

**MODELO BIOMECÁNICO DEL PEDALEO SUSPENDIDO  
(POWER BIKE)****BIOMECHANICAL MODEL OF THE SUSPENDED PEDALING  
(POWER BIKE)**

**Gómez, Marco**  
ttgomez2011@gmail.com

**González, Olivia**  
depa1972@gmail.com

**RESUMEN**

---

El interés de este artículo es estructurar un modelo biomecánico cualitativo del pedaleo suspendido (POWERBIKE), considerando las exigencias en su ejecución mediante la adopción adecuada de la postura a fin de reducir el riesgo de lesiones. Para tales propósitos, el estudio se basó primeramente en la estructuración del modelo biomecánico teórico del pedaleo en suspensión y en la observación, análisis y reestructuración de la ejecución realizada por un instructor de POWERBIKE con 15 años de experiencia, apoyado por un biomecánico y un médico traumatólogo, además del empleo de una videograbadora. Los resultados demuestran que para la práctica de esta disciplina de ciclismo *indoor*, es fundamental la eliminación de la curvatura dorsal en la postura, donde se identifican los ángulos de seguridad articular permitidos durante la ejecución. Se concluye que el POWERBIKE es una disciplina de ciclismo estacionario con una alta actividad cardiovascular, que no genera mayor impacto en las rodillas y cuya postura en suspensión exige la eliminación de la curvatura dorsal; un modelo biomecánico teórico que en su esencia constituye una guía para los instructores de esta modalidad.

**Palabras clave:** Modelo biomecánico, pedaleo suspendido, power bike.

## ABSTRACT

---

The interest of this article is to structure a qualitative biomechanical model of suspended pedaling (POWERBIKE), considering the demands in its execution through the appropriate adoption of the posture in order to reduce the risk of injuries. For such purposes, the study was based primarily on the structuring of the theoretical biomechanical model of pedaling in suspension and on the observation, analysis and restructuring of the execution carried out by a POWERBIKE instructor with 15 years of experience, supported by a biomechanist and a doctor. traumatologist, in addition to the use of a video recorder. The results show that for the practice of this discipline of indoor cycling, the elimination of the dorsal curvature in the posture is fundamental, where the articulated safety angles allowed during the execution are identified. It is concluded that the POWERBIKE is a discipline of stationary cycling with a high cardiovascular activity, which does not generate major impact on the knees and whose suspended posture requires the elimination of the dorsal curvature; a theoretical biomechanical model that in its essence constitutes a guide for the instructors of this modality.

**Key words:** Biomechanical model, suspended pedaling, power bike.

## INTRODUCCIÓN

---

El ser humano desde sus inicios ha tenido la necesidad de desplazarse y para ello ha existido la locomoción natural que es la marcha, resultando insuficiente con el devenir de la vida para sobrevivir de los depredadores. Conforme a ello, se exploraron opciones que permitiesen moverse más rápido a los fines de disminuir el tiempo entre distancias largas y encontrar nuevas formas para desplazarse. Es así como comienza la era de la carrera a diferentes velocidades, surgiendo los medios de transporte como la bicicleta.

Según Educarchile (2017), la bicicleta que conocemos hoy, tuvo modelos que antecedieron desde la segunda mitad del siglo XVII, encontrándose que “en 1690 el francés De Sivrac inventó la ‘célérifère’: un tipo de bicicleta que no tenía manubrio, cuyo asiento era una almohadilla en el bastidor y que se propulsaba impulsando los pies contra el suelo” (Parr. 3). Aun cuando varios autores no coinciden con esto, lo que sí queda claro es que la bicicleta es un invento europeo, que explica Bicihome (2017) de la siguiente manera:

Dependiendo de lo que consideremos una bicicleta existen unas fechas u otras, siendo la primera bicicleta a pedales patentada como tal y a partir de la cual ha evolucionado la industria en el siglo XX la del británico John Kemp Starley en 1885 (Parr. 1)

Así pues, esta invención fue evolucionando, ayudando a mejorar el desplazamiento del ser humano como medio de transporte alternativo y de valor utilitario no solamente para la recreación, sino también para la salud por los beneficios que se derivan de su uso a través del pedaleo. Esta evolución condujo al diseño y fabricación de bicicletas de modelo competitivo, conocido en la esfera del deporte como ciclismo. En este tenor, se aduce que en esta especialidad deportiva “la primera carrera en carretera fue en 1870, en Italia, desde Florencia a Pistoia, con un recorrido de 33 km, donde ganó el estadounidense Rynner Van Neste” (Ciclismo.com.do, 2017, parr. 5).

