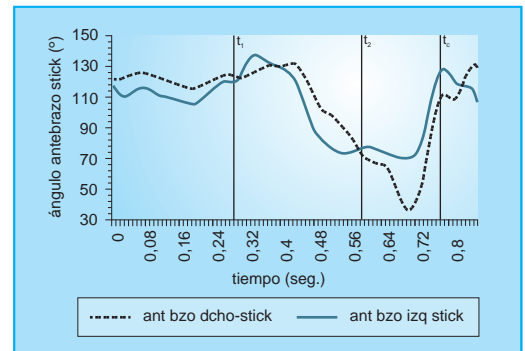
Hendrick, J. L. (1981). *Biomechanical analysis of selected parameters in the field hockey drive*, Thesis (M.S.), Indiana University.

Klatt, L. A. (1977). *Kinematic and temporal characteristics of a successful penalty corner in women's field hockey*, tesis no publicada, P.E.D., Indiana Univ.

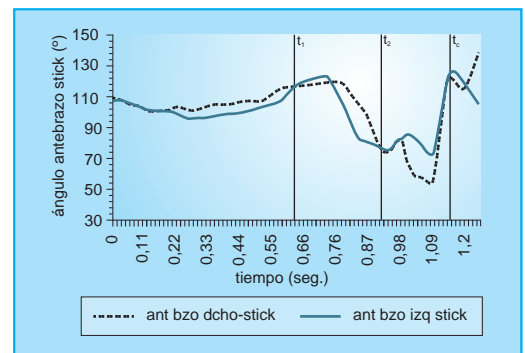
Kushuhara, K. (1993). Kinematical analysis of field hockey stroke. En *Abstracts of the International Society of Biomechanics*, XIVth Congress, Paris, 4-8 July, vol. I, Paris, s.n., 1993, p. 734-735 Refs:1. International Society of Biomechanics. Congress (14th: 1993: Paris, France).

Nakazawa, K; Yamamoto, H. (1987). Mechanical efficiency of dribbling in field hockey, *Bio-*

■ GRÁFICA 29.
Golpeo clásico.



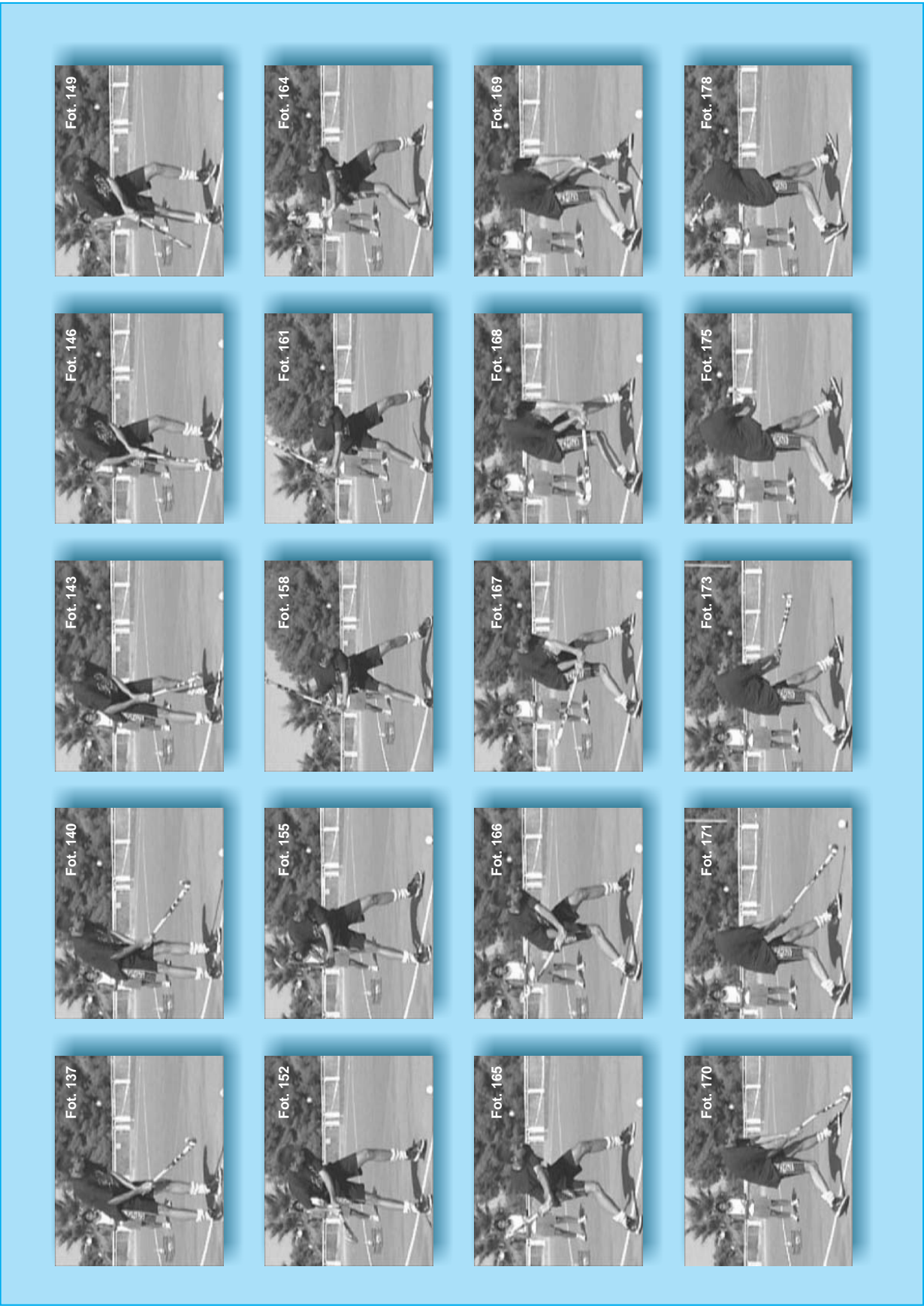
■ GRÁFICA 30.
Golpeo plano.



