



**Cohete, S.O.; Gaviria, J.; Rojas-Padilla, I.C.; Orejuela, D.F; Gómez, M.L (2025).** Factores determinantes del rendimiento en el sprint de 200 metros en ciclistas jóvenes: un análisis comparativo de modelos predictivos de regresión. *Journal of Sport and Health Research*. 18(1):56-67. <https://doi.org/10.58727/jshr.113047>

**Original**

## **FACTORES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO EN EL SPRINT DE 200 METROS EN CICLISTAS JÓVENES: UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS PREDICTIVOS DE REGRESIÓN**

### **DETERMINANT FACTORS OF 200-METER SPRINT PERFORMANCE IN YOUNG CYCLISTS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF PREDICTIVE REGRESSION MODELS**

Cohete Zolorsano Sulvi Oreima<sup>1</sup>; Gaviria Chavarro Javier<sup>1,2</sup>; Rojas-Padilla Isabel Cristina<sup>1</sup>; Orejuela Aristizábal Diego Fernando<sup>1</sup>; Gómez Gaviria Martha Liliana<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Escuela Nacional del Deporte*

<sup>2</sup>*Fundación Universitaria del Área Andina*

Correspondence to:  
**Isabel Cristina Rojas Padilla**  
Escuela Nacional del Deporte  
Calle 9 # 34-01  
[isabelcrojasp@gmail.com](mailto:isabelcrojasp@gmail.com)

*Edited by: D.A.A. Scientific Section  
Martos (Spain)*



[editor@journalshsr.com](mailto:editor@journalshsr.com)

Received: 17/01/2025  
Accepted: 05/05/2025



## FACTORES DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO EN EL SPRINT DE 200 METROS EN CICLISTAS JÓVENES: UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE MODELOS PREDICTIVOS DE REGRESIÓN

## DETERMINANT FACTORS OF 200-METER SPRINT PERFORMANCE IN YOUNG CYCLISTS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF PREDICTIVE REGRESSION MODELS

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue identificar las variables que se relacionan con el rendimiento en una prueba de 200 metros en ciclistas jóvenes y evaluar la validez de modelos predictivos. Participaron 21 ciclistas de pista (14 a 17 años), quienes fueron evaluados en variables antropométricas (peso, talla, perímetros, pliegues, diámetros) y funcionales (flexibilidad, fuerza y potencia en salto, capacidad anaeróbica). El diseño fue cuantitativo, no experimental, de tipo correlacional y comparativo. Se aplicaron dos modelos de regresión, Ridge y Lasso, tras estandarizar los datos y realizar validación cruzada de 5 particiones. El modelo Lasso presentó mejor desempeño predictivo (MSE más bajo y  $R^2$  más alto). Los resultados indican que un mayor perímetro de cintura y una mejor flexibilidad se asocian a un mejor rendimiento en sprint, mientras que una menor envergadura y un diámetro de húmero reducido se relacionan también con mejor desempeño. Estos hallazgos describen relaciones estadísticas entre variables físicas y rendimiento, sin establecer relaciones causales.

**Palabras clave:** Deporte, ciclismo, rendimiento, antropometría, capacidades físicas.

### ABSTRACT

This study aimed to identify the variables associated with performance in a 200-meter sprint test among young track cyclists and to evaluate the validity of predictive models. A total of 21 track cyclists (aged 14 to 17 years) participated and were assessed on anthropometric variables (weight, height, circumferences, skinfolds, and diameters) and functional variables (flexibility, jump strength and power, and anaerobic capacity). The study employed a quantitative, non-experimental, correlational, and comparative design. Two regression models, Ridge and Lasso, were applied after standardizing the data and performing five-fold cross-validation. The Lasso model demonstrated superior predictive performance (lower MSE and higher  $R^2$ ). The results indicate that a greater waist circumference and better flexibility are associated with improved sprint performance, while a shorter arm span and a smaller humerus diameter are also related to better outcomes. These findings describe statistical relationships between physical variables and performance, without establishing causal links.

**Keywords:** Sports, cycling, performance, anthropometry, physical capacities.



## INTRODUCCIÓN

El rendimiento atlético es un aspecto crítico del ciclismo en pista, especialmente en pruebas más cortas como los 200 metros. Comprender las distintas variables que influyen en el rendimiento puede ayudar a optimizar los programas de entrenamiento y la selección de ciclistas.

Con el auge de técnicas de análisis avanzadas como la regresión Lasso, se ha mejorado la capacidad para identificar con mayor precisión los factores determinantes del rendimiento deportivo, facilitando el diseño de intervenciones de entrenamiento más efectivas (Mahajan et al., 2020).

La literatura existente ha demostrado que el rendimiento en deportes está influenciado por una combinación de factores fisiológicos, psicológicos y biomecánicos. Investigaciones previas han destacado la relevancia de la fuerza muscular (Ćopić et al., 2014), la flexibilidad (Gleim & McHugh, 1997) y la composición corporal (Kahraman & Okut, 2025) en el rendimiento atlético.

Por ejemplo, se ha encontrado que características morfológicas como la altura, el peso corporal, y el tamaño y composición de las fibras musculares influyen significativamente en el rendimiento en competencias de ciclismo de élite. La masa muscular puede ayudar a generar la energía y potencia necesarias para superar la resistencia del aire, pero también puede aumentar la superficie frontal y, por lo tanto, la resistencia aerodinámica (Lewandowski et al., 2018).