En efecto, desde sus inicios como deporte el ciclismo se ha desarrollado bajo la modalidad de ruta (en calle) denominado “ciclo *outdoor*”, y posteriormente con la construcción de velódromos surgió el ciclismo de pista. Aun así, los ciclistas en los periodos de invierno tenían problemas para entrenar, razón por la cual en 1987 el ciclista Jonathan Goldberg crea el ciclo *indoor* con una bicicleta estática (sin desplazamiento). A partir de esta innovación y como resultado de la necesidad de examinar nuevas alternativas de entrenamiento, el uso de la bicicleta en modo *indoor* ha ido en aumento; en sí, son nuevas maneras de hacer ejercicio para lograr una mejor aptitud física, e.g. el *fitness*.

Pues bien, una de estas alternativas innovadoras para ejercitarse es el POWERBIKE (pedaleo en suspensión) “desarrollado en 1994 en los Ángeles-California (EEUU), bajo su nombre inicial RPM, disciplina creada por Shelby Pilot”. (Useche, 2017, parr. 2). En efecto, El POWERBIKE consiste en una actividad física de 45 minutos de pedaleo en suspensión, tonificación y cambios de ritmo (aceleración y desaceleración) enmarcado desde la perspectiva fisiológica en el sistema energético oxidativo sobre una bicicleta fija con revoluciones o ciclos (cadencia) lento y rápido, sin impacto, con cadena cinética cerrada (el extremo

distal es fijo, siendo el extremo proximal el que se desplaza con el movimiento) a nivel de los miembros superiores (apoyo en manillar o volante) e inferiores (apoyo en pedales), donde el tiempo es el objetivo mecánico de la técnica de ejecución.

Esta modalidad de ejercicio en bicicleta de tipo *indoor* ha crecido en Venezuela y hoy día es un centro de expansión hacia Latinoamérica. A pesar de ello, no se han encontrado investigaciones en el campo de la biomecánica sobre el análisis, descripción y evaluación de la técnica de ejecución del pedaleo suspendido y sus diferentes posturas, posiciones, fases y acciones que realiza el practicante del POWERBIKE.

Motivado a lo antes expuesto y con base en los métodos de análisis cualitativos y cuantitativos de la biomecánica, la intención investigativa pretende establecer las variables y su importancia en la ejecución del pedaleo suspendido, basándose en la raíz fundamental que es la mecánica clásica, la cual se divide en:

1. Estática, que es el estudio de sistemas que se encuentran en un estado de constante sin movimiento, o moviéndose con velocidad constante.
2. Dinámica, que es el estudio de los sistemas en movimiento en el cual la aceleración está presente, que puede implicar:
  - a. Cinemática descripción geométrica del movimiento de cuerpos con respecto al tiempo, desplazamiento, velocidad y velocidad de movimiento en línea recta o en una dirección rotativa
  - b. Cinética el estudio de las fuerzas asociadas con el movimiento, incluyendo las fuerzas que causan movimiento y las fuerzas resultantes de movimiento.

Hecha la observación anterior, el objetivo de la investigación está orientado a estructurar un modelo biomecánico cualitativo del pedaleo suspendido, dada la exigencia de su postura al momento de la ejecución, así como la gran demanda que ha tenido esta disciplina, a los fines de brindar a los usuarios un soporte

científico-técnico, optimizando su performance y disminuyendo el riesgo de lesiones.

## **METODOLOGÍA**

---

Gómez y Zissu, (2011) explican que el modelo biomecánico fue concebido por Hay (1978), el cual es una estructura que demuestra la relación que existe entre los objetivos de la destreza y los factores que producen el resultado, y consiste en la elaboración de una secuencia de eventos en forma de niveles de tal manera que los más inferiores son explicativos de los superiores.

Visto así, los investigadores biomecánicos están utilizando modelos deterministas basados en la teoría de Hay. Estos modelos deterministas son un “paradigma de modelado que determina las relaciones entre una medida de resultado del movimiento y los factores biomecánicos que producen una medida de este tipo” (Hay & Reid, 1988, p. 215). Por tanto, estos modelos proporcionan ventajas y desventajas para la investigación aplicada en biomecánica del deporte y ayudan a los biomecánicos deportivos a explicar, en lugar de simplemente describir, aspectos mecánicos del rendimiento deportivo y también limitar el número estudios triviales.

