

## Variables del rendimiento de los bateadores del béisbol cubano utilizando el sensor *Blast Motion baseball*

### Variables in the Cuban baseball batter's performance using the *Blast Motion baseball* sensor

### Variáveis do desempenho dos bateadores do baseball cubano utilizando o *Sensor de Baseball de Movimento de Explosão*

Alfredo Ríos Fuentes<sup>1\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-5425-8184>

Santiago Calero Morales<sup>2</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-4702-331X>

Ricardo Elain Eizméndiz Domínguez<sup>3</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-9020-9614>

Yasser Aguiar Alpízar<sup>4</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-8296-7490>

Beatriz Sánchez Córdova<sup>5</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-7425-8990>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones del Deporte Cubano. La Habana, Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Quito, Ecuador.

<sup>3</sup>Escuela Nacional de béisbol. La Habana, Cuba.

<sup>4</sup>Universidad de la Habana. La Habana, Cuba.

<sup>5</sup>Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el Deporte "Manuel Fajardo", La Habana, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: alfredo.rios.fuentes@gmail.com

**Recibido:** 12 de agosto de 2020.

**Aprobado:** 4 de septiembre de 2020.

## RESUMEN

La introducción de las nuevas tecnologías en el béisbol ha optimizado los sistemas para el registro y análisis de información, tanto en el entrenamiento como en el juego, contribuyendo a un control más exacto del rendimiento de un jugador. En el presente trabajo, se aplica el sensor *Blast Motion baseball* cuyo objetivo es identificar las variables significativamente influyentes en el rendimiento de los bateadores en el béisbol cubano. Se eligieron bateadores (N=24) pertenecientes a la Serie Nacional de béisbol LIX debido a que constituye el evento nacional de mayor nivel del béisbol cubano. La información fue registrada en prácticas de bateo, mientras el bateador ejecutaba la tarea de conectar bolas lanzadas por el entrenador de frente (*front toss*), por encima del brazo a una distancia de 30 pies y a una velocidad inferior a las 50 mph. Posteriormente, se compararon los resultados del *Blast Motion Baseball* con las estadísticas oficiales de la Serie Nacional de Béisbol LIX. Se demostró que los bateadores con mayor velocidad del bate, mayor velocidad máxima de las manos y mayor potencia lograron un mayor rendimiento ofensivo. Por tanto, conocer en



tiempo real estas características del *swing* contribuyen a perfeccionar el proceso de entrenamiento y predecir el rendimiento deportivo de un bateador.

**Palabras clave:** Béisbol cubano; *Blast Motion baseball*; Potencia; Rendimiento velocidad del bate; Velocidad máxima de las manos.

## ABSTRACT

The insertion of new technologies in baseball, has optimized the systems for recording and analyzing information both in training and in-game, contributing to a more accurate control of a player's performance. In the present work, the *Blast Motion Baseball* sensor is applied with the objective of identifying the variables significantly influencing the performance of hitters in Cuban baseball. Batters (N=24) belonging to the National Baseball Series LIX were chosen because it is the Highest-level national event in Cuban baseball. The information was recorded during batting practice, while the batter was performing the task of hitting balls thrown by the coach from the front toss, over the arm at a distance of 30 feet and at a speed of less than 50 mph. The results of Blast Motion Baseball were then compared to the official statistics of the 59th National Baseball Series. The results found show that hitters with higher bat speeds, higher top hand speeds and more power achieve greater performance. Therefore, knowing these characteristics of a hitter's swing in real time helps to perfect the training process and forecasts the hitter's performance.

**Keywords:** Bat speed; *Blast Motion Baseball*; Cuban baseball; Peak hand speed; performance; Power.

## RESUMO

A introdução de novas tecnologias no basebol otimizou os sistemas de gravação e análise de informação, tanto no treino como no jogo, contribuindo para um controle mais preciso do desempenho de um jogador. No presente trabalho, é aplicado o *Sensor de basebol Blast Motion*. O seu objetivo é identificar as variáveis que influenciam significativamente o desempenho dos batedores no basebol cubano. Os batedores (N=24) pertencentes à Série Nacional de basebol LIX foram escolhidos porque constitui o evento nacional de mais alto nível do basebol cubano. A informação foi registada durante o treino de batedores, enquanto o batedor executava a tarefa de ligar bolas lançadas pelo treinador a partir do lançamento frontal, sobre o braço a uma distância de 30 pés e a uma velocidade inferior a 50 mph. Os resultados do *Blast Motion Baseball* foram então comparados com as estatísticas oficiais da Série Nacional de Basebol LIX. Foi demonstrado que batedores com maiores velocidades de taco, maiores velocidades de mão superior, e mais potência alcançaram um maior desempenho ofensivo. Portanto, conhecer estas características do balanço em tempo real ajuda a refinar o processo de treino e a prever o desempenho atlético de um bateador.

