

## Características biomecánicas de la fase activa del forehand topspin, ejecutado por atletas de la selección femenina de tenis de mesa de Venezuela

Ministerio del Poder Popular para el Deporte  
Laboratorio de Biomecánica  
(Venezuela)

Marco Gómez  
ttgomez2004@yahoo.com  
Mihai Zissu  
zissumihai@yahoo.com

### Resumen

El propósito de la presente investigación fue la descripción de las características biomecánicas la fase activa del Forehand Topspin, ejecutado por atletas de la selección femenina de tenis de mesa de Venezuela. El trabajo se enmarcó en la Investigación de Campo, con un diseño descriptivo a través de un enfoque cualitativo y cuantitativo. Los sujetos fueron siete (7) atletas femeninas de alto rendimiento de Venezuela. Para la recolección y análisis de los datos se utilizó el método videográfico básico y computarizado, a través de los procedimientos correspondientes. La captura y cuantificación de los resultados se efectuó utilizando el sistema computarizado bidimensional Peak Motus. A los datos se les aplicó un tratamiento estadístico descriptivo y los resultados se presentaron a través de gráficos y tablas. Se concluye que, por efecto de las acciones de los sujetos, la pelota se proyectó con poca velocidad, describió una trayectoria demasiado elevada y tardó un tiempo excesivo en llegar a la mesa del contrario; se observó reducida cantidad de movimiento lineal hacia la pelota del sistema atleta - raqueta en el instante del impacto, donde los segmentos que más cantidad de movimiento aportaron fueron la mano, antebrazo y raqueta. El tronco no aportó cantidad de movimiento alguno, por no participar en la acción.

**Palabras clave:** Tenis de mesa. Biomecánica. Backhand topspin. Fase activa del golpe. Cantidad de movimiento lineal.

EFDeportes.com, Revista Digital. Buenos Aires - Año 16 - Nº 156 - Mayo de 2011. <http://www.efdeportes.com/>

1 / 1

### Introducción

En Venezuela, los estudios biomecánicos se vienen realizando desde hace más de doce (12) años en diferentes deportes como, el Atletismo, Voleibol, Gimnasia, Baloncesto, Natación, Tae kwon do, Levantamiento de Pesas, Saltos Ornamentales y otros, sin embargo en los deportes de raqueta y específicamente en el Tenis de Mesa, se encuentran pocas investigaciones en este campo del conocimiento.

El Tenis de Mesa ha logrado despertar el interés de muchos países y en especial algunos de origen europeo, los cuales desarrollan y mejoran nuevas técnicas con la finalidad de alcanzar a los países asiáticos que observaron de una manera científica al tenis de mesa desde sus inicios. Así es el caso específico de Alemania y Bulgaria, que llevan adelante estudios sobre algunos fundamentos técnicos ofensivos del tenis de mesa desde el año 1990 (www.ittf.com 2003).

De estos fundamentos técnicos, el Forehand Topspin forma actualmente la base del tenis de mesa, tal como lo reflejan los estudios realizados por Drianovski y Otcheva (2000), en los Juegos Universitarios de Sofía 1998, donde se observó que esta técnica es usada por los atletas en el 65% de los golpes ofensivos.

De igual forma, en el año 2001, los autores antes mencionados consiguieron, a través de un estudio comparativo entre los jugadores de sexo Masculino y Femenino de Bulgaria y los finalistas de campeonatos Mundiales y Olímpicos, que el predominio de utilización del Forehand Topspin oscila entre el 50% y 70% de todos los elementos técnicos utilizados, tanto en hombres como también en mujeres.

Este golpe, desde el punto de vista mecánico, se define como una acción de interacción entre dos objetos: raqueta – pelota, el cual se denomina choque o colisión, en el cual el objetivo principal se centra en la proyección de la pelota con la mayor velocidad posible y en la dirección adecuada para obtener el punto. Las acciones de los atletas previamente al choque con el implemento se pueden analizar por fases, delimitadas por posiciones en los instantes extremos, y en el golpe Forehand Topspin con Agarre Clásico se identifican las siguientes:

**Posición de Inicio:** pies separados a una distancia mayor del ancho de los hombros, de frente a la mesa, rodillas, caderas y tronco semiflexionados, los codos flexionados aproximadamente 90 grados.



Grafico 1. Posición de inicio del forehand Topspin con agarre clásico

**Fase Preparatoria del Forehand Topspin:** Cuando el jugador haya analizado la trayectoria de la pelota, con los pies separados a

una distancia mayor del ancho de los hombros, de frente a la mesa, debe ejecutar una rotación del tronco en el sentido del MS ejecutor (perpendicular a la línea final de la mesa); el MS ejecutor ejecuta un movimiento de extensión del hombro hasta el límite articular hacia la parte posterior del tronco; el brazo debe formar un ángulo cercano a 90 grados con respecto al tronco y el codo debe estar extendido; la raqueta debe tener una posición que forma un ángulo agudo con respecto a la horizontal y por encima de la cadera correspondiente; el peso del cuerpo se traslada al miembro inferior correspondiente al MS ejecutor, aumentando la flexión de la rodilla; el miembro superior contrario se mantiene flexionado a nivel del codo y cerca del cuerpo



**Grafico 2.** Fase preparatoria y posición inicial de la fase activa del forehand topspin con agarre clásico

**Fase de Acción de Contacto o Activa del Forehand Topspin:** La acción se inicia con un giro del eje de las caderas por medio de una rotación externa del MI contrario al MS ejecutor y una rotación interna de la cadera del MI correspondiente al MS ejecutor. Simultáneamente, se ejecuta un giro del tronco hasta que el eje de los hombros llega en una posición perpendicular con la dirección de vuelo de la pelota. El MS ejecutor realiza un movimiento oblicuo ascendente, a través de una flexión del codo y con el brazo a un ángulo cercano a 90 grados con respecto al tronco; la raqueta mantiene un ángulo agudo con respecto a la horizontal, que depende de las características de movimiento y posición de la pelota en el instante del choque; el contacto con la pelota se realiza en su vuelo ascendente antes del choque, en la parte central superior y por delante de la cadera correspondiente al MS ejecutor. En el instante del contacto se transfiere el peso del cuerpo al MI contrario, para asegurar un eje firme de giro.



**Grafico 3.** Fase Activa del golpe e instante de choque o contacto forehand topspin con agarre clásico

**Fase de Movimientos Finales:** A pesar de que el impacto finalizó, esta posición demuestra una adecuada trayectoria de acción del cuerpo en la fase activa del golpe. Se transfiere el peso del cuerpo al miembro inferior contrario, el MSE se flexiona a nivel del codo y la raqueta culmina el movimiento a nivel de la frente, instante en el cual se inicia la acción siguiente. Esta acción debe asegurar el equilibrio del atleta para una colocarse nuevamente en posición adecuada en función de las características del juego.