Asimismo, Chow y Knudson (2011) hacen algunas aportaciones sólidas y convincentes a favor de la utilización de modelos deterministas en la investigación biomecánica del deporte. Aun cuando esto tiene sustento teórico, al momento que el entrenador y/o el deportista tienen un acercamiento en su relación con la aplicación práctica de los modelos deterministas, difícilmente logran entenderlo, dado que el factor de mayor relevancia es que son modelos de desempeño y no modelos de la técnica (Glazier & Robins, 2013), es decir, son capaces de identificar factores mecánicos relevantes para el rendimiento pero no cómo se generan desde la ejecución técnica. Eso sí, una vez que lo mecánico y lo técnico se ajustan, el nivel de calidad de ambos aumentan y por ende el rendimiento.

En virtud de ello, los modelos biomecánicos están ayudando a describir de manera geométrica (cinemática) los aspectos visibles que deben tomarse en cuenta para el logro del objetivo de la ejecución; asimismo, los elementos cinéticos resaltan los valores relativos para lograr este objetivo.

Ahora bien, para estructurar el modelo biomecánico teórico del pedaleo en suspensión, se siguió el ordenamiento de los modelos deterministas, que se inicia por el resultado, mediante el cual se van presentando factores espaciales y/o temporales, espacio temporales lineales, espacio temporales angulares, cinéticos lineales, cinéticos angulares y por último todo lo relativo a la biomecánica interna.

En cuanto a la observación, análisis y reestructuración de la ejecución, se realizó el análisis a un ciclista altamente capacitado en pedaleo en suspensión, Instructor de POWERBIKE y Director Técnico de Clínica de Pedaleo con 15 años de experiencia en esta disciplina. Se colocaron dos (2) cámaras Casio Exilim EX-ZR200 High Speed 240 fps, dos (2) trípodes marca Sony, las mismas colocadas perpendicular al plano de ejecución de la destrezas. Para la edición, digitalización y cuantificación de las principales posiciones posturas y acciones se utilizó el sistema EHU-M-AN 6.0 (Licencia 0304-9630-9174-2736).

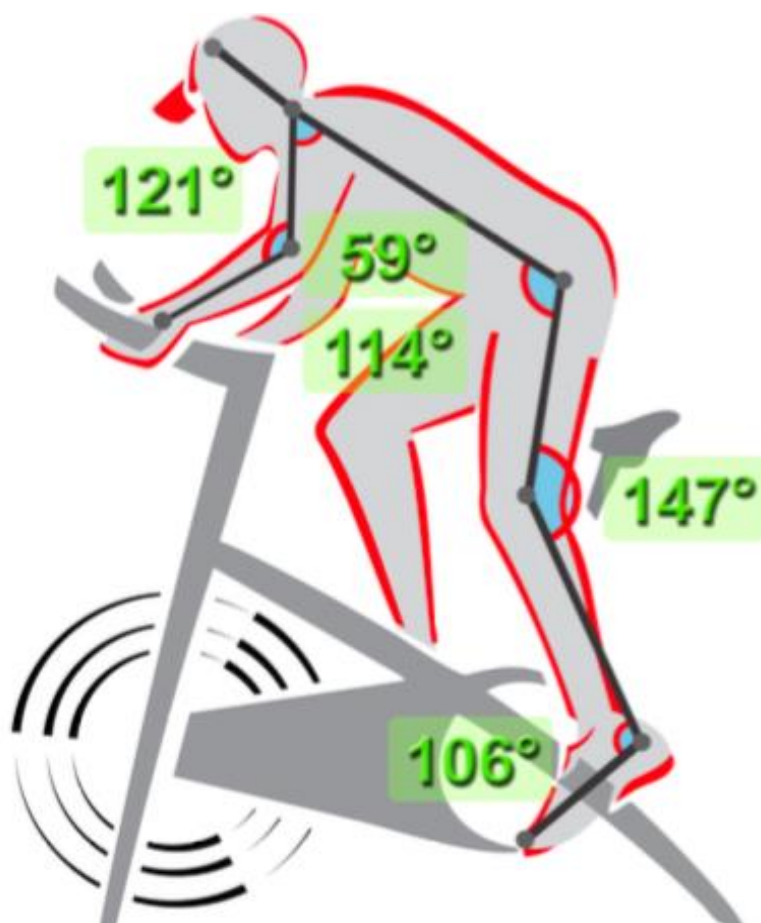
A tal efecto, se inició la actividad con un calentamiento de 15 minutos de duración, pedaleando a una cadencia entre 75-100 rpm. Posteriormente se procedió a videograbar simultáneamente los dos planos la ejecución del pedaleo en suspensión en una cadencia moderada (100-120 rpm). Se evaluó la ejecución en presencia del Biomecánico y un Médico Traumatólogo, experto en pedaleo en suspensión. Se realizó un análisis de la postura, de todos los movimientos y desplazamientos que se realizaban durante la práctica. La prueba tuvo una duración de 45 minutos, donde se hicieron interrupciones pertinentes para las correcciones de ángulos articulares permitidos, según cada articulación involucrada.