**Palavras-chave:** Basebol cubano; *Blast Motion baseball*; Potência; Desempenho da velocidade do taco; Velocidade máxima da mão.

## INTRODUCCIÓN

El factor más importante que influye en la distancia de vuelo de una pelota bateada en el béisbol es su velocidad inicial. Para aumentar la velocidad inicial de una pelota bateada, los bateadores deben aumentar la velocidad con la que mueven su bate (Nakashima, Horiuchi, & Sakurai, 2020). Este ha sido una conclusión en la que coinciden diferentes autores. Según Breen (1967) un bateador exitoso es aquel cuyo



promedio de bateo está por encima o al menos cerca de 0.300, y una de las vías para alcanzar este resultado es aumentando la velocidad del bate. El autor antes mencionado realiza un análisis cinematográfico para determinar qué atributos mecánicos contribuyen a los movimientos que se producen al conectar una pelota de béisbol de manera efectiva. Declara que uno de los cinco atributos en el éxito del bateo es desarrollar una alta velocidad del bate; esto ha sido confirmado a partir de la evolución de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), que entre otros aspectos utilizan sensores validados y aprobados por la MLB como herramienta oficial para el ajuste técnico del *swing* de los bateadores desde el 2016. Cerca del 70 % de los equipos de la MLB emplean sensores para entrenar intencionadamente y mejorar la calidad de sus *swings* (Newman, 2016); y equipos exitosos como los Astros de Houston poseen más de 8000 sensores *Blast Motion Baseball* activos (Reiter, 2018). Adicionalmente, en otras obras publicadas en años recientes se integran nuevos componentes influyentes en el rendimiento de los bateadores como el campo visual y las habilidades óculomotrices (Liu, Edmunds, Burris, & Appelbaum, 2020; Gray, 2017; Higuchi, Nagami, Nakata, & Kanosue, 2018).

En los últimos años, se han desarrollado sensores que miden de manera sencilla la velocidad inicial de una pelota bateada, la velocidad del bate y otras métricas, facilitando a los jugadores la evaluación de su rendimiento y la comprensión de sus estados de forma (Zou, Higuchi, Noma, Roberto, & Isaka, 2019). El registro y análisis de estas métricas han permitido demostrar diferentes hipótesis, por ejemplo, Nathan (2003) identifica que en la velocidad final de una bola bateada influye más la velocidad del bate que la velocidad del lanzamiento. Además, según Szymanski, Derenne, y Spaniol (2009) si los bateadores aumentan la velocidad del bate, disminuirían el tiempo de su *swing* (siempre y cuando la mecánica del *swing* no cambie) y aumentarían el tiempo de decisión y la velocidad de salida de las pelotas bateadas.

Por la importancia de la velocidad del bate, los entrenamientos están siendo acompañados por tecnologías que permiten consultar esta información de manera inmediata, facilitando ajustes más exactos y en cortos períodos de tiempo. Esto ha provocado cambios visibles en el comportamiento de las bolas bateadas, fundamentalmente en las Grandes Ligas de béisbol (MLB, por sus siglas en inglés). En esta liga, según Baseball Savant (2020) ha aumentado el porcentaje de bateadores capaces de batear bolas con un promedio superior o igual a las 90 mph, contribuyendo a que en la temporada de 2019 se alcanzara el mayor porcentaje de jonrones del total de comparecencias al bate en la historia de la MLB (3,6 %).

Es evidente el impacto de la velocidad del bate; sin embargo, existen otros factores que pueden estar influyendo en el rendimiento de los bateadores. Por ejemplo, Adair (2002) plantea que, si un bateador hace *swing* con un bate más pesado con la misma velocidad de su bate estándar, o si un bateador hace *swing* más rápido con su bate estándar debido al aumento de la velocidad del bate, la pelota viajará más lejos, será conectada con más fuerza, o ambas cosas, debido a la mayor transferencia de potencia impartida a la pelota. Precisamente, métricas como la potencia, la velocidad del bate y otras relacionadas con el *swing* de los bateadores pueden ser medidas mediante sensores como el *Blast Motion Baseball*.