Así mismo, Se ha encontrado relación entre el rendimiento y factores como flexibilidad de los isquiotibiales, la caída del manillar, el retroceso del sillín y la flexión plantar del tobillo (Holliday & Swart, 2021) así como utilidad en determinar la flexibilidad de los músculos isquiotibiales y lumbares para la presión sobre el sillín (Vicari et al., 2024) puesto que estar cómodo con el instrumento del deporte podría relacionarse positivamente con el rendimiento.

Otro aspecto relevante es el papel de las estrategias de regulación del esfuerzo, como el pacing, donde los ciclistas distribuyen subjetivamente sus recursos energéticos a lo largo de la carrera para mejorar su rendimiento. Esta estrategia se ajusta en función de la

fatiga anticipada y acumulada, las características del terreno y la estructura de la competencia (Corbett, 2009).

Los ciclistas jóvenes están en una etapa crucial de desarrollo físico y técnico, lo que los hace especialmente susceptibles a mejoras significativas a través de intervenciones adecuadamente dirigidas. Identificar las variables clave que afectan su rendimiento puede guiar estrategias de entrenamiento personalizadas que maximicen su potencial competitivo (Corso, 2018).

En el contexto actual del ciclismo competitivo, donde cada pequeño avance en el rendimiento puede traducirse en una ventaja relevante en competencias de alto nivel. La comparación de diferentes modelos de regresión para seleccionar el más adecuado también añade valor a la investigación, proporcionando un enfoque robusto para la evaluación de las variables de interés (Chen & Huang, 2012).

El objetivo principal de este estudio fue identificar las variables que se relacionan con el rendimiento en una prueba de 200 metros en ciclistas jóvenes y evaluar la validez del modelo predictivo mediante un análisis de residuos. Para ello, se compararon dos modelos de regresión: Ridge y Lasso.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Diseño

El presente estudio emplea un diseño de investigación cuantitativa no experimental, de tipo correlacional y comparativo. Se analiza la relación entre diversas variables fisiológicas y el rendimiento en una prueba de 200 metros en ciclistas jóvenes.

El estudio se lleva a cabo en un contexto de entrenamiento deportivo en ciclismo de pista. Las mediciones y pruebas se realizaron en un centro de alto rendimiento, equipado con las instalaciones necesarias (velódromo) para evaluar tanto el rendimiento en pista como las características fisiológicas de los ciclistas.

### Participantes

La muestra estuvo compuesta por 21 ciclistas jóvenes, seleccionados bajo el criterio de tener al menos 3 años de experiencia en el deporte y su



participación en programas de entrenamiento de ciclismo de pista. Los participantes tenían edades comprendidas entre 14 y 17 años, y se seleccionaron mediante un muestreo no probabilístico de conveniencia.

Las variables independientes consideradas en el estudio fueron:

Medidas antropométricas: flexibilidad (centímetros), envergadura (centímetros), pliegue abdominal (milímetros), circunferencia de la cintura (centímetros), circunferencia de la pierna (centímetros) y diámetro del húmero (centímetros).

Variables de salto, medidas a través de la plataforma de contacto: tiempo de vuelo en salto vertical (segundos), altura de salto (centímetros), fuerza máxima en salto con contramovimiento (newton) y pico de potencia en salto con contramovimiento (vatios).

Variables de capacidad anaeróbica, evaluadas mediante la prueba de Wingate adaptada en bicicleta con resistencia electromagnética Tacx: pico de potencia (vatios).

La variable dependiente fue el rendimiento en la prueba de 200 metros, medido en segundos.

### **Procedimiento**

Las mediciones antropométricas fueron realizadas por una antropometrista certificada ISAK nivel 2, siguiendo los protocolos establecidos por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) (Marfell-Jones et al., 2012). Se utilizaron instrumentos calibrados; Cinta métrica Lufkin para tomar envergadura y perímetros, adipómetro Cescorf para pliegues, antropómetro Cescorf para diámetros, báscula Tanita para peso y estadiómetro Seca para talla, siguiendo los procedimientos recomendados por ISAK.

Para evaluar la flexibilidad, se aplicó la prueba de Sit and Reach utilizando un cajón metálico, de acuerdo con el protocolo de Wells y Dillon (1952). Se realizaron tres intentos y se registró el mejor valor obtenido en centímetros.

La capacidad anaeróbica de los ciclistas fue evaluada mediante la prueba de Wingate, siguiendo el protocolo propuesto por Bar-Or (1987). A diferencia del protocolo tradicional en cicloergómetro, en este estudio la prueba se realizó directamente en las bicicletas de los ciclistas, a las cuales se les adaptó un Tacx T2875.60 NEO 2T, un entrenador de resistencia electromagnética que permite simular cargas específicas de alta precisión. Durante 30 segundos, los participantes pedalearon contra una resistencia equivalente al 7.5% de su peso corporal, mientras se registraban variables como potencia máxima (W), potencia media (W) e índice de fatiga (%). Se realizó un calentamiento previo de cinco minutos a intensidad moderada, seguido de tres sprints cortos de dos segundos con descansos de dos minutos entre ellos, con el fin de preparar a los participantes para el esfuerzo máximo.