**Grafico 4.** Posición final luego del impacto del forehand topspin con agarre clásico

Para que el atleta puede lograr el resultado esperado a través de esta destreza, desde el punto de vista de la Biomecánica, se deben lograr las siguientes características de proyección de la pelota: (a) el tiempo de vuelo de la pelota, que debe ser el mas corto posible, (b) la trayectoria de la pelota, que debe asegurar una colocación precisa en la mesa del contrario y (c) la velocidad de rotación con que la pelota llegue al lado del oponente debe ser la mayor controlable para asegurar el efecto deseado.

#### **Características Biomecánicas del Forehand Topspin**

El Forehand Topspin es una destreza que se enmarca como una acción de choque o colisión, en la cual se conciben dos objetivos fundamentales desde el punto de vista de la biomecánica, tal como lo explica Donskoi (1971/1988):

- (a) Transmitirle a la pelota la velocidad optima de vuelo.

(b) Transmitir a la pelota la dirección y el carácter de vuelo adecuado.

En el primer caso la velocidad de vuelo de la pelota, depende de las acciones y posiciones que ejecuta el sujeto antes, durante y después del choque, donde los componentes de vuelo, velocidad de colisión entre la pelota y el miembro superior ejecutor, así como la cantidad de movimiento de ambos (masa x velocidad), juegan un papel importante para lograr este objetivo (Donskoi (1971/1988).

Destaca Sklorz (s/f,) que en un remate, el miembro superior ejecutor puede alcanzar de 30 a 40 Km/h. (11,11 m/s), y la pelota, una velocidad de 112,5 Km/h (31,11m/s)

Para aumentar la velocidad de vuelo de la pelota es necesario aumentar la velocidad del miembro superior ejecutor (Donskoi, 1971/1988); esta velocidad se logra en la fase inicial de la ejecución.

En el segundo caso, la transmisión de la dirección y el carácter, depende del impulso del choque, el cual obedece a la velocidad relativa y la masa (pelota-raqueta-brazo) (www.saludmed.com, 2003).

Durante esta acción de impulso de choque entra en juego también el coeficiente de restitución o deformación de la pelota y la raqueta. Se menciona en www.portalbasico.com (2003) que, "Se ha medido que en un golpe dado con una aceleración fuerte, la velocidad instantánea de la pelota pasa de 1 m/s antes del impacto a 18 m/s después del impacto, y la pala empuja la pelota quedando en contacto con ella durante 1 segundo".

Por ser el Topspin Forehand una acción donde el choque es oblicuo, es también importante añadir la forma de la trayectoria, ya que se logra en esta destreza provocar una rotación considerable de hasta 140 a 151 radianes /segundo (Sklorz, s.f.; Li,T., Wang, J., y Wang, X., 1996), y tal como expone Zhengting (1979); "el ángulo de rebote de una pelota con Topspin es mas pequeño que aquel de una pelota normal".

Otro factor que interviene en la trayectoria de la pelota es la resistencia al aire que se conoce como Efecto Magnus (nombre de un físico sueco), que se basa en el hecho de que cuando una pelota se desplaza por el aire con una cierta rotación, se produce un desequilibrio en esta pelota debido al hecho de que hay una fricción más fuerte por un lado y más débil por el otro, contra las moléculas de aire, generando una diferencia de presión que produce una trayectoria curvilínea de la pelota en el vuelo..

Este desequilibrio se traduce en una fuerza interna que es proporcional a la rapidez de la rotación, y modifica consecuentemente la trayectoria. La desviación es máxima cuando la rapidez de desplazamiento de la pelota decrece antes que la rapidez de rotación. (Donskoi y Zatsiorski, 1988; Donskoi, 1971/1988; Li, Wang y Wang, 1996; Serway, 1992/1996).

## Objetivos

### Objetivo General

Determinar las Características Biomecánicas de la Fase Activa del Forehand Topspin ejecutado por atletas de sexo femenino de la Selección Nacional de Venezuela.

### Objetivos Específicos

- Describir las características biomecánicas cinemáticas espaciales y espacio-temporales del movimiento de la raqueta durante la fase activa del golpe.
- Describir las características biomecánicas de proyección de la pelota.
- Cuantificar la Cantidad de Movimiento Lineal total en el instante del choque en el Forehand Topspin y determinar la contribución de las diferentes partes del cuerpo para el logro del mayor nivel de esta variable en el contacto.
- Estructurar del Modelo biomecánico del Forehand Topspin.
- Determinar las posibles debilidades cometidos por las atletas en la fase activa del Forehand Topspin
- Presentar recomendaciones a los entrenadores para mejorar el nivel de eficacia mecánica de la destreza.

## Método

El estudio que se realizó fue una Investigación de Campo, con un diseño descriptivo, a través de un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo). Los sujetos del estudio fueron siete (7) atletas femeninas de alto rendimiento de Venezuela cuya experiencia se enmarca en eventos internacionales de alta jerarquía como Suramericanos, Latinoamericanos, Centroamericanos y otros, con mas de ocho (8) años de experiencia dentro del deporte. Para la recolección y análisis de los datos se utilizó el método videográfico básico y computarizado. El procesamiento de los resultados se realizó utilizando el Sistema Computarizado Peak Motus 3.1. Para la aplicación práctica del Método Mixto (cualitativo – cuantitativo) en este estudio se siguieron una serie de pasos que a continuación se presentan:

**Video-grabación de las Atletas** en condiciones de competencia durante los Juegos Deportivos Nacionales de Cojedes y en la Primera Válida de la Liga Nacional Pro Tour 2004, en la cual se colocó la cámara en el borde más cercano de la mesa y ubicada perpendicularmente sobre el plano sagital de ejecución de la destreza. Se grabó un juego (set) de cada atleta en la competencia individual

para analizar el golpe de forehand topspin. Posteriormente a la Video-grabación, se observó la destreza para ubicarla dentro de los parámetros establecidos y seleccionar el mejor intento de cada atleta.

**La cuantificación de las variables** se realizó a través del Sistema Computarizado Peak Motus, que permitió digitalización directa en pantalla de los puntos seleccionados en función al modelo espacial (anatómico) de veintinueve puntos anatómicos y catorce segmentos corporales, así como también siete puntos de referencia de la raqueta, uno (1) del centro geométrico de la pelota y cuatro (4) puntos que delimitan la línea final de la mesa y malla.