Por tanto, el presente trabajo tiene como objetivo identificar las variables significativamente influyentes en el rendimiento de los bateadores en el béisbol cubano según la información recopilada mediante el sensor *Blast Motion Baseball*.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Muestra

Se eligieron para el estudio bateadores (N=24) pertenecientes a la Serie Nacional de Béisbol debido a que constituye el evento nacional de mayor nivel del béisbol cubano.

### Instrumento

Para el registro de la información se utilizó el dispositivo *Blast Motion Baseball*. Es un sensor altamente avanzado y preciso de captura de movimiento en 3D que graba los *swings* de los bateadores. El sensor se adhiere fácilmente al mango de cualquier bate aprobado gracias a un accesorio flexible elaborado especialmente para ello. Emplea la tecnología inteligente Bluetooth para conectarse con los dispositivos Android e iOS.

Entre las métricas que se pueden consultar al instante están: la velocidad del bate, tiempo de contacto, velocidad de las manos, ángulo de ataque, potencia, entre otras, permitiendo analizar en tiempo real, tanto a entrenadores como a jugadores, las características de su *swing* y ajustar en un corto período de tiempo las deficiencias identificadas mediante un conjunto de ejercicios específicos sugeridos.

La valoración de la significación del instrumento mencionado se estableció mediante la consulta a 13 expertos cubanos en béisbol para la categoría senior estudiada.

### Procedimiento

La información fue registrada en prácticas de bateo, mientras el bateador ejecutaba la tarea de conectar bolas lanzadas por el entrenador de frente, por encima del brazo a una distancia de 30 pies y a una velocidad inferior a las 50 mph. Posteriormente, se realizó la búsqueda de las estadísticas de rendimiento deportivo en la Serie Nacional de Béisbol LIX pertenecientes a los jugadores del presente trabajo. Para el análisis estadístico de los datos anteriormente registrados se utilizó el paquete estadístico IBM SPSS Statistics v23. Mientras, para el tratamiento y presentación de la información se utilizó la hoja de cálculo Microsoft Excel 2016.

### Análisis estadístico

Con el objetivo de identificar las variables significativamente influyentes en el rendimiento deportivo de los bateadores en el béisbol cubano, se realizó un estudio correlacional bivariado entre los resultados del sensor *Blast Motion Baseball* y las estadísticas oficiales de cada bateador en la Serie Nacional de Béisbol LIX.

En la página web oficial de la Federación Cubana de Béisbol, se consultaron las siguientes estadísticas: promedio de bateo (AVE), slugging (SLU) y porcentaje de jonrones del total de comparencias al bate (HR %). A partir de las bolas bateadas (BIP) se determinó su promedio de bateo (H/BIP) y el porcentaje de jonrones (HR/BIP).



Las variables de análisis se procesarán con el sensor *Blast Motion Baseball*, caracterizando el *swing* de los bateadores. A continuación, se las variables seleccionadas para el presente estudio:

- La velocidad del bate representa la velocidad total de la masa del bate en el momento del impacto.
- La potencia generada durante el *swing* es medida en kilovatios (kw) y proviene de la masa del bate multiplicado por la aceleración promedio del bate. Mientras mayor sea, mayor transferencia de energía, mayor potencia.
- El tiempo para el contacto es medido desde el comienzo del descenso del *swing* hasta el momento del impacto con la bola.
- La aceleración rotacional mide cuán rápido el bate se acelera dentro del plano del *swing*. Es un buen indicador de cómo el bateador construye la velocidad del bate transfiriendo la energía con una secuencia apropiada en lugar de halar el bate con las manos. Mientras mayor sea la aceleración rotacional, mayor poder y mayor tiempo tendrá para ajustarse a las distintas ubicaciones de los lanzamientos.
- La velocidad máxima de las manos representa la velocidad máxima alcanzada por las manos durante el *swing*.
- A partir de los resultados del sensor *Blast Motion Baseball* se calcularon los promedios de las siguientes variables: potencia, tiempo para el contacto, aceleración rotacional, velocidad del bate, velocidad máxima de las manos.
- Para el análisis correlacional, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y se identificaron las variables del *Blast Motion Baseball* significativamente influyentes en el rendimiento de los bateadores en el béisbol cubano con un nivel de significancia de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se establecen las relaciones existentes entre diferentes variables del *swing* y el rendimiento (Tabla 1) de una muestra de bateadores (N=24) que participaron en la edición de la Serie Nacional de Béisbol LIX.