La evaluación de la potencia muscular y la capacidad de generar fuerza explosiva se realizó a través de la batería de saltos de Bosco, utilizando una plataforma de contacto Chronojump-Bosco System, conectada a un computador con software Chronojump 1.8.1. Este sistema ha demostrado alta validez y fiabilidad en la medición de variables cinéticas y cinemáticas (Castillo et al., 2021). Se aplicaron tres tipos de saltos: el salto con contramovimiento (CMJ), el salto desde posición estática (SJ) y el Drop Jump (DJ). En el CMJ, los ciclistas partían de una posición de pie, realizaban una flexión de rodillas y posteriormente ejecutaban un impulso explosivo. En el SJ, se mantenía una flexión de rodillas de 90° durante dos segundos antes del despegue. Para la prueba de DJ, los participantes se dejaban caer desde una plataforma de 40 cm de altura y, al contactar con la superficie, realizaban un salto explosivo inmediato. En cada prueba de salto, se realizaron tres intentos con dos minutos de recuperación entre ellos. Se registran variables específicas: altura de salto (cm), tiempo de vuelo (s), fuerza máxima de despegue (N), fuerza máxima de aterrizaje (N), pico de potencia (W), velocidad de salto (m/s) e índice de reactividad de fuerza. Para el análisis se consideró el mejor intento registrado en cada prueba (Bosco, 1999; Aragon-Vargas, 2000).

La prueba de rendimiento en 200 metros se llevó a cabo en un velódromo, utilizando un sistema de cronometraje electrónico con fotocélulas Microgate



Witty, garantizando precisión en la medición del tiempo total. Cada ciclista realizó un intento único, buscando alcanzar su máxima velocidad en condiciones similares a las de competencia.

Para minimizar los efectos de la fatiga y evitar interferencias entre pruebas, las evaluaciones se distribuyeron en tres sesiones con al menos 24 horas de descanso entre ellas. En la primera sesión se realizaron las mediciones antropométricas y la prueba de flexibilidad; en la segunda, las pruebas de salto; y en la tercera, la prueba de Wingate y el test de 200 metros. Antes de cada sesión, se implementó un protocolo de calentamiento estandarizado de 10 a 15 minutos, compuesto por movilidad articular, pedaleo ligero en la bicicleta y estiramientos dinámicos específicos para el tren inferior (Behm et al., 2011).

Los datos obtenidos se ingresaron inicialmente en Microsoft Excel para su organización y verificación preliminar, la cual incluyó la detección de valores atípicos, la identificación de datos faltantes y la evaluación de la consistencia de las mediciones a través de estadísticos descriptivos básicos (media, desviación estándar y rangos de valores). Posteriormente, los datos fueron estandarizados y transferidos al software Python para su análisis estadístico.

### **Análisis de datos**

El análisis estadístico se diseñó para comparar dos modelos de regresión, Ridge y Lasso, que son particularmente útiles en presencia de multicolinealidad entre las variables independientes, con el objetivo de identificar el modelo que ofreciera un mejor ajuste para predecir la variable dependiente 200MTS.

Los datos fueron divididos en conjuntos de entrenamiento (80%) y prueba (20%) para permitir la evaluación de los modelos. Se procedió a su estandarización, lo que asegura una escala uniforme y mejora la estabilidad en los modelos de regularización.

Se aplicaron los modelos de regresión Ridge y Lasso con el propósito de manejar la multicolinealidad y mejorar la selección de variables predictoras. Mientras que Lasso (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) permite la selección automática

de variables al reducir algunos coeficientes a cero, eliminándolos efectivamente del modelo, Ridge (Tikhonov Regularization) minimiza la magnitud de los coeficientes sin llegar a anularlos completamente, lo que le permite retener todas las variables en el modelo.

Para optimizar el parámetro de regularización ( $\alpha$ ), se empleó una búsqueda en un espacio de valores logarítmicamente escalado, combinada con una validación cruzada de 5 particiones. En este procedimiento, los datos se dividieron en cinco subconjuntos; en cada iteración, el modelo se entrenó en cuatro de ellos y se evaluó en el subconjunto restante, repitiendo este proceso hasta que cada subconjunto fue utilizado una vez como prueba. Este enfoque permitió seleccionar el valor óptimo de  $\alpha$ , maximizando la capacidad predictiva del modelo.

Posteriormente, ambos modelos (Ridge y Lasso) fueron evaluados en el conjunto de prueba mediante dos métricas: el error cuadrático medio (MSE, Mean Squared Error), que mide la precisión de las predicciones, y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), que indica la proporción de varianza explicada por el modelo. Se reportaron la media y la desviación estándar del MSE, proporcionando una comparación objetiva del rendimiento y robustez de cada modelo.

### **Aspectos Éticos**

El estudio fue aprobado por el comité de ética de la Escuela Nacional del Deporte mediante el código 40.07.341 y realizado teniendo en cuenta las normas de la resolución 8430 de 1993 de Colombia y los principios éticos de la declaración de Helsinki para investigaciones con seres humanos. Se garantizó la confidencialidad de los datos de los participantes. Se obtuvo el asentimiento informado de todos los participantes y el consentimiento informado firmado por sus tutores legales, y se explicó detalladamente el propósito del estudio, los procedimientos y los posibles riesgos y beneficios.

### **RESULTADOS**

En este estudio, se evaluaron dos modelos de regresión, Ridge y Lasso, con el objetivo de identificar las variables más relevantes que se relacionan con el rendimiento en la prueba de 200



metros y determinar el modelo más adecuado para la predicción de desempeño en ciclistas jóvenes.

Se midieron diversas variables relacionadas con características antropométricas (peso, talla, envergadura, pliegue abdominal, perímetros de cintura y pierna, diámetro del húmero), capacidades físicas funcionales (flexibilidad, fuerza máxima y potencia en diferentes tipos de salto) y antecedentes deportivos (edad deportiva).