### **VARIABLES DEL ESTUDIO**

Para la investigación se seleccionaron variables de la ejecución de los sujetos, la raqueta y la pelota durante la Fase Activa del Golpe, desde su inicio (la posición inicial de la fase activa) hasta el final (instante del choque), en las cuales se cuantificaron y evaluaron:

#### **1. Características Biomecánicas de Proyección de la Pelota**

- (a) Velocidad horizontal de proyección;
- (b) Velocidad vertical de proyección;
- (c) Velocidad inicial de proyección;
- (d) Ángulo de proyección;
- (e) Altura de proyección (superficie de la mesa).

#### **2. Características Cinética**

- (a) Cantidad de movimiento lineal total en el instante del choque con la pelota;
- (b) Cantidad de movimiento lineal de la mano ejecutora;
- (c) Cantidad de movimiento lineal del antebrazo ejecutor;
- (d) Cantidad de movimiento lineal de la raqueta;
- (e) Porcentaje de aporte de cada segmento a la cantidad de movimiento lineal total.

### **Resultados**

En la presente sección se presentan una serie de seleccionadas características, del movimiento de la raqueta, así como las características de proyección de la pelota y una de las variables principales para el logro del objetivo de esta técnica como lo es la Cantidad de Movimiento Lineal de los segmentos de la cadena biocinémica que participa en la acción.

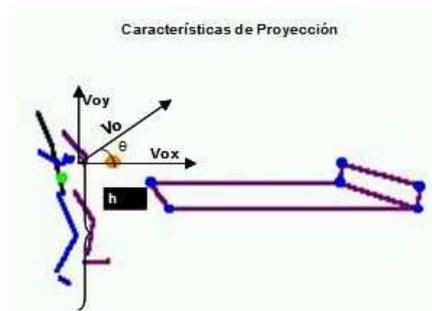
#### **Características Biomecánicas de Proyección de la Pelota Después del Choque**

En el Cuadro 1 se presentan los resultados correspondientes a las características de proyección de la pelota después del choque: velocidad inicial, ángulo y altura de proyección. Estos elementos determinan el comportamiento de la pelota en cuanto a: la trayectoria, la velocidad en todo el trayecto, el tiempo, la distancia horizontal y altura de vuelo después del impacto.

**Cuadro 1.** Características Biomecánicas de Proyección de la Pelota en el Forehand Topspin con Agarre Clásico

Sujetos	Velocidad Inicial de Proyección (m/s)	Velocidad Inicial Horizontal de Proyección (m/s)	Velocidad Inicial Vertical de Proyección (m/s)	Ángulo de Proyección (°)	Altura de Proyección con respecto a la superficie de la mesa(m)
1	6,46	6,13	2,00	18	-0,12
2	5,13	4,92	1,44	16	0,29
3	4,74	4,70	0,57	7	0,17
4	4,77	4,62	1,19	14	0,14
5	4,53	4,51	0,46	6	0,11
6	9,07	9,06	0,36	2	0,22
7	10,25	9,87	2,76	16	0,14
Media	6,40	6,26	1,25	11,29	0,14
Desviación Típica	2,32	2,27	0,89	6,18	0,13
Valor Mínimo	4,53	4,51	0,36	2,00	-0,12
Valor Máximo	10,25	9,87	2,76	18,00	0,29
Rango	5,72	5,36	2,40	16,00	0,41

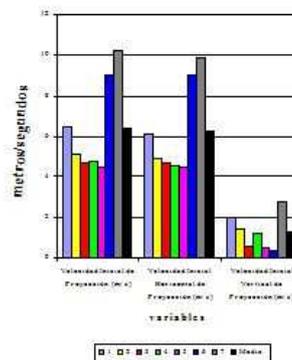
El valor medio de la variable **Velocidad Inicial de Proyección** fue de 6,42 m/s con una desviación típica de 2,33 m/s, que indica que los valores están dispersos entorno a la media, donde el valor mayor fue obtenido por el Sujeto 7 (10,25 m/s) y el menor, por el Sujeto 5, con un valor de 4,53 m/s.



**Gráfico 5.** Características de proyección de la pelota en el Forehand Topspin con Agarre Clásico

Nota: Voy= velocidad inicial vertical de proyección; Vox= velocidad horizontal inicial de proyección; Vo= velocidad inicial de proyección; h= altura de proyección; θ= ángulo de proyección.

En relación a la **Velocidad Inicial Horizontal y Vertical de Proyección**. La media de la velocidad inicial horizontal de proyección fue de 6,26 m/s (D.T.= 2,27 m/s) y la vertical fue de 1,25 m/s (D.T.=0,89 m/s) el valor mayor lo obtuvo en la velocidad horizontal la Sujeto 7 con 9,87 y el menor la Sujeto 5 con 4,51 en cuanto a la velocidad vertical el valor menor lo obtuvo la Sujeto 6 (0,36 m/s) y el mayor la Sujeto 7 (2,76 m/s).



**Gráfico 6.** Velocidad horizontal, vertical e inicial de proyección en el Forehand Topspin con Agarre Clásico

En cuanto a la variable **Ángulo de Proyección** (Cuadro 1 y Gráfico 7), se observa que el valor de la media del grupo fue (11,29 °) y la desviación típica (6,18°) demuestra que los resultados están dispersos con respecto a la media. El Sujeto 6 posee el registro del valor mínimo (2°), El valor máximo lo obtuvo el Sujeto 1 con un registro de 18 grados.

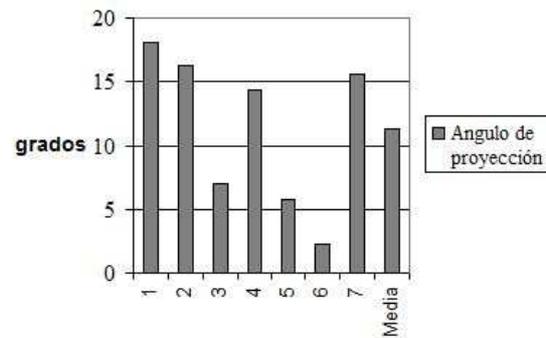


Gráfico 7. Ángulo de proyección en el Forehand Topspin con Agarre Clásico

En el Cuadro 1 y Grafico 8, se presentan los resultados de la variable **Altura de Proyección**, donde la media grupal (0,14 m), la distribución de los datos está entorno a la media, tal como lo refleja la desviación típica (0,13 m), el valor máximo lo obtuvo el Sujeto 2 con un valor de 0,29 metros, el valor mínimo lo presentó el Sujeto 1 (-0,12 m).