**Tabla 1.** - Correlación entre las variables del *Blast Motion Baseball* y el rendimiento en la 59 Serie Nacional de Béisbol

|   | AVE  | SLU  | HR   | HR/BI | H/BI  |
|---|------|------|------|-------|-------|
|   |      |      | %    | P     | P     |
| <b>Velocidad del bate (mph)</b>           | 0.60 | 0.67 | 0.53 | 0.47  | 0.57  |
| <b>p-valor</b>                            | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.02  | 0.00  |
| <b>Aceleración Rotacional (g)</b>         | 0.00 | 0.05 | 0.03 | 0.04  | 0.10  |
| <b>p-valor</b>                            | 1.00 | 0.80 | 0.90 | 0.87  | 0.65  |
| <b>Potencia (kW)</b>                      | 0.64 | 0.76 | 0.65 | 0.59  | 0.64  |
| <b>p-valor</b>                            | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  |
| <b>Tiempo para el contacto (sec)</b>      | -    | -    | -    | -0.46 | -0.49 |
|   | 0.43 | 0.54 | 0.51 |       |       |
| <b>p-valor</b>                            | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.02  | 0.02  |
| <b>Velocidad Máxima de las manos(mph)</b> | 0.57 | 0.67 | 0.49 | 0.47  | 0.61  |
| <b>p-valor</b>                            | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.02  | 0.00  |



Según los criterios de **Hernández, Fernández, & Baptista (2010)** se identificaron las siguientes correlaciones significativas para  $p < 0,05$ .

- Correlación media positiva entre la velocidad del bate y el AVE ( $r=0,60$ ), SLU ( $r=0,67$ ), HR% ( $r=0,53$ ), HR/BIP ( $r=0,47$ ), H/BIP ( $r=0,57$ ).
- Correlación media positiva de la velocidad máxima de las manos con AVE ( $r=0,57$ ), SLU ( $r=0,67$ ), HR% ( $r=0,49$ ), HR/BIP ( $r=0,47$ ), H/BIP ( $r=0,61$ ).
- Correlación positiva considerable de la potencia con SLU ( $r=0,76$ ).
- Correlación media positiva de la potencia con AVE ( $r=0,64$ ), HR% ( $r=0,65$ ), HR/BIP ( $r=0,59$ ), H/BIP ( $r=0,64$ ).

El vínculo entre las características del *swing* de un bateador y su relación con la producción ofensiva ha sido un campo de investigación en constante evolución a partir de las ciencias aplicadas, tal y como **especifican Szymanski, DeRenne, & Spaniol, (2009)** Este proceso ha sido apoyado por el desarrollo de nuevas tecnologías que permiten registrar y analizar variables imperceptibles al ojo humano. Por tanto, se han podido demostrar una serie de afirmaciones relacionadas con el éxito de los bateadores.

Los resultados encontrados demuestran que los bateadores con mayor velocidad del bate y mayor potencia tienden a alcanzar mayor promedio de bateo, mayor slugging y mayor porcentaje de jonrones. Estos resultados son consecuentes con los descritos por **Nathan (2003), Szymanski et al., (2010), y Isaji (2019)**, pero identifica la velocidad máxima de las manos como otra métrica influyente en el éxito de un bateador.

La potencia sobresale como la variable de mayor influencia en las diferentes métricas en el rendimiento ofensivo, coincidiendo con lo planteado por **Adair (2002)**. Por tanto, se decidió identificar cuáles de las variables medidas por el sensor Blast Motion Baseball influyen en la potencia del *swing* (Tabla 2).