Como primer paso, se realizó un análisis descriptivo de estas variables, presentando medidas de tendencia central (media) y de dispersión (desviación estándar), lo cual proporciona una visión inicial sobre el perfil físico y antropométrico de los participantes. Por ejemplo, la edad deportiva mostró una media de 6.25 años ( $DE = 1.3$ ), mientras que la flexibilidad tuvo un promedio de 30.25 cm ( $DE = 4.66$ ). En términos de potencia en salto, el pico de potencia en el Countermovement Jump (CMJ) fue de 2525.64 W ( $DE = 232.47$ ), y el pico de potencia en el Drop Jump (DJ) alcanzó una media de 2625.19 W ( $DE = 270.67$ ). (Tabla 1)

Ambos modelos fueron evaluados mediante el cálculo del Mean Squared Error (MSE) y el Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ) en el conjunto de prueba, lo que permitió una comparación directa de su rendimiento predictivo:

MSE: Ridge (0.1678), Lasso (0.0946)

$R^2$ : Ridge (0.5524), Lasso (0.5830)

El modelo Lasso mostró el mejor rendimiento predictivo, al presentar el MSE más bajo y el  $R^2$  más alto, indicando su mayor capacidad para explicar la varianza en el rendimiento de los ciclistas en la prueba de 200 metros. Este modelo no solo optimizó el ajuste, sino que también permitió una selección de variables, reteniendo únicamente aquellas con contribuciones significativas, lo cual simplifica la interpretación del modelo y enfoca la predicción en las variables más influyentes.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos

| Variables                   | Mínimo  | Máximo  | Media   | Desviación estándar |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------------------|
| EdadDeportiva (años)        | 3       | 9       | 6,24    | 1,3                 |
| Flexibilidad (cm)           | 21      | 43      | 30,24   | 4,66                |
| Peso (kg)                   | 48,2    | 66,3    | 54,3    | 3,48                |
| talla (cm)                  | 162     | 181,6   | 169,25  | 3,85                |
| envergadura (cm)            | 1,52    | 1,87    | 1,67    | 0,07                |
| PliAbdominal (mm)           | 4       | 13      | 8,48    | 1,91                |
| PeriCintura (cm)            | 60,9    | 69,8    | 66,19   | 1,76                |
| PeriMuslo (cm)              | 41,4    | 49,7    | 45,79   | 1,61                |
| PeriPierna (cm)             | 30,5    | 36      | 32,52   | 1,06                |
| DiametroHum (cm)            | 6,6     | 7,2     | 6,95    | 0,1                 |
| PotenciaPico (W)            | 657     | 1212    | 917,8   | 106,97              |
| ÍndiceFatiga (%)            | 44,5    | 49      | 46,26   | 0,97                |
| FuerzaMaxAterrizaje DRJ (N) | 2,785   | 7,28    | 4,81    | 0,95                |
| TiempoVueloDRJ (s)          | 0,414   | 0,56    | 0,46    | 0,03                |
| PicoPotenciaDRJ (W)         | 2076    | 3224,35 | 2625,19 | 270,67              |
| AlturaSaltoDRJ (cm)         | 0,22    | 0,41    | 0,3     | 0,04                |
| FuerzaMaxSaltoSJ (N)        | 2,05    | 2,31    | 2,18    | 0,05                |
| TiempoVueloSJ (s)           | 0,41    | 0,54    | 0,46    | 0,03                |
| PicoPotenciaSJ (W)          | 2119,21 | 2865,31 | 2486,81 | 202,32              |
| AlturaSaltoSJ (cm)          | 0,21    | 0,35    | 0,26    | 0,02                |
| FuerzaMaxSaltoCMJ (N)       | 2,12    | 2,26    | 2,18    | 0,03                |
| TiempoVueloCMJ (s)          | 0,43    | 0,54    | 0,47    | 0,02                |
| PicoPotenciaCMJ (W)         | 2155,45 | 3094,84 | 2525,63 | 232,47              |
| AlturaSaltoCMJ (cm)         | 0,24    | 0,37    | 0,28    | 0,02                |
| 200MTS (s)                  | 13,01   | 16,22   | 14,35   | 0,82                |

DRJ= Drop Jump; SJ=Squat Jump; CMJ= Countermovement Jump; Pli=pliegue; Peri=Perímetro

Las variables seleccionadas por el modelo Lasso y sus coeficientes de regresión revelan hallazgos importantes sobre los factores que afectan el rendimiento en la prueba de 200 metros. A continuación, se detallan las principales variables seleccionadas:

Flexibilidad (0.22): La flexibilidad tiene un coeficiente positivo, sugiriendo que una mayor





flexibilidad podría mejorar el rendimiento al facilitar una postura aerodinámica y reducir la resistencia al aire.

Envergadura (-0.07): Un coeficiente negativo implica que una mayor envergadura podría no ser beneficiosa, lo cual es plausible ya que ciclistas más compactos suelen ser más eficientes aerodinámicamente.

Pliegue Abdominal (0.09): Un coeficiente positivo sugiere que un nivel mayor de grasa abdominal podría ser perjudicial en el tiempo al realizar la prueba.

Perímetro de Cintura (0.31): La circunferencia de cintura tiene un coeficiente positivo, lo cual podría reflejar el desarrollo muscular del core, importante para la estabilidad y la transferencia de potencia.

Perímetro de Pierna (-0.13): Un coeficiente negativo indica que un mayor volumen muscular en las piernas se traduce en mayor eficiencia para sprints cortos.