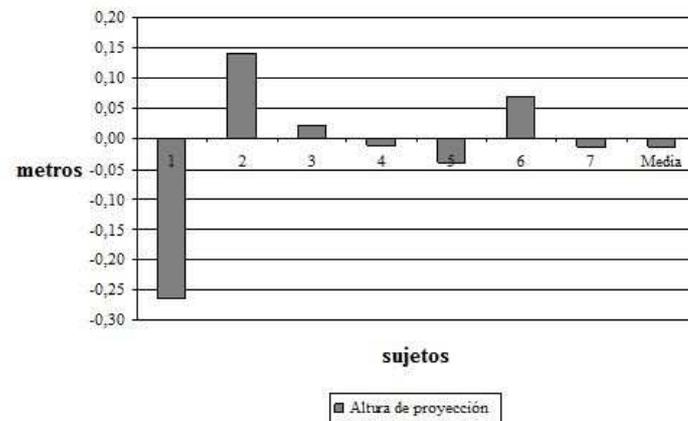


Gráfico 8. Altura de proyección en el Forehand Topspin con Agarre Clásico

### Cantidad de movimiento lineal total y parcial en el instante del golpe del forehand topspin con agarre clásico

La cantidad de movimiento lineal es el producto de la masa de un cuerpo en movimiento por su velocidad lineal ( $L=m*v$ ). Esta variable es de significativa importancia, tal como lo explica la Ley de Impacto de Isaac Newton "Si dos cuerpos se mueven el uno hacia el otro en la misma dirección, la diferencia entre sus velocidades inmediatamente después del choque tiene una relación constante con la diferencia de sus velocidades en el instante del impacto" (Hay, 1978, p. 78).

Con el objetivo de lograr una máxima velocidad del implemento antes del choque, los atletas hacen que las articulaciones más grandes y más lentas inicien el movimiento, y las articulaciones rápidas lo hagan una vez que las articulaciones precedentes alcanzan la máxima velocidad (principio de coordinación de impulsos parciales Hochmuth, 1973).

En el Forehand Topspin con Agarre Clásico encontramos este principio, ya que se presenta una cadena biocinématica con un miembro final libre, (MSE-raqueta) el cual debe alcanzar la mayor velocidad posible. Esa velocidad se alcanza sumando las velocidades de los segmentos precedentes y transfiriéndolas al segmento con el implemento. Es por esto que en esta acción el orden secuencial de la ejecución es tronco, brazo, antebrazo, mano y raqueta para lograr la participación de toda la cadena biocinématica que participa en el golpe.

La cantidad de movimiento lineal antes del impacto depende de la velocidad lineal y la masa de los segmentos de la cadena biocinématica que se desplaza en la dirección del movimiento hacia el objetivo. La cantidad de movimiento total se obtuvo a través de la sumatoria de las cantidades de movimiento de los segmentos que actuaron en la dirección del ataque. En el presente estudio no se tomó en consideración la cantidad de movimiento de la pelota antes del impacto.

### Cantidad de Movimiento Lineal Total

La cantidad de movimiento lineal total, es el producto de la suma de las cantidades parciales de los segmentos que actúan en dirección al vuelo de la pelota.

El valor medio de la **Cantidad de Movimiento Total** en el instante del impacto fue de 12,24 kg m/s. El registro de los resultados demuestra una dispersión en relación a la media (D.T.= 10,28 kg m/s).

El valor mayor lo logró el Sujeto 3 (29,37 kg m/s) y el Sujeto 7 también registró un valor relativamente alto (24,68 kg m/s). El valor menor lo registró el Sujeto 5 (3,83 kg m/s).

**Cuadro 2.** Cantidad de movimiento lineal total y segmental en el forehand topspin con agarre clásico

Sujetos	Cantidad de Movimiento Total (kg m/s)	Cantidad de Movimiento de la Mano (kg m/s)	Cantidad de Movimiento del Antebrazo (kg m/s)	Cantidad de Movimiento del Brazo (kg m/s)	Cantidad de Movimiento del Tronco (kg m/s)	Cantidad de Movimiento de la raqueta (kg m/s)
1	5,55	1,82	2,21	0,60	0,00	0,92
2	6,95	2,20	2,62	0,69	0,00	1,43
3	29,37	3,32	0,00	0,00	24,39	1,65
4	7,66	1,89	2,58	1,95	0,00	1,24
5	3,83	1,21	1,47	0,26	0,00	0,89
6	7,67	2,01	2,57	1,44	0,00	1,66
7	24,68	2,51	3,26	2,46	14,61	1,83
Media	12,24	2,14	2,10	1,06	5,57	1,37
Desviación Típica	10,28	0,66	1,07	0,91	9,93	0,37
Valor Mínimo	3,83	1,21	0,00	0,00	0,00	0,89
Valor Máximo	29,37	3,32	3,26	2,46	24,39	1,83
Rango	25,54	2,11	3,26	2,46	24,39	0,94

Nota. Kg. m/s = kilogramos metros/segundos

**Cantidad de Movimiento Lineal Segmental**

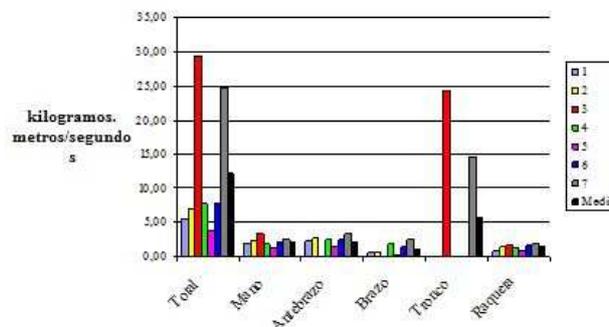
La cantidad de movimiento lineal segmental es el producto de la masa del segmento por la velocidad de su centro de gravedad en la dirección del movimiento hacia la pelota.

En el Cuadro 2 se observa que el segmento que más cantidad de movimiento aportó fue el tronco (X= 5,57 Kg m/s.), especialmente por su significativa masa (50,7 % del total del cuerpo). El Sujeto 3 (24,39 kg m/s) posee el valor mayor, el Sujeto 7 posee también un alto registro con 14,61 kg m/s; La mano (X= 2,14 kg m/s), el antebrazo (X= 2,10 kg m/s) y raqueta (X= 1,37 kg m/s

Todos los datos en cada uno de los segmentos están agrupados entorno a la media, exceptuando los valores del segmento tronco (D.T.= 9,93 kg m/s) que se encuentran muy dispersos.

El valor menor en los segmentos antebrazo y brazo lo registró el Sujeto 3 con 0,00 kg m/s.