**Tabla 2.** - Correlación entre las variables medidas mediante el sensor *Blast Motion Baseball*

|   | Velocidad del bate (mph) | Aceleración Rotacional (g) | Potencia (kW) | Tiempo para el contacto (sec) | Velocidad máxima de las manos(mph) |
|---|--------------------------|----------------------------|---------------|-------------------------------|------------------------------------|
| <b>Velocidad del bate (mph)</b>           | 1.00                     | 0.10                       | 0.93          | -0.48                         | 0.75                               |
| <b>p-valor</b>                            |                          | 0.65                       | 0.00          | 0.02                          | 0.00                               |
| <b>Aceleración Rotacional (g)</b>         | 0.10                     | 1.00                       | 0.21          | -0.51                         | 0.10                               |
| <b>p-valor</b>                            | 0.65                     |                            | 0.33          | 0.01                          | 0.63                               |
| <b>Potencia (kW)</b>                      | 0.93                     | 0.21                       | 1.00          | -0.74                         | 0.77                               |
| <b>p-valor</b>                            | 0.00                     | 0.33                       |               | 0.00                          | 0.00                               |
| <b>Tiempo para el contacto (sec)</b>      | -0.48                    | -0.51                      | -0.74         | 1.00                          | -0.56                              |
| <b>p-valor</b>                            | 0.02                     | 0.01                       | 0.00          |                               | 0.00                               |
| <b>Velocidad máxima de las manos(mph)</b> | 0.75                     | 0.10                       | 0.77          | -0.56                         | 1.00                               |
| <b>p-valor</b>                            | 0.00                     | 0.63                       | 0.00          | 0.00                          |                                    |



Con respecto a la potencia (Tabla 2), la velocidad del bate presentó una correlación positiva muy fuerte ( $r=0,93$ ) mientras que la velocidad de las manos exhibió una correlación positiva considerable ( $r=0,77$ ). Por lo anterior, se puede afirmar que es necesario desarrollar la velocidad del bate y la velocidad de las manos para generar mayor potencia en el *swing* y aumentar el rendimiento de los bateadores.

Además, se encontró una correlación negativa considerable entre el tiempo para el contacto y la potencia ( $r=-0,74$ ), y correlaciones negativas medias entre el tiempo para el contacto y la velocidad del bate ( $r=-0,48$ ), la aceleración rotacional ( $r=-0,51$ ), velocidad máxima de las manos ( $r=-0,56$ ). Estos resultados son coherentes con los obtenidos por Szymanski, DeRenne, & Spaniol (2009) quienes plantearon que desarrollar la velocidad del bate y la potencia garantiza un menor tiempo para el contacto, aumentando el tiempo de decisión del bateador para identificar el tipo de lanzamiento, su velocidad y localización.

Para comprender mejor el impacto de la velocidad del bate en el rendimiento de los bateadores, se dividió el grupo de bateadores estudiados en dos subgrupos, utilizando como criterio el promedio de la velocidad del bate de cada jugador (Tabla 3). El subgrupo I lo componen los bateadores ( $n=14$ ) con velocidad promedio del bate superior a las 66 mph, mientras que el subgrupo II lo integran el resto de los bateadores ( $n=10$ ).

**Tabla 3.** - Rendimiento por velocidad del bate en la Serie Nacional de béisbol LIX

|   | <b>AVE</b> | <b>SLU</b> | <b>HR%</b> | <b>HR/BIP</b> | <b>H/BIP</b> |
|---|------------|------------|------------|---------------|--------------|
| <b>Subgrupo I</b>   | 0.320      | 0.485      | 2.8%       | 3.9%          | 0.358        |
| <b>Jugador promedio de la Serie Nacional de Béisbol LIX</b> | 0.296      | 0.418      | 1.8%       | 2.5%          | 0.342        |
| <b>Subgrupo II</b>  | 0.258      | 0.346      | 1.0%       | 1.5%          | 0.304        |

Se compararon los subgrupos a partir de su rendimiento ofensivo utilizando las estadísticas de la Serie Nacional de Béisbol LIX, y se obtuvieron los siguientes resultados:

Los bateadores del subgrupo I presentaron un rendimiento superior en todas las métricas con respecto al jugador promedio de la liga y al subgrupo II. Demostrando que los bateadores con mayor velocidad del *swing* tienden a alcanzar mayor promedio de bateo, mayor slugging, mayor probabilidad de que sus bolas bateadas se conviertan en hit o en jonrón.

Los resultados de este trabajo concuerdan con los de Breen (1967), Nathan (2003), Szymanski, DeRenne, & Spaniol (2009), Szymanski *et al.*, (2011), Isaji (2019) y Nakashima, Horiuchi, & Sakurai (2020) sobre la influencia de la velocidad del bate en el éxito de los bateadores.

Sin embargo, aunque la velocidad del bate, así como la velocidad de las manos y la potencia están correlacionadas significativamente con el rendimiento ofensivo, solo pueden explicar el 60 % o menos de la variación de las estadísticas del rendimiento de los bateadores analizados. Este resultado manifiesta la necesidad de continuar investigando otros factores que influyen en el éxito de un bateador.