Diámetro de Húmero (-0.16): El diámetro del húmero tiene un efecto negativo, lo cual es plausible si se considera que una estructura más ligera puede mejorar la eficiencia aerodinámica.

Fuerza Máxima Aterrizaje DRJ (-0.07) y Pico Potencia DRJ (-0.12): La capacidad de absorción de impacto y la potencia explosiva en saltos mostraron coeficientes negativos, sugiriendo que estos factores no son determinantes para el rendimiento en una prueba de sprint en ciclismo de pista.

Tiempo Vuelo SJ (-0.22) y Fuerza Máxima Salto CMJ (-0.08): Una mayor capacidad explosiva en salto se asocia con un mejor rendimiento en el sprint, enfatizando la importancia de la potencia en ciclismo de pista.

Pico Potencia CMJ (-0.14): La potencia en salto también tiene un coeficiente negativo, indicando que mayores niveles de potencia en las piernas están alineados con un mejor rendimiento en pruebas de velocidad.

## DISCUSIÓN

En este estudio, el modelo de regresión Lasso demostró ser el más adecuado para predecir el rendimiento en la prueba de 200 metros en jóvenes ciclistas, mostrando un MSE de 0.09 y un  $R^2$  de 0.58, lo cual supera el rendimiento del modelo Ridge (MSE de 0.16 y  $R^2$  de 0.55). Estos resultados resaltan la eficacia del modelo Lasso en la selección de variables, optimizando el ajuste al centrarse únicamente en aquellas variables con mayor relevancia predictiva. A continuación, se comparan estos hallazgos con estudios previos que examinan factores clave en el rendimiento de velocidad.

La flexibilidad mostró un coeficiente positivo, sugiriendo que una mayor flexibilidad favorece una postura aerodinámica más eficiente, reduciendo la resistencia al aire y mejorando la transmisión de potencia. Estudios recientes confirman que una mejor flexibilidad de la cadera y la zona lumbar permite adoptar posiciones de pedaleo más agresivas sin comprometer la comodidad ni la potencia (Holliday & Swart, 2021). En ciclistas de pista, una postura más baja y cerrada disminuye el coeficiente de arrastre aerodinámico, optimizando el rendimiento (Vicari et al., 2024).

El coeficiente negativo de la envergadura indica que ciclistas más compactos presentan mejor rendimiento, probablemente debido a una menor superficie frontal expuesta al viento. Se ha documentado que los sprinters de pista tienen estructuras corporales más robustas y bajas en comparación con los ciclistas de resistencia, lo que les permite generar mayor potencia sin comprometer la aerodinámica (van der Zwaard et al., 2019). Una menor envergadura podría reducir el área frontal y mejorar la eficiencia aerodinámica en esfuerzos de alta velocidad (Kumar & Singh, 2019).

El pliegue abdominal mostró un coeficiente positivo, lo que sugiere que un mayor porcentaje de grasa puede afectar negativamente el rendimiento. En ciclistas de pista, una menor cantidad de grasa corporal mejora la relación potencia-peso y reduce la resistencia aerodinámica (van der Zwaard et al., 2019). Por otro lado, el perímetro de cintura tuvo un coeficiente positivo, lo que podría estar asociado a un mayor desarrollo muscular en la zona media. Un core



fuerte contribuye a la estabilidad sobre la bicicleta y facilita la transferencia de potencia en esfuerzos máximos (Kordi et al., 2018).

El coeficiente negativo del perímetro de pierna indica que un mayor volumen muscular en las extremidades inferiores está relacionado con un mejor rendimiento en la prueba de 200 metros. Estudios han demostrado que la hipertrofia del cuádriceps y los isquiotibiales es clave para la producción de potencia en sprints cortos, donde se requieren valores elevados de fuerza máxima y capacidad anaeróbica (Kordi et al., 2018). Sprinters de élite presentan perímetros de muslo significativamente mayores que ciclistas de resistencia, lo que confirma la importancia de la masa muscular funcional en la producción de potencia (van der Zwaard et al., 2019).

Los resultados de este estudio coinciden con los hallazgos de Orejuela-Aristizábal et al. (2024), quienes identificaron la potencia explosiva como un factor determinante en el rendimiento en la prueba de 200 metros. En su análisis, variables como el pico de potencia en el salto sin contramovimiento (SJ) ( $-0.003$  W) y la fuerza máxima de aterrizaje en el Drop Jump (DJ) ( $-0.47$  %) mostraron efectos significativos en la reducción del tiempo de la prueba. En contraste, el modelo Lasso del presente estudio seleccionó variables como la flexibilidad (0.22), la envergadura ( $-0.07$ ), el tiempo de vuelo en el salto SJ ( $-0.22$ ) y el pico de potencia en el salto CMJ ( $-0.14$ ), lo que sugiere que estos factores también están asociados con un mejor desempeño en 200 metros. Estos hallazgos refuerzan la importancia de la potencia explosiva y la eficiencia aerodinámica en ciclistas de pista, destacando que una combinación de capacidades biomecánicas y morfológicas puede influir en el rendimiento óptimo en pruebas de velocidad.