**Gráfico 9.** Cantidad de movimiento lineal total y segmental en el Forehand Topspin con Agarre Clásico



El Cuadro 3 reporta los resultados del porcentaje de aporte de cada segmento a la cantidad de movimiento lineal total, donde se observa que, en los casos de el Sujeto 3 (83%) y el Sujeto 7 (59%), es el segmento tronco el que aporta mayor porcentaje a la cantidad de movimiento total, gracias a la gran masa que se encuentra en el mismo. Por otro lado, en la mayoría de los casos, el que aporta menor valor es el de brazo (X= 12 %), ya que, el principal movimiento angular previamente al impacto lo realiza el antebrazo y la muñeca que sostiene la raqueta.

**Cuadro 3.** Porcentaje de Aporte de Cada Segmento en la Cantidad de Movimiento Lineal Total en el Forehand Topspin con Agarre Clásico

Sujetos	Mano (%)	Antebrazo (%)	Brazo (%)	Tronco (%)	Raqueta (%)
1	33	40	11	0	17
2	32	38	10	0	21
3	11	0	0	83	6
4	25	34	25	0	16
5	32	38	7	0	23

6	26	33	19	0	22
7	10	13	10	59	7
Media	24	28	12	20	16
Desviación Típica	10	15	8	35	7
Valor Mínimo	10	0	0	0	6
Valor Máximo	33	40	25	83	23
Rango	23	40	25	83	18

**Modelo biomecánico del forehand topspin con agarre clásico**

El modelo biomecánico es una estructura que demuestra la relación que existe entre los objetivos de las destrezas y los factores que producen el resultado, es decir, a través de este se describe una destreza de una manera lógica y sistemática mediante el desglosamiento de sus elementos constituyentes.

Para lograr ensamblar el modelo biomecánico se debe conocer primero el objetivo o propósito principal de la destreza, luego identificar los principios mecánicos relacionados con la ejecución de la destreza. En base a los conocimientos acumulados en el campo del tenis de mesa, resultados y experiencia del investigador y aplicación de los conocimientos teóricos de la biomecánica, se presenta el **Modelo Biomecánico Teórico del Forehand Topspin con Agarre Clásico**.

El Objetivo principal de la destreza es obtener el Punto u obtener una Ventaja en el juego, dificultando al oponente devolver la pelota.

Los factores esenciales (grafico 10) para el logro de los objetivos son:

1. El tiempo de vuelo de la pelota, que debe ser el menor;
2. La trayectoria de la pelota, que debe ser rasante con respecto a la malla y descendente;
3. La velocidad angular de la pelota, que debe ser la óptima para lograr la trayectoria curvilínea necesaria.

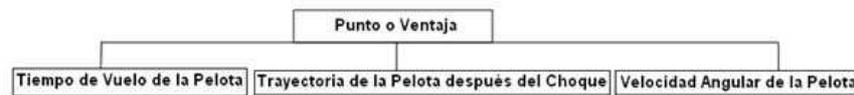


Gráfico 10. Modelo Biomecánico incompleto; objetivos y factores principales

1. El Tiempo de Vuelo de la Pelota (grafico 11)

El tiempo de vuelo es la duración del trayecto que recorre la pelota desde el instante de choque hasta el instante que toca el lado de la mesa del contrario. Este debe ser el menor posible para impedir la acción óptima del contrario y depende fundamentalmente de las características de proyección de la pelota:

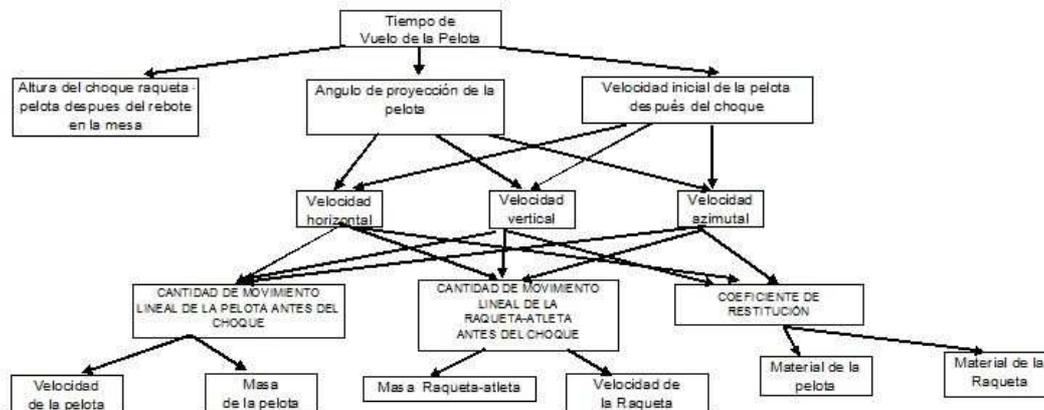


Gráfico 11. Modelo Biomecánico incompleto; tiempo de vuelo de la pelota

1.1. Velocidad inicial de proyección de la pelota después del choque, es determinada por la magnitud de los componentes horizontales y verticales de proyección. La velocidad horizontal debe ser significativamente mayor

que la vertical para lograr una trayectoria de vuelo de la pelota rasante y por ende, menor tiempo de vuelo de la pelota. La velocidad inicial de proyección de la pelota es determinada de las características del choque entre el sistema atleta-raqueta y la pelota: (a) cantidad de movimiento de la pelota antes del choque; (b) cantidad de movimiento de la raqueta-atleta antes del choque y (c) coeficiente de restitución.

1.1.1. La cantidad de movimiento de la pelota antes del choque es el producto de la masa de la pelota (2,7 gr) en movimiento y su velocidad lineal ( $L=m*v$ ) y depende principalmente de las acciones realizadas por el oponente.

1.1.2. La cantidad de movimiento de la raqueta-atleta antes del choque, es directamente proporcional con la masa de los segmentos del atleta que participan en el movimiento en la misma dirección de vuelo de la pelota y la raqueta (250 g) y de la velocidad lineal de cada uno de los segmentos que participan (incluyendo la raqueta) ( $L=m*v$ ). Este factor es de significativa importancia, tal como lo explica la Ley de Impacto de Isaac Newton "Si dos cuerpos se mueven el uno hacia el otro en la misma dirección, la diferencia entre sus velocidades inmediatamente después del choque tiene una relación constante con la diferencia de sus velocidades en el instante del impacto" (Hay, 1978, p. 78). La velocidad de la raqueta depende de la aceleración de la misma, producida por el movimiento angular del miembro superior ejecutor y del radio de acción de la palanca antes del choque. A mayor radio de acción, la velocidad de la pelota aumenta. El radio depende de la posición del cuerpo en el instante del choque con la pelota, de los segmentos que forman el radio y de las dimensiones longitudinales del atleta.