mechanics in sports III & IV : proceedings of ISBS, Del Mar, Calif., Academic Publishers, pp. 79-81, Refs:5. International Symposium of Biomechanics in Sports (4th: 1987: Halifax, N.S.)

- Weicker, D. L. (1985). The kinematics, movement phasing and timing of a field hockey drive in response to varying conditions of uncertainty, *National Library of Canada*, Ottawa.
- Whalen, Michael T. (1992). *Three Dimensional Biomechanical Analysis of the Stationary and Penalty Corner Drives in Field Hockey*, Theses, University of Manitoba (Canada), Vol 32/02 of Masters Abstracts, .
- Woltring, Herman J. (1986). A fortran package for generalized, cross-validatory spline smoothing and differentiation, *Adv. Eng. Software*, vol. 8, No 2. University of Nijmegen. The Netherlands.

ANEXOS Anexo 1. Secuencia del golpeo clásico (cámara izquierda). Sujeto 6

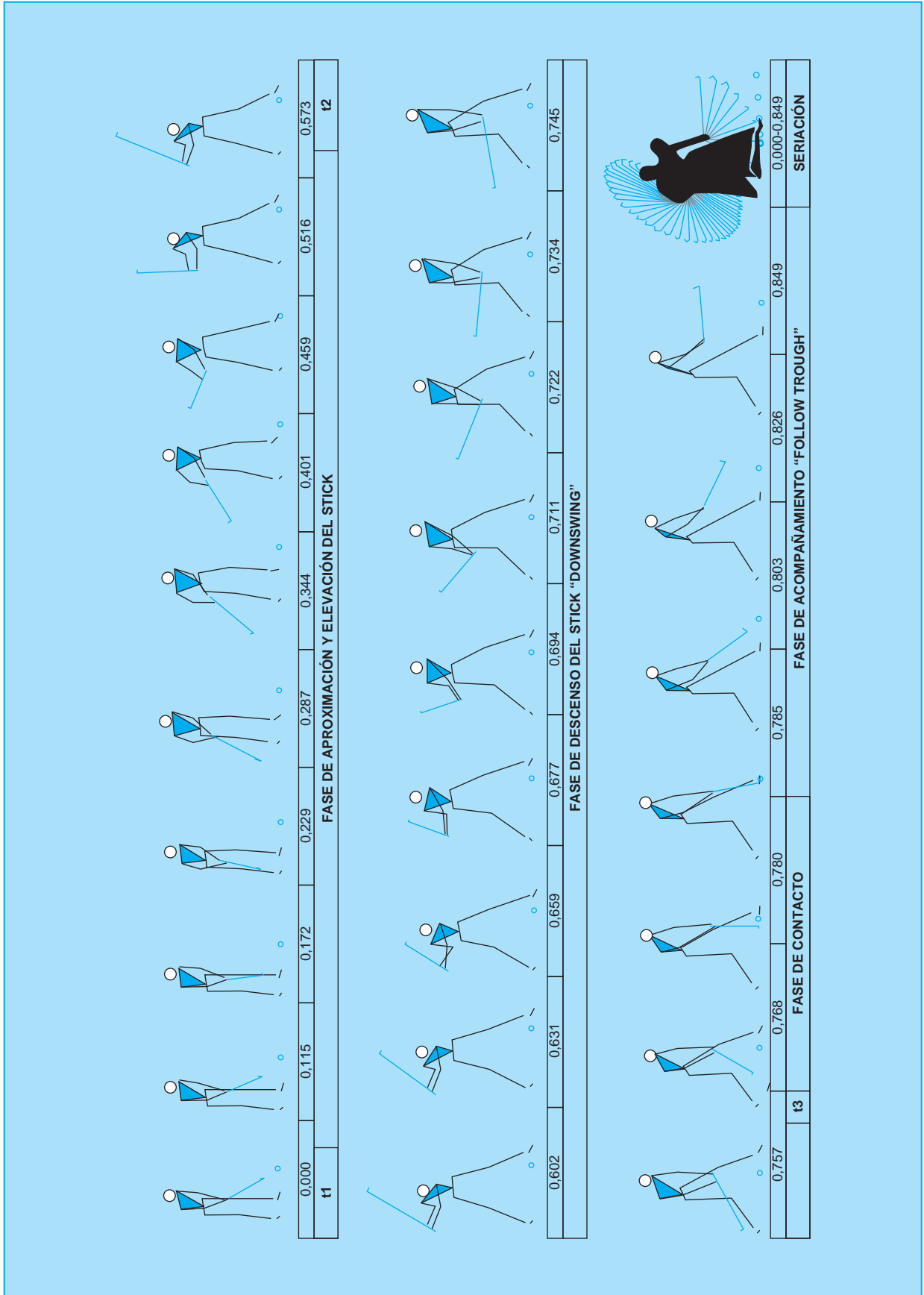




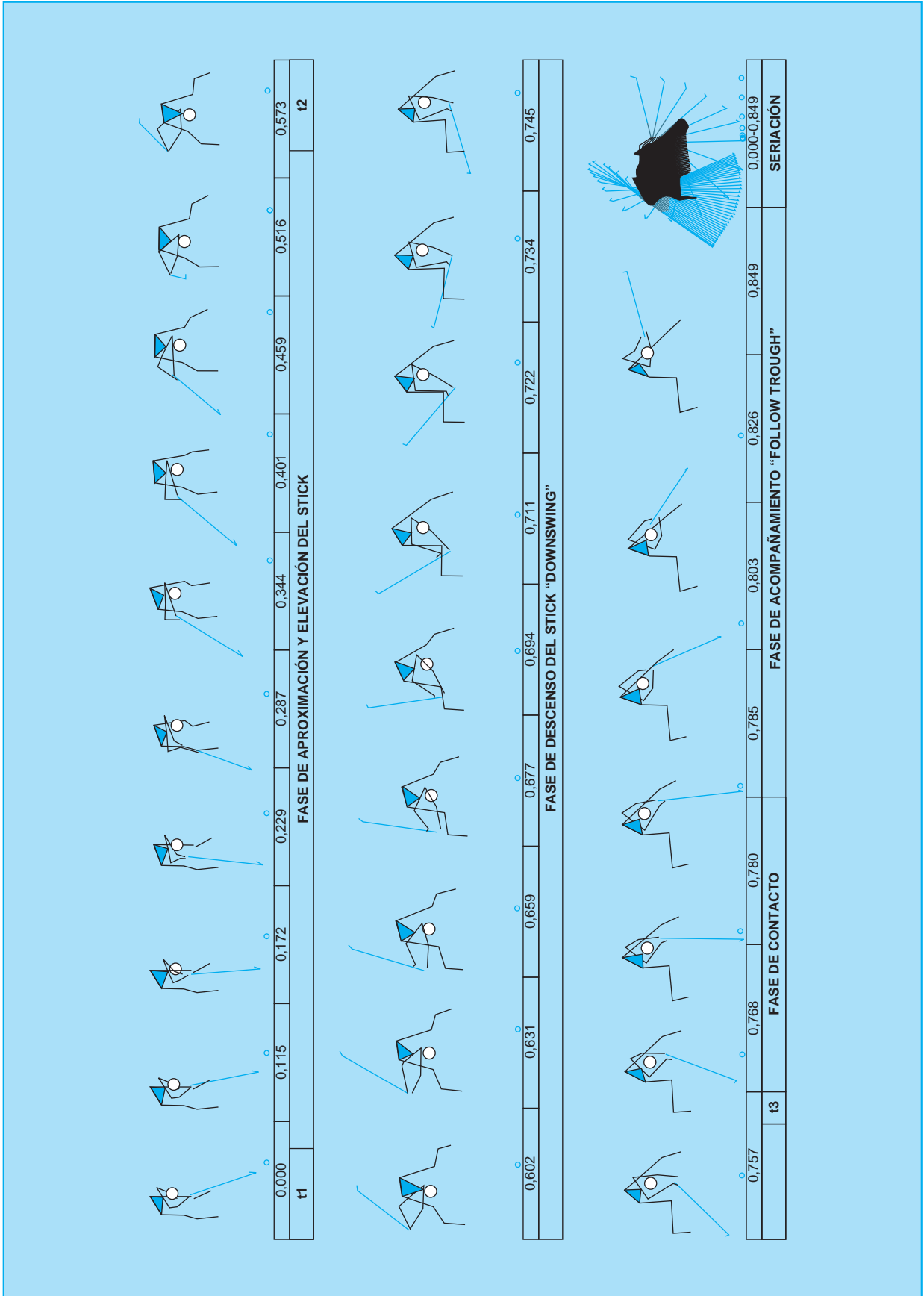
Anexo 2. Secuencia del golpeo plano (cámara izquierda). Sujeto 6