Siguiendo con la importancia de la potencia explosiva en pruebas de velocidad, el estudio de Robert et al., (2020) también identifica una fuerte correlación entre capacidad de salto y rendimiento en un circuito de BMX. Los resultados mostraron una correlación de  $-0.801$  ( $p = 0.01$ ) para el Squat Jump (SJ),  $-0.79$  ( $p = 0.01$ ) para el Countermovement Jump (CMJ) y  $-0.78$  ( $p = 0.02$ ) para el Drop Jump (DJ), subrayando la importancia de estas capacidades explosivas en la reducción del tiempo en un circuito

de BMX. En este estudio, el tiempo de vuelo en el salto SJ y el pico de potencia en el CMJ también se asociaron con menores tiempos de prueba en 200 metros, con coeficientes de  $-0.22$  y  $-0.14$ , respectivamente, lo cual reafirma que una mayor potencia en saltos está alineada con un mejor desempeño en velocidad.

Al comparar el presente estudio con el de Tofari et al., (2017), se observa una coincidencia en la importancia de la potencia máxima para predecir el rendimiento en ciclismo de velocidad. Tofari et al. reportaron una mejora significativa del 6.7% en la potencia máxima en ergómetro (de 1276 W a 1359 W,  $p < 0.05$ ) tras 3 meses de entrenamiento, junto con una fuerte correlación ( $r = -0.91$ ) entre la potencia máxima y el tiempo en los sprints de 100 m en pista. Esto subraya que la potencia es clave para mejorar el rendimiento en pruebas de corta duración, similar a cómo en nuestro modelo Lasso variables como el tiempo de vuelo en SJ ( $-0.22$ ) y el pico de potencia en CMJ ( $-0.14$ ) se asociaron con menores tiempos de prueba.

Además de la potencia máxima, otros estudios han analizado la potencia explosiva en deportes de velocidad. Milan & Mackala, (2021) encontraron diferencias significativas en potencia explosiva entre sprinters élite y subélite, con los élite alcanzando mayor altura en el salto CMJ (65.39 cm vs. 57.55 cm,  $p < 0.05$ ) y mayor velocidad de despegue (3.23 m/s vs. 2.94 m/s,  $p < 0.05$ ). En el DJ, los élite también mostraron una velocidad excéntrica superior (3.05 m/s vs. 2.81 m/s,  $p < 0.05$ ), indicando una mejor capacidad para aprovechar la energía elástica acumulada en el ciclo excéntrico-concéntrico, fundamental en el sprint. Comparativamente, este estudio identificó el tiempo de vuelo en salto SJ ( $-0.22$ ) y el pico de potencia en salto CMJ ( $-0.14$ ) como factores clave para reducir el tiempo en la prueba de 200 metros, lo que subraya la importancia de la potencia explosiva en el rendimiento de velocidad en ambas disciplinas.

Dorel et al. (2005) hallaron que el rendimiento en la prueba de 200 metros en ciclistas de élite está fuertemente influido por la potencia máxima ( $P_{max}$ ), con un valor promedio de  $1600 \pm 116$  W, y la frecuencia óptima de pedaleo ( $f_{opt}$ ), que alcanzó los  $129.8 \pm 4.7$  rpm. Además, reportaron una correlación





significativa entre  $P_{max}$ , normalizada por el área frontal proyectada ( $A_p$ ), y la velocidad en la prueba de 200 m ( $V_{200}$ ) ( $r = 0.75$ ,  $p \leq 0.05$ ), destacando cómo la eficiencia aerodinámica impacta el rendimiento en velocidad. En este estudio, también se identificaron factores de potencia explosiva asociados con una mejora en el tiempo de prueba, como el tiempo de vuelo en salto SJ (-0.2208) y el pico de potencia en salto CMJ (-0.14). Sin embargo, mientras Dorel et al. priorizan la optimización de la relación  $P_{max}/A_p$ , nuestro modelo incluyó variables antropométricas como envergadura (-0.07) y flexibilidad (0.22), sugiriendo que la postura aerodinámica es un factor relevante adicional en ciclistas jóvenes de pista.

De manera similar a otros estudios sobre ciclismo de pista, Lewis et al., (2022) compararon ciclistas de pista de velocidad y resistencia, mostrando que las variables de salto (CMJ) pueden discriminar entre ambos grupos. Los ciclistas de velocidad presentaron significativamente mayores valores en fuerza concéntrica media ( $1361.37 \pm 267.34$  N vs.  $1182.37 \pm 149.83$  N,  $p < 0.05$ ) y altura de salto ( $42.85 \pm 7.54$  cm vs.  $33.00 \pm 6.21$  cm,  $p < 0.05$ ), lo que indica su superior capacidad de producción de potencia. En el presente estudio, el modelo Lasso seleccionó el tiempo de vuelo en el SJ (-0.22) y el pico de potencia en el CMJ (-0.14) como variables relevantes para reducir el tiempo en la prueba de 200 metros, lo cual coincide con los hallazgos de Lewis et al. respecto a la importancia de la potencia explosiva en el rendimiento de velocidad.

Complementando estos hallazgos, Stone et al., (2004) identificaron una relación significativa entre la fuerza isométrica máxima (IPF) y la potencia máxima en pruebas de salto (CMJ y SJ) y en el Wingate test, así como con los tiempos de sprint en una vuelta de 333 metros ( $r = -0.68$  a  $-0.75$ ). Estos hallazgos indican que los ciclistas con mayor fuerza isométrica y tasa de desarrollo de fuerza logran tiempos de sprint más rápidos. En comparación, en nuestro estudio, el modelo Lasso seleccionó variables relacionadas con la potencia en salto, como el tiempo de vuelo en el SJ (-0.22) y el pico de potencia en el CMJ (-0.14), lo cual también se asoció con una reducción en el tiempo en la prueba de 200 metros, subrayando la importancia de la fuerza explosiva y la capacidad de potencia en el ciclismo de pista.