La velocidad angular del miembro superior ejecutor es determinada por la aceleración del mismo, que depende de la sumatoria de torques de los segmentos que forman el tren superior (mano, antebrazo, brazo y tronco)

1.1.3. El coeficiente de restitución de la pelota y de la raqueta depende de las características elásticas del material de la raqueta y de la pelota: en cuanto mayor la deformación de los dos cuerpos que chocan (raqueta – pelota) y mayor las características de ellos para volver a la forma inicial, más energía obtendrá la pelota.

1.2. *Ángulo de proyección de la pelota*, representa el ángulo formado por la dirección del vector velocidad inicial de proyección y la horizontal. En el golpe de Forehand Topspin este ángulo debe ser el menor posible, pero adecuado para pasar la malla y asegurar la menor elevación de la pelota durante el vuelo y menor tiempo en el aire de la pelota. El ángulo de proyección es determinado por la magnitud de las componentes horizontales y verticales iniciales de proyección del implemento.

1.3. *Altura de choque raqueta – pelota después del rebote en la mesa* (altura de proyección) es la distancia vertical desde la superficie de la mesa hasta el centro de la pelota en el instante del choque raqueta-pelota; este debe coincidir con el punto de máxima elevación de la pelota después del rebote en la mesa, para que de esta manera la trayectoria de la pelota pueda ser con un ángulo menor, preferiblemente negativo, y una alta velocidad de la pelota.

2. *La Trayectoria de Vuelo de la Pelota (grafico12)*

La trayectoria de vuelo de la pelota debe ser precisa y puede variar en función de la zona estratégica donde se desea colocar la pelota en sus tres direcciones: horizontal, vertical y horizontal azimutal (plano frontal). Esta trayectoria depende principalmente de las características de proyección: velocidad inicial de proyección, ángulo de proyección, ángulo azimutal y altura de proyección que ya fueron descritas en párrafos anteriores.

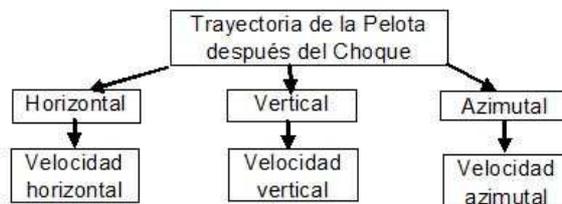


Gráfico 12. Modelo Biomecánico incompleto; trayectoria de vuelo de la pelota después del choque

3. *Velocidad Angular de la pelota (grafico 13)*

Representa la rotación (efecto) sobre su centro de gravedad luego de ser impactada excéntricamente por la raqueta. Esta va a ser mayor o menor en dependencia de la velocidad lineal resultante de la raqueta antes del choque. La velocidad de la raqueta depende de la aceleración de la misma, producida por el movimiento angular del miembro superior ejecutor y del radio de acción de la palanca antes del choque. A mayor radio de acción, la velocidad de la pelota aumenta y disminuye la velocidad angular de la pelota.

Por otro lado el aumento y disminución de la velocidad angular de la pelota obedece también a la longitud del brazo momento, que representa la distancia del centro de gravedad de la pelota con respecto a la dirección de la velocidad de la raqueta. Otro elemento que interviene en el logro de la velocidad angular de la pelota es el ángulo de la posición de la raqueta que determina la superficie de contacto entre la raqueta y la pelota, que debe ser el menor posible.