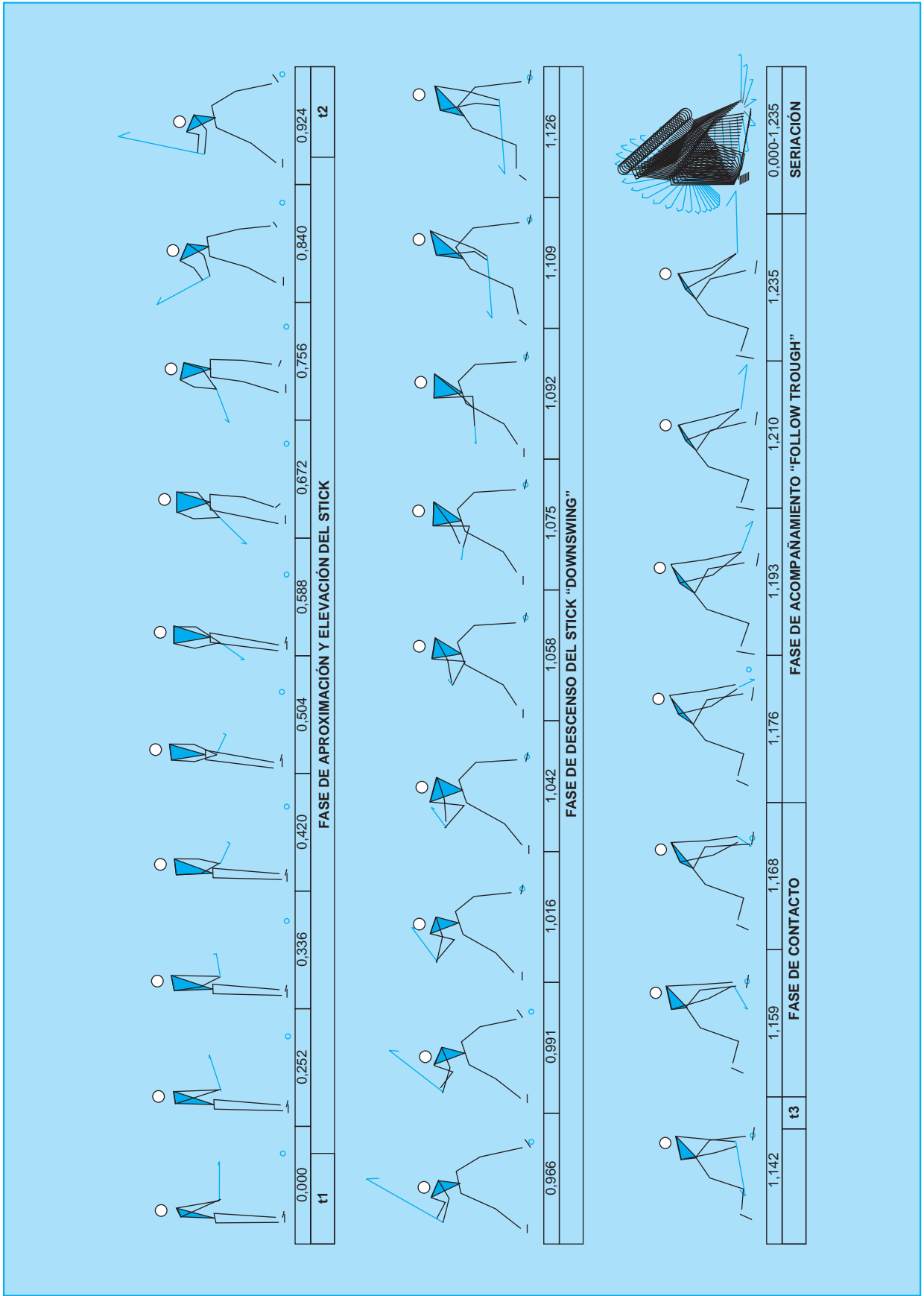
Anexo 3. Secuencia del fichero golpeo clásico. Vista lateral



Anexo 4. Secuencia del fichero golpeo clásico. Vista superior



Anexo 5. Secuencia del fichero golpeo plano. Vista lateral



Anexo 6. Secuencia del fichero golpeo plano. Vista superior