Por otra parte, los expertos seleccionados para valorar la significación del instrumento implementado, presentaron un grado de coincidencia aceptable (11 expertos:  $\approx 84.62\%$ ) en términos de considerar su aprobación en el uso de estos instrumentos tecnológicos, para lograr información estadística de interés que ayude a optimizar el proceso de dirección del entrenamiento deportivo aplicado al béisbol de alto nivel.

En este estudio, se identificaron las variables significativamente influyentes en el rendimiento de los bateadores en el béisbol cubano según la información recopilada mediante el sensor *Blast Motion Baseball*. Los resultados demostraron la importancia de la potencia generada en el *swing*, la velocidad del bate y la velocidad máxima alcanzada por las manos. Por tanto, conocer en tiempo real estas características del *swing* de un bateador contribuye a perfeccionar el proceso de entrenamiento. Los entrenadores deberían tener en cuenta el aumento de la velocidad del bate como uno de los objetivos principales en la preparación de los bateadores.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adair, R. (2002). *The Physics of Baseball*. New York: Harper Publishers. Disponible en: <http://baseball.physics.illinois.edu/>

Breen, J. L. (1967). What makes a good hitter? *Journal of Health, Physical Education, Recreation*, 38(4), 36-39. Doi: <https://doi.org/10.1080/00221473.1967.10610368>

Gray, R. (2017). Transfer of training from virtual to real baseball batting. *Frontiers in psychology*, 8, 2183-2183. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.02183>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (4 ed.). México: MacGraw-Hill.

Higuchi, T., Nagami, T., Nakata, H., & Kanosue, K. (2018). Head-eye movement of collegiate baseball batters during fastball hitting. *PloS one*, 13(7), e0200443-0200443. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200443>

Isaji, K. (2019). *The Effect of Warm-Up Sessions with Knob-Loaded, Center-Loaded, and Barrel-Loaded Baseball Bats on Bat Speed in Collegiate Baseball Players*. Master of Science, Middle Tennessee State University, Tennessee. Obtenido de: <https://jewelscholar.mtsu.edu/handle/mtsu/6072>

Liu, S., Edmunds, F. R., Burris, K., & Appelbaum, L. G. (2020). Visual and oculomotor abilities predict professional baseball batting performance. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(4), 683-700. Doi: <https://doi.org/10.1080/24748668.2020.1777819>

Nakashima, H., Horiuchi, G., & Sakurai, S. (2020). Standard of the initial ball velocity for a fly ball in baseball hitting. In Presented at the 13th conference of the International Sports Engineering Association (Vol. 22, p. 25). Presented at the 13th conference of the International Sports Engineering Association, 22, pág. 25. Tokyo. Doi:10.3390/proceedings2020049137

Nathan, A. M. (2003). Characterizing the performance of baseball bats. *American Journal of Physics*, 71(2), 134-143. Obtenido de: <https://aapt.scitation.org/doi/abs/10.1119/1.1522699>



Reiter, B. (2018). *Astroball: The new way to win it all.* . USA: Three Rivers Press.

Szymanski, D. J., Beiser, E. J., Bassett, K. E., Till, M. E., Medlin, G. L., Beam, J. R., & DeRenne, C. (2011). Effect of various warm-up devices on bat velocity of intercollegiate baseball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 287-292. Doi:10.1519/JSC.0b013e318202e31e

Szymanski, D. J., DeRenne, C., & Spaniol, F. J. (2009). Contributing factors for increased bat swing velocity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1338-1352. Doi:10.1519/JSC.0b013e318194e09c

Szymanski, D. J., Szymanski, J. M., Schade, R. L., Bradford, T. J., McIntyre, J. S., DeRenne, C., & Madsen, N. H. (2010). The relation between anthropometric and physiological variables and bat velocity of high-school baseball players before and after 12 weeks of training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(11), 2933-2943. Doi:10.1519/JSC.0b013e3181f0a76a

Zou, L., Higuchi, T., Noma, H., Roberto, L. G., & Isaka, T. (2019). Evaluation of a Virtual Reality-based Baseball Batting Training System Using Instantaneous Bat Swing Information. 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (págs. 1289-1290). Osaka: IEEE. Doi:10.1109/VR.2019.8798041

**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

**Contribución de los autores:**

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional. Copyright (c) 2020 Alfredo Ríos Fuentes, Santiago Calero Morales, Ricardo Elaín Eizméndiz Domínguez, Yasser Aguiar Alpízar, Beatriz Sánchez Córdova