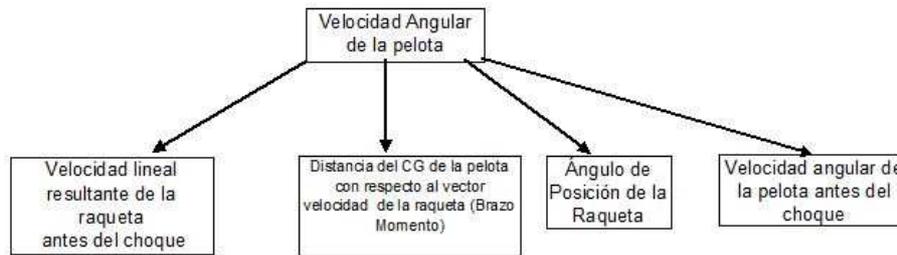


Gráfico 13. Modelo Biomecánico incompleto; velocidad angular de la pelota

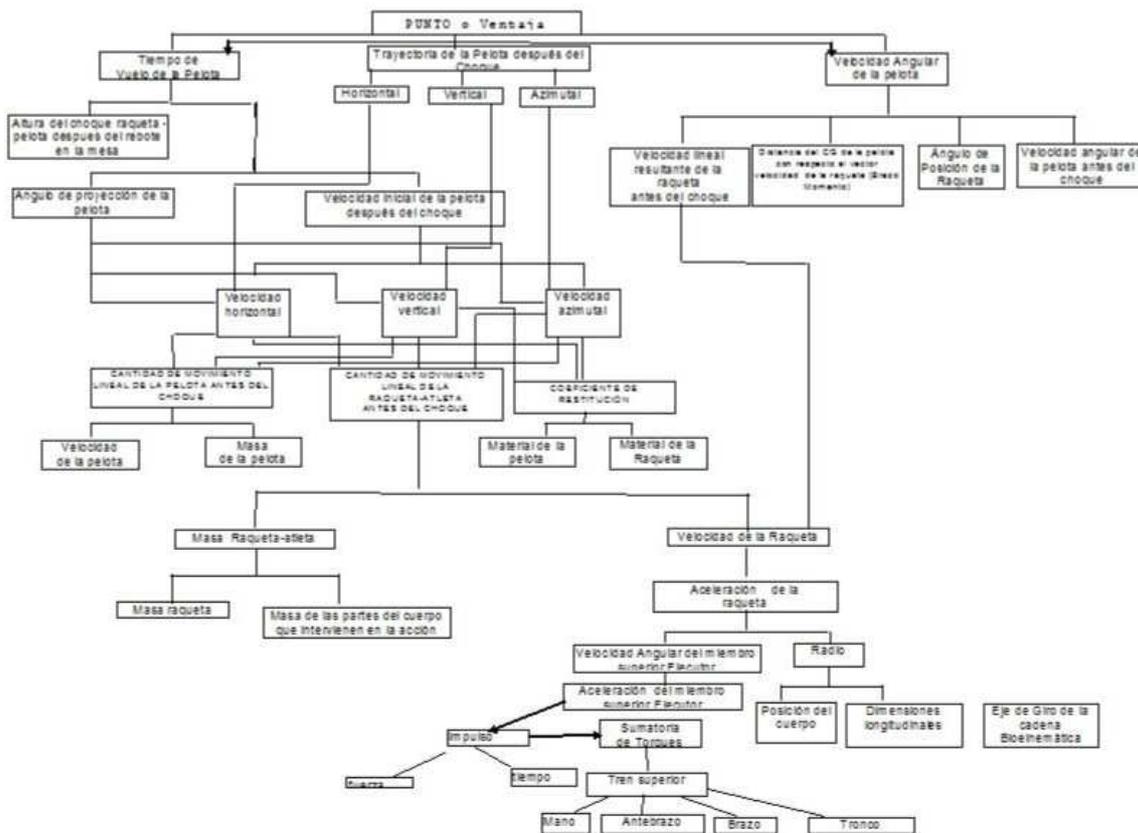


Gráfico 14. Modelo Biomecánico del Forehand Topspin con Agarre Clásico

**Discusión**

1. **Velocidad Inicial de Proyección:** se observa que la mayoría de los resultados estuvieron por debajo de la media, sin embargo, el resultado del Sujeto 6 (9,07 m/s) también se acercó al valor mayor. Los valores de la velocidad inicial de proyección de la pelota de los sujetos 6 y 7 fueron similares al valor presentado por Iimoto, Yoshida y Yuza (2001), quienes reportan que la velocidad inicial resultante después del impacto sobre una raqueta fija (sin movimiento) fue de 9,7 m/s, no obstante los otros sujetos estuvieron muy por debajo de estos valores. Tomando en consideración la importancia de maximizar esta característica de proyección para el logro del objetivo del Forehand Topspin, se concluye que cinco (5) de los siete (7) sujetos realizaron la ejecución con una velocidad inicial muy reducida, lo que representa importante debilidad biomecánica de la ejecución y golpe ineficaz, y los dos mejores resultados (Sujeto 6 y 7) fueron altos, pero muy por debajo de valores presentados por Gómez 2005 en su estudio con atletas de talla mundial (14,21 m/s).

2. Se puede observar de los resultados de la relación de la **Velocidad horizontal de proyección y vertical** que la componente horizontal es mayor que la vertical, tal como se recomienda para esta destreza. En ambas velocidades se observa que los datos no se encuentran agrupado entorno a la media. El valor de la velocidad inicial vertical puede ser considerado aceptable en el caso de los sujetos 3, 5, y 6, cuyos valores están por debajo de la unidad, y la velocidad inicial horizontal, en general, está muy por debajo de los valores óptimos, encontrándose solamente los sujetos 6 y 7 con resultados aceptables (S7 = 9,87 m/s; S6 = 9,06 m/s). La excesiva velocidad vertical en el caso de los sujetos 1, 2, 4 y 7 y la

insuficiente velocidad inicial horizontal de proyección en el caso de los sujetos 1 al 5, determinan proyecciones excesivamente ascendentes que perjudican el logro de los objetivos de la destreza: menor tiempo de vuelo, menor altura y mayor velocidad de la pelota. El Sujeto 6 fue el que registró la mejor relación velocidad horizontal-velocidad vertical ( $V_x = 9,06 \text{ m/s} - V_y = 0,36 \text{ m/s}$ ), y la trayectoria de vuelo fue más rasante.

**3. El Ángulo de proyección** fue excesivamente alto, ya que, si se busca una velocidad máxima horizontal ideal para esta destreza y un vuelo rasante, el ángulo de proyección debe ser igual o menor a cero grados ( $0^\circ$ ), esto para evitar una trayectoria de vuelo alto que trae como consecuencia mayor tiempo en el aire de la pelota y facilita la defensa y un posible contraataque del oponente. El Sujeto 6 obtuvo el valor menor lo que constituye un ángulo de proyección adecuado y por ende, facilita el logro del objetivo de la destreza por la característica rasante de vuelo y relativamente alta velocidad horizontal. Por otro lado, el valor obtenido por el Sujeto 1 se considera, al igual al caso de los sujetos 2, 4 y 7, como deficiente e ineficaz.

**4. En cuanto a la Altura de proyección**, el valor de la media del grupo no se encuentra dentro de los parámetros óptimos requeridos para esta técnica, ya que, lo ideal es que el impacto se ejecute a una altura significativamente superior a la altura de la malla, Se aprecia que en la variable altura de proyección, cinco (5) de los siete (7) sujetos estuvieron por debajo o igual a la media y por tratarse de alturas inferiores a la de la malla, se concluye que se trata de una debilidad en cuanto a este elemento de la destreza.

5. Se observan deficiencias en las características de proyección de la pelota, en la ejecución del Forehand Topspin, ejecutado por los sujetos del presente estudio, ya que los resultados no aseguran la eficiencia de la técnica, tal como lo indica la bibliografía, la cual explica que para el logro de una proyección eficiente y con características ideales que garanticen el logro del objetivo la pelota luego del choque debe poseer una velocidad inicial de proyección máxima controlable con el componente horizontal significativamente mayor que el vertical, con el objeto de lograr una trayectoria de vuelo más corta y rasante lo que implicaría menos tiempo de vuelo de la pelota.

6. En la **Cantidad de Movimiento Lineal Total y segmental**, se observa que los valores de los sujetos 7 y 3 están por encima del resto del grupo, gracias al aporte significativo del segmento tronco a la suma total de esta variable, asimismo, el valor bajo del sujeto 5 es debido principalmente a un movimiento lento del miembro superior ejecutor y raqueta, y a la falta de movimiento del cuerpo, que no aporta cantidad de movimiento al sistema. El antebrazo, mano y raqueta son segmentos que aportan en forma casi equitativa cantidad de movimiento, especialmente por su velocidad antes del impacto, ya que, las masas de estos segmentos son relativamente reducidas en comparación con el tronco. La mano y la raqueta, a pesar de ser los segmentos que avanza con la mayor velocidad hacia la pelota tienen un aporte relativamente reducido por su poca masa. El brazo no tiene un aporte considerable, a pesar de pertenecer a la cadena que ejecuta el golpe, debido a la poca velocidad lineal hacia el blanco (pelota) en la fase final del golpe, producto de un movimiento angular relativamente lento. El Sujeto 7 posee en la mayoría de los segmentos los valores mayores de cantidad de movimiento, lo que podría haber influido en la obtención de la mayor velocidad inicial de la pelota después del impacto (10,25 m/s).