Finalmente, se realizó el análisis de la videograbación, la cual fue debidamente discutida con el médico especialista para determinar ángulos articulares, límites en

los desplazamientos realizados y eliminación de movimientos no seguros para el ejecutor.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La observación y análisis de la ejecución del instructor capacitado en pedaleo en suspensión, permitió realizar una interpretación precisa de los hallazgos que emergieron en este estudio. A tal efecto, los ángulos de seguridad articular permitidos en la postura durante la ejecución (figura 1) se identificaron luego del análisis cuantitativo; datos que permiten comprender la estructura mecánica del modelo del pedaleo suspendido.



**Figura 1.** Ángulos de seguridad del pedaleo suspendido.

Visto así, los ángulos recomendados ayudarán por una parte a que el centro de gravedad (CG) se proyecte verticalmente en la articulación del tobillo del pie adelantado. Adicionalmente, se debe evitar el acortamiento del tendón del psoas ilíaco y por ende posibles molestias en la columna lumbar.

Cabe mencionar que posterior al análisis, se logró demostrar que para la práctica de esta disciplina de ciclismo *indoor*, es fundamental la eliminación de la curvatura dorsal en la postura, comúnmente adoptada por los practicantes de *Spinning*, disciplina ampliamente conocida, cuyo performance se diferencia técnicamente del POWERBIKE.

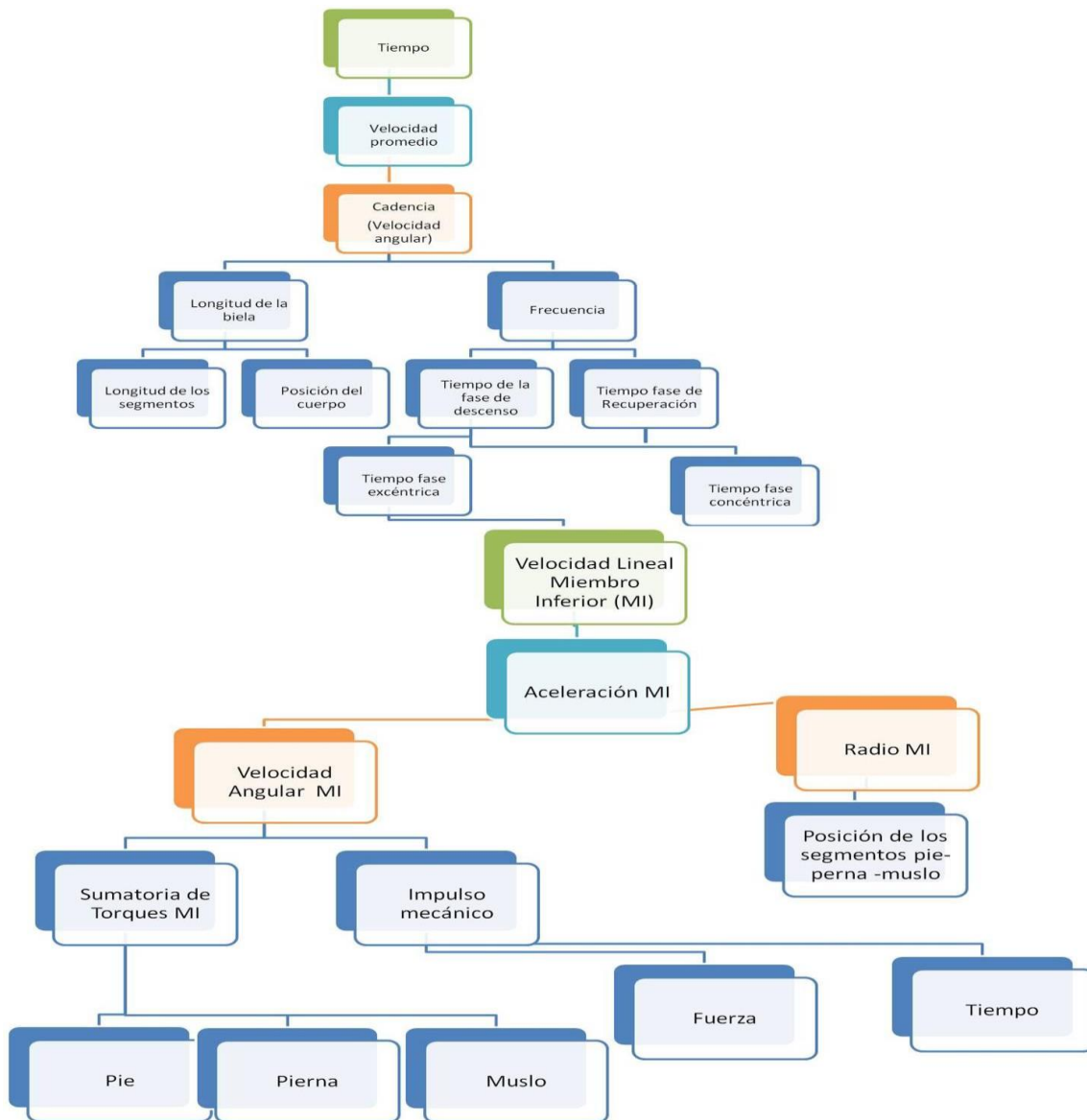
### **MODELO BIOMECÁNICO DEL PEDALEO SUSPENDIDO**