Finalmente, Vandewalle et al., (1987) exploraron la relación entre fuerza y velocidad en un ciclo ergómetro y encontraron que los ciclistas de pista de élite desarrollaban potencias máximas de hasta 17 W/kg. Además, observaron una correlación significativa entre la potencia máxima ( $W_{max}$ ) en el ergómetro y la altura de salto vertical en diferentes atletas de potencia. Este vínculo apoya la relevancia de la potencia explosiva en deportes de velocidad, y coincide con nuestros resultados que sugieren que la potencia en salto es un indicador valioso del rendimiento en ciclismo de pista. La correlación que Vandewalle et al. reportaron entre la potencia máxima en el ciclo ergómetro y la altura de salto vertical también respalda el uso de pruebas de salto como predictoras de rendimiento en disciplinas de potencia.

Van Hooren & Zolotarjova, (2017) revisaron las diferencias biomecánicas entre el SJ y el CMJ, destacando que el CMJ generalmente produce mayores alturas de salto debido a la utilización del ciclo de estiramiento-acortamiento (SSC). En el CMJ, el SSC permite almacenar energía elástica y reducir la “holgura muscular” antes de la fase concéntrica, maximizando la potencia. Esta capacidad adicional de generar potencia en el CMJ puede explicar por qué el modelo Lasso identificó el pico de potencia en el CMJ como un factor significativo para predecir el rendimiento en ciclismo, ya que el CMJ refleja la habilidad de los músculos para aprovechar el SSC y generar una potencia explosiva máxima.

En contraste, el SJ, que no involucra el SSC de la misma manera, depende más de la fuerza concéntrica pura, lo que también lo convierte en un indicador relevante de la fuerza muscular general. La selección del tiempo de vuelo en el SJ en nuestro modelo puede sugerir que, además de la potencia máxima, la capacidad de generar fuerza sin la ayuda del SSC es también importante para el rendimiento en velocidad, especialmente en las fases iniciales del sprint en ciclismo de pista.

Este estudio tiene algunas limitaciones que deben considerarse. El tamaño de muestra relativamente pequeño (25 observaciones) puede limitar la generalización de los hallazgos; futuras investigaciones deberían ampliar la muestra para validar los resultados. Además, no se incluyeron



variables fisiológicas adicionales, como el perfil metabólico o el nivel de entrenamiento, que podrían influir en el rendimiento y enriquecer los modelos predictivos.

## CONCLUSIONES

Los hallazgos indican que una mayor flexibilidad y un mayor perímetro de cintura están asociadas con un mejor rendimiento en sprints de 200 metros. Esto sugiere que los programas de entrenamiento en ciclismo de pista deberían incluir ejercicios de flexibilidad y fortalecimiento del core, que podrían mejorar la postura aerodinámica y la estabilidad durante el sprint.

Las variables antropométricas, como la envergadura y el diámetro del húmero, tienen una relación negativa en el rendimiento. Estos resultados pueden ser útiles para identificar perfiles físicos ideales en ciclistas jóvenes y adaptar el entrenamiento o incluso el reclutamiento hacia características físicas que maximicen la eficiencia.

La relación entre la capacidad explosiva en saltos y el rendimiento en sprints sugiere que pruebas de potencia en salto, como el Squat Jump (SJ) y el Countermovement Jump (CMJ), pueden ser útiles para evaluar y monitorear el potencial de los ciclistas en pruebas de velocidad. Incorporar estos saltos en las evaluaciones de rutina permitiría identificar mejoras en la potencia de piernas, lo que podría traducirse en un mejor rendimiento en pista.

## AGRADECIMIENTOS

A los deportistas y entrenador.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aragón, L. F. (2000). Evaluation of Four Vertical Jump Tests: Methodology, Reliability, Validity, and Accuracy. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 4(4), 215–228. [https://doi.org/10.1207/S15327841MPEE0404\\_2](https://doi.org/10.1207/S15327841MPEE0404_2)
2. Aritan, S. (2015). Biomechanical Measurement Methods to Analyze the Mechanisms of Sport Injuries. *Sports Injuries: Prevention, Diagnosis, Treatment and Rehabilitation, Second Edition*, September, 3085–3096. [https://doi.org/10.1007/10.1007/978-3-642-36569-0\\_249](https://doi.org/10.1007/10.1007/978-3-642-36569-0_249)
3. Bar-Or O. (1987). The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 4(6), 381–394. <https://doi.org/10.2165/00007256-198704060-00001>
4. Behm, D. G., & Chaouachi, A. (2011). A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European journal of applied physiology*, 111(11), 2633–2651. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1879-2>
5. Bosco, C. (1999). Strength assessment with the Bosco's test. Italian Society of Sport Science.
6. Castillo, D., Cámara, J., Castellanos, G., Yanci, J., & Weston, M. (2021). Validity and reliability of an accelerometer-based contact mat for jump performance assessment. *Biology of Sport*, 38(2), 207–213.
7. Chen, L., & Huang, J. Z. (2012). Sparse reduced-rank regression for simultaneous dimension reduction and variable selection. *Journal of the American Statistical Association*, 107(500), 1533–1545. <https://doi.org/10.1080/01621459.2012.734178>
8. Copic, N., Dopsai, M., Ivanovic, J., Nesic, G., 6 Jaric, S. (2014). Body composition and muscle strength predictors of jumping performance: Differences between elite female volleyball competitors and nontrained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2709–2716. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000468>
9. Corbett, J. (2009). An analysis of the pacing strategies adopted by elite athletes during track cycling. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4(2), 195–205. <https://doi.org/10.1123/ijspp.4.2.195>
10. Corso, M. (2018). Developmental changes in the youth athlete: Implications for movement, skills acquisition, performance and injuries. *Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 62(3), 150–160.
11. Dorel, S., Hautier, C. A., Rambaud, O., Rouffet, D., Van Praagh, E., Lacour, J. R., & Bourdin, M. (2005). Torque and power-velocity relationships in cycling: Relevance to track sprint performance in world-class cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, 26(9), 739–746. <https://doi.org/10.1055/s-2004-830493>
12. Gleim G. & McHugh, M. (1997) Flexibility and its effects on sports injury and performance.