### Conclusiones

El número reducido de la muestra que participó en la investigación hace que las conclusiones que se extraigan de los resultados obtenidos, característicos a los sujetos objeto del presente estudio de casos, se interpreten con la limitada generalización hacia la población de atletas de tenis de mesa en general. Estos resultados ayudan a comprender mejor las características biomecánicas que poseen los sujetos de este estudio, que son atletas de la élite nacional en este deporte, a saber:

1. En relación a las **Características Biomecánicas de Proyección de la Pelota** después del Impacto se determinó que: (a) la velocidad inicial de proyección de la pelota en las ejecuciones de los sujetos del estudio puede ser considerada baja, en comparación con los parámetros de los deportistas de alto rendimiento internacional y los requerimientos teóricos presentados en el Modelo Biomecánico de la destreza. Los sujetos 6 y 7, quienes lograron mejores registros, tampoco alcanzaron los niveles de las atletas de la élite mundial; (b) el ángulo de proyección de la pelota fue demasiado amplio, con la excepción de los sujetos 6, 3 y 5, quienes se acercaron al valor adecuado para lograr una trayectoria rasante y eficaz; (c) la altura de proyección de la pelota fue significativamente reducida, hecho que influyó negativamente en el logro de óptimas proyecciones de la pelota después del impacto.

Se concluye que la pelota se trasladó con poca velocidad, en una trayectoria demasiado elevada y tardó un tiempo excesivo en llegar a la mesa del contrario, por lo que, por las características de proyección de la pelota de los sujetos investigados, se impidió el logro de los objetivos del Forehand Topspin con Agarre Clásico.

2. Se observó reducida **Cantidad de Movimiento Lineal** hacia la pelota del sistema atleta – raqueta en el instante del impacto, donde los segmentos que más cantidad de movimiento aportaron fueron la mano, antebrazo y raqueta, especialmente por su mayor velocidad periférica. La participación del segmento tronco se observó solamente en el caso de los sujetos 3 y 7, y el segmento brazo, por su reducida velocidad angular, aportó muy poca cantidad de movimiento, característica que impidió el logro de alta velocidad de la pelota después del impacto.

3. Se estructuró el **Modelo Biomecánico** del Forehand Topspin con Agarre Clásico, en el cual se precisó que:

El objetivo de la destreza es el logro del Punto;

Los factores fundamentales que producen el objetivo son:

- Reducido tiempo de vuelo de la pelota desde el choque con la raqueta hasta el contacto con la mesa del contrario, que depende principalmente de las características de proyección, donde la velocidad inicial debe ser la mayor, el ángulo de salida de la pelota el menor posible y elevada altura del choque;
- Adecuada trayectoria de la pelota en el vuelo, que debe ser la más rasante posible, con caída en un lugar estratégico sobre la mesa del contrario;
- Alta velocidad angular de la pelota, para asegurar una trayectoria curva adecuada y difícil para la recepción por parte del oponente.

### **Referencias bibliográficas**

- Baigalou Y, y Romani, A. (1988). *Fundamentos del Tenis de Mesa*. La Habana: Científico Técnico.
- Balestrini Acuña, M. (2001). *Como se elabora el Proyecto de Investigación* (5ta.ed.). Caracas: BI Consultores Asociados.
- Baumler, G y Schneider, K. (1989). *Biomecánica Deportiva*. Barcelona, Martínez Roca.
- Bretón, O y Gatien, J. (1993). *Tenis de Mesa de la A a la Z*. Barcelona, Tutor S.A.
- Donskoi, D.D. (1982). *Biomecánica con Fundamentos de la Técnica Deportiva*. (Santos, M. Trad.). La Habana: Pueblo y Educación.
- Donskoi, D y Zatsiorski, V. (1988). *Biomecánica de los Ejercicios Físicos*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Drianovski, Y, y Otcheva G. (2000). *Survey of the Game styles of some of the best Asian players at the 12th World University Table tennis Championships 1998*. Ponencia presentada en el 6th Congress of Table Tennis Science. Malaysia.
- Drianovski, Y, y Otcheva G. (2001). *Comparative Analysis of the games of the finalists the from the Biggest International and Bulgarian Table Tennis Competitions in 2000*. Ponencia presentada en el 7th Congress of Table Tennis Science. Osaka.
- Erb, G. (1999). *Tenis de Mesa*. Barcelona, España: Hispano Europea S.A.
- Gómez, M. (2003). *Cuantificación de la Cantidad de Movimiento Lineal del Forehand Topspin*. Trabajo no Publicado. Universidad Pedagógico Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas.
- Gómez, M. (2005) *Estudio videográfico de las Características Espaciales y de Posición de un Sujeto de Alta Competencia, del Forehand Topspin*. Trabajo no Publicado. Universidad Pedagógica Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas.
- Hay, J. (1978). *The biomechanics of sports techniques*. (2 a. ed.). Englewood Cliffs, N.J. Prentice Hall.
- Henríquez, A. (2003). *Guía Práctica para la Elaboración de Proyectos de Investigación*. Caracas.
- Hochmuth, G. (1973). *Biomecánica de los Movimientos Deportivos*. Madrid – España: Doncel Pérez Ayuso.
- Iimoto, Y., Yoshida. K. y Yuza, N. (2001). *Rebound Characteristics of the new table tennis ball; Differences between the 40mm (2.7g) and 38mm (2.5g) balls*. Ponencia presentada en el 7th Congress of Table Tennis Science. Osaka.
- *International Table Tennis Federation*. (2003). Disponible: <http://www.ittf.com> [Consulta: 2003, Abril 30].
- Li,T., Wang, J., y Wang, X. (1996). *Trabajo de investigación y el desarrollo de la teoría de la rotación del tenis De mesa en China*. Disponible <http://www.geocities.com/luisbasurto>. [Consulta: 2004, Enero 14].
- Meinel, K. y Schnabel, G. (1987). *Teoría del movimiento*. Motricidad deportiva. Argentina: Stadium.
- Mizoguchi, M., Tang, H., y Toyoshima, S. (2001). *Speed and Spin Congress of characteristics of the 40mm Table Tennis ball*. Ponencia presentada en el 7th Table Tennis Science. Osaka.
- Ramírez, T. (1999). *Como hacer un Proyecto de Investigación*. Caracas: Carhel.
- Seijas, F. (1982) *Tenis de Mesa*. Caracas: Producciones Héctor Monteverde C.A.
- Serway, R. (1992). *Física* (Tomo I). México: MC Graw Hill.
- Sklorz, M. (s.f). *Tenis de Mesa*. La Habana.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador (1998). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*. Caracas: Autor.

Otros artículos sobre [Biomecánica](#)

Recomienda este sitio

	<input type="text"/>	<input type="button" value="Buscar"/>	 Búsqueda personalizada
<p><i>EFDeportes.com, Revista Digital · Año 16 · N° 156 / Buenos Aires, Mayo de 2011</i> © 1997-2011 Derechos reservados</p>			