---

El objetivo mecánico del pedaleo suspendido en POWERBIKE es el tiempo total de la clase (45 min), y depende principalmente de la velocidad promedio que el individuo logre establecer basado en el número de cadencia por segundo que el instructor establezca, que varía según nivel, sexo y ritmo.

La cadencia como unidad cíclica del pedaleo, se determina por la longitud de la biela (en otras modalidades es individualizada) y por la frecuencia (números de repeticiones por unidad de tiempo). Ambas variables dependen de la técnica de pedaleo del POWERBIKE, donde la finalidad en las diferentes fases y los torques en los miembros inferiores deben lograr aplicar la aceleración óptima con técnica depurada para evitar por un lado, un gasto energético mayor y por otro, prevenir lesiones. En la figura 2 se puede apreciar el modelo biomecánico teórico del pedaleo suspendido, plataforma utilizada en este estudio.





**Figura 2.** Modelo biomecánico teórico del pedaleo suspendido

## CONCLUSIONES

---

La diferencia entre el pedaleo suspendido y otros de similar naturaleza, está en el objetivo mecánico que se desea alcanzar. En este tenor, el objetivo mecánico de la bicicleta estática del POWERBIKE está orientado a la ejecución del tiempo total, donde se debe tener el mayor cuidado de la postura, siendo pertinente el empleo de una técnica depurada para evitar sobrecargas articulares.

No hay dudas pues que el POWERBIKE es una disciplina de ciclismo estacionario con una alta actividad cardiovascular, que no genera mayor impacto en las rodillas y cuya postura en suspensión exige la eliminación de la curvatura dorsal. En definitiva, es un modelo biomecánico teórico que en su esencia constituye una guía para los instructores de esta modalidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Bicihome (2017). *La historia de la bicicleta*. Recuperado de: <http://bicihome.com/la-historia-de-las-bicicleta/>
- Chow, J. y Knudson, D. (2011). Utilización de modelos deterministas en la investigación biomecánica del deporte y el ejercicio. *Biomecánica deportiva*, (10), 219-233.
- Ciclismo.com.do. (2017). Sobre el ciclismo: su historia. Recuperado de: <http://www.ciclismo.com.do/SobreelCiclismo/SuHistoria/tabid/73/Default.aspx>
- Educarchile (2017). *Historia de la bicicleta*. Recuperado de: <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=76708>
- Glazier, P. S., & Robins, M. T. (2013). *Self-organisation and constraints in sports performance*. In T. McGarry, P. O'Donoghue, & J. Sampaio (Eds.), *Routledge handbook of sports performance analysis* (pp. 42–51). London: Routledge.

Gómez, M. y Zissu, M. (2011). *Características biomecánicas del forehand topspin, en el tenis de mesa*. Saarbrücken: Editorial Académica Española.

Hay, J. (1978). *The biomechanics of sports techniques*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hal.

Hay, J. & Reid, G. (1988). *Anatomy, Mechanics, and Human Motion*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hal.

Useche, R. (2017). *Powerbike Venezuela*. Recuperado de: <http://powerbike.com.ve/web/powerbike-venezuela/#/web/inicio/>