- Sports Medicine, 24(5), 289-299.  
<https://doi.org/10.2165/00007256-199724050-00001>
13. Holliday, W., & Swart, J. (2021). Performance variables associated with bicycle configuration and flexibility. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(3), 312-317.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.10.012>
  14. Kahraman, M. Z., & Okut, S. (2025). The relationship between body composition parameters, anaerobic power, and jumping performance in basketball players. *Physical Education of Students*.  
<https://doi.org/10.15561/20755279.2025.0107>
  15. Kordi, M., Menzies, C., & Parker Simpson, L. (2018). Relationship between power-duration parameters and mechanical and anthropometric properties of the thigh in elite cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, 118(3), 637-645.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-018-3807-1>
  16. Kumar, V., & Singh, A. (2019). Anthropometric and body composition differences in sprint and endurance cyclists. *International Journal of Yogic, Human Movement and Sports Sciences*, 4(1), 1010-1016.
  17. Lewandowski, A., Kowalewski, M., Kowalik, T., & Piekorz, Z. (2018). Morphological characteristics and power output in professional road cyclists during the competition phase. *Biomedical Human Kinetics*, 10(1), 150-156.  
<https://doi.org/10.1515/bhk-2018-0022>
  18. Lewis, M. D., Young, W. B., Knapstein, L., Lavender, A., & Talpey, S. W. (2022). Countermovement jump variables not tensiomyography can distinguish between sprint and endurance focused track cyclists. *Biology of Sport*, 39(1), 67-72.  
<https://doi.org/10.5114/biolSport.2022.103572>
  19. Mahajan, U., Krishnan, A., Malhotra, V., Sharma, D., & Gore, S. S. (2020). Predicting competitive weightlifting performance using regression and tree-based algorithms. En M. R. Syed, & Z. Zhao (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Innovative Computing and Communications* (pp. 397-415). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-3383-9\\_36](https://doi.org/10.1007/978-981-15-3383-9_36)
  20. Marfell-Jones, M., Stewart, A., & de Ridder, J. (2012). *International Standards for Anthropometric Assessment*. ISAK.
  21. Orejuela-Aristizábal, D. F., Gaviria-Chavarro, J., Caicedo-Rodríguez, Y. S., & Rojas-Padilla, I. C. (2024). Determining Factors in the Performance of Track Cyclists With Projection To the Colombian Selection. *Journal of Sport and Health Research*, 16(3), 413-426.  
<https://doi.org/10.58727/jshr.102243>
  22. Robert, P., Cirer-Sastre, R., López-Laval, I., Matas-García, S., Álvarez-Herms, J., Julià-Sánchez, S., & Corbi, F. (2020). Relación entre capacidad de salto y rendimiento en ciclismo de BMX. *Apunts: Educació Física i Esports*, 140, 37-43.  
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db=s3h&AN=142525521&site=ehost-live>
  23. Stone H., M., Sands A., W., Carlock L., J., Callan L., S., Dickie L., D., Daigle L., K., Cotton L., J., Smith L., S., & Hartman L., M. (2004). The Importance of Isometric Maximum Strength and Peak Rate-of-Force Development in Sprint Cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(4), 878-884.
  24. Tofari, P. J., Cormack, S. J., Ebert, T. R., Gardner, A. S., & Kemp, J. G. (2017). Comparison of ergometer- and track-based testing in junior track-sprint cyclists. Implications for talent identification and development. *Journal of Sports Sciences*, 35(19), 1947-1953.  
<https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1243795>
  25. Van der Zwaard, S., de Ruiter, C. J., Jaspers, R. T., & de Koning, J. J. (2019). Anthropometric clusters of competitive cyclists and their sprint and endurance performance. *Frontiers in Physiology*, 10, 1276.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01276>
  26. Van Hooren, B., & Zolotarjova, J. (2017). The Difference between Countermovement and Squat Jump Performances: A Review of Underlying Mechanisms with Practical Applications. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 2011-2020.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001913>
  27. Vandewalle, H., Peres, G., Heller, J., Panel, J., & Monod, H. (1987). Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(6), 650-656.  
<https://doi.org/10.1007/bf00424805>



28. Vicari, D., Patti, A., Giustino, V., Belmonte, G., Alamia, G., Gervasi, M., et al. (2024). Hamstring and lower back muscles flexibility as predictor of saddle pressures in young off-road cyclists. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 1472550.  
<https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1472550>
29. Wells, K. F., & Dillon, E. K. (1952). The Sit and Reach—A Test of Back and Leg Flexibility. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 23(1), 115–118.  
<https://doi.org/10.1080/10671188.1952.10761965>