

**Relación entre la producción de fuerza y la
estabilidad durante diferentes progresiones
de ejercicios en polea cónica.**



José Francisco Mora Rubio

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Universidad Miguel Hernández de Elche

Curso académico: 2025–2026

Dr. Rafael Sabido Solana

ÍNDICE

1.	CONTEXTUALIZACIÓN.....	3
2.	MÉTODOS	4
2.1	PARTICIPANTES.....	4
2.2	INSTRUMENTOS DE MEDIDA.....	4
2.3	PROCEDIMIENTO	5
3.	BIBLIOGRAFÍA	9
4.	ANEXOS.....	11



1. CONTEXTUALIZACIÓN

Durante los últimos años, el entrenamiento de fuerza ha adquirido gran relevancia dentro del ámbito de la preparación física en los deportes intermitentes (Suchomel et al., 2016).

Entre las acciones más frecuentes en este contexto destacan las salidas laterales y los cambios de dirección (COD), las cuales requieren una elevada producción de fuerza, potencia y control neuromuscular, especialmente durante las fases de desaceleración y propulsión (de Hoyo et al., 2015; Sheppard & Young, 2006; Dos'Santos et al., 2019). Estos requerimientos del COD aumentan cuando el movimiento se produce de manera inesperada, debido a la necesidad de ajustar rápidamente la frenada, la estabilización y la posterior aceleración (Besier et al., 2001).

Las demandas de fuerza dentro de las diferentes tareas atléticas han sido objeto de estudio a lo largo de los años (Payne et al., 1968). Previos autores (Singh et al., 2025) destacan la reducción del tiempo de contacto, la velocidad lineal de aproximación y salida, los niveles de potencia y la posición del centro de masas como factores determinantes del rendimiento en COD. Las fuerzas verticales y horizontales constituyen indicadores biomecánicos relevantes para el análisis de las demandas mecánicas del COD. Las fuerzas verticales hacen referencia a la componente de la fuerza de reacción del suelo orientada perpendicularmente a la superficie de apoyo, mientras que las fuerzas horizontales se relacionan con la componente anteroposterior y mediolateral aplicada sobre el suelo. Las variables mecánicas del COD han sido previamente estudiadas (Dos'Santos et al., 2017), viéndose que mayores fuerzas horizontales de frenado en el penúltimo apoyo y mayores fuerzas horizontales en el apoyo final mejoran el rendimiento del COD. Por otro lado, menores fuerzas verticales de impacto favorecen una desaceleración y reorientación más eficiente del movimiento.

Los dispositivos de entrenamiento isoinercial han mostrado una notable relevancia tanto en programas de rendimiento deportivo como en procesos de readaptación de lesiones (Beato et al., 2024). Dentro de estos dispositivos, la polea cónica presenta un interés específico, ya que permite realizar ejercicios en diferentes planos de movimiento, lo que facilita la reproducción de gestos deportivos más específicos (Raya-González et al., 2021). La polea cónica cuenta con un volante de inercia con una cuerda enrollada en una base giratoria, que al traccionar de la misma haciendo la fase concéntrica del movimiento se desenrolla y comienza a enrollarse en el otro sentido, provocando mayor tensión en la fase excéntrica del movimiento para desacelerar el volante. Esta característica resulta especialmente relevante en acciones como el COD, donde la fase excéntrica desempeña un papel importante (Spiteri et al., 2014). Además, la respuesta mecánica del ejercicio puede modificarse mediante variables como la cantidad de inercia utilizada, la velocidad de ejecución, la amplitud del movimiento o la altura de rebobinado de la cuerda, lo que convierte a la polea cónica en una herramienta útil para ajustar el estímulo de entrenamiento en función del objetivo planteado (Sabido et al., 2020; Asencio et al., 2025; Beato et al., 2024).

Aunque estas variables permiten ajustar la carga y orientar el estímulo del entrenamiento, la prescripción y progresión de ejercicios con polea cónica continúa realizándose con criterios poco estandarizados. En concreto, faltan indicadores cuantificables que permitan valorar de forma conjunta la producción de potencia mecánica y las exigencias de estabilidad dinámica durante tareas específicas. Si bien la literatura previa ha analizado la producción de potencia en acciones deportivas como el salto, el sprint o el COD (Buonsenso et al., 2023; Raya-González et al., 2021), el estudio integrado de la potencia mecánica y la estabilidad dinámica en tareas de mayor complejidad motriz sigue siendo limitado. Esta limitación dificulta la selección objetiva de ejercicios en función de las demandas de fuerza y estabilidad acorde a los objetivos del entrenamiento o de la fase de readaptación funcional.

Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo analizar la relación entre la producción de potencia y las demandas de estabilidad dinámica durante dos tipos de salida con polea cónica, salida cerrada y salida abierta, organizadas en diferentes progresiones de menor a mayor complejidad. Con ello, se pretende aportar criterios objetivos que ayuden a optimizar la selección y progresión de ejercicios con dispositivos isoinerciales en el entrenamiento deportivo y la readaptación funcional.

Se hipotetiza que las progresiones que requieran mayores demandas de estabilidad dinámica limitarán la producción de potencia mecánica. Por ello, se espera observar una relación inversa entre las demandas de estabilidad y los valores de potencia generados. De forma exploratoria, podría observarse una respuesta no lineal entre complejidad motriz y potencia, de manera que determinadas progresiones intermedias permitan alcanzar mayores valores de potencia, mientras que las tareas de mayor dificultad reduzcan dicha producción. Con el análisis de datos con placa de fuerzas se estima que cuando hay grandes exigencias de frenado la fuerza vertical en el eje anteroposterior sea alta.

2. MÉTODOS

2.1 PARTICIPANTES

La muestra estuvo compuesta por 12 participantes, 11 hombres y 1 mujer, con una edad media de $24,25 \pm 4,31$ años. A nivel antropométrico, los participantes presentaron un peso medio de $73,23 \pm 8,75$ kg y una altura media de $174,04 \pm 7,07$ cm.

Los criterios de inclusión para la muestra fueron: deportistas que practican regularmente entrenamiento de fuerza y/o algún deporte de carácter intermitente. **Los criterios de exclusión** para la muestra fueron: personas sedentarias, personas con lesiones graves de rodilla, cadera o tobillo en el momento de las mediciones, personas con cualquier tipo de enfermedad crónica o aguda que impidiese un desarrollo seguro de la intervención.

Se indicó a los participantes que no se debía realizar ningún tipo de entrenamiento 72 horas antes de la medición y de no consumir alcohol, cafeína o productos estimulantes en las 24 horas previas a dicho proceso. Todos los participantes recibieron información previa sobre los posibles riesgos derivados de las sesiones del estudio, así como sobre su derecho a retirarse voluntariamente en cualquier momento. Además, firmaron un consentimiento informado (Anexo 1) por escrito, aprobado por el Comité de Ética de la Universidad bajo el código COIR: TFG.GAF.RSSJFM.260509, de acuerdo con la Declaración de Helsinki (2013).

2.2 INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Para el desarrollo del trabajo se usó una polea cónica (VersaPulley, Iberian Sportech, Sevilla, España) provista de seis inercias (0.18706 kg m^2). Esta herramienta disponía de una cuerda de tracción y de un mecanismo de regulación y bloqueo de la cuerda, que permitía ajustar su longitud para adaptar la posición inicial del participante. Además, contaba con un pasador para ajustar la altura de rebobinado de la cuerda.

Se midieron la potencia concéntrica y la excéntrica, así como la relación entre ambas, utilizando un codificador rotacional SmartCoach Power Encoder (Europe AB, Estocolmo, Suecia). Para el análisis se consideraron como variables la potencia concéntrica pico (PPcon), la potencia excéntrica pico (PPecc) y la ratio entre PPcon y PPecc, conocida como sobrecarga excéntrica (EO).

Las fuerzas de reacción se obtuvieron utilizando una plataforma de fuerza Kistler (Winterthur, Suiza, Modelo 9287BA), la cual fue calibrada con el software InstaCal V. 7.62 (Measurement Computing Corporation, Norton, MA, EE. UU.) antes del inicio del protocolo.

En todos los ejercicios se utilizó un cinturón a la altura de L5-S1 debidamente ajustado para que no hubiese interferencia en los datos por movimientos del cinturón durante la ejecución de las tareas.

2.3 PROCEDIMIENTO

DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL



Figura 1. Línea temporal del diseño de intervención.

Los participantes asistieron a dos sesiones de familiarización separadas por 48 horas de descanso y a una sesión de registro de datos a la que fueron sin realizar ningún tipo de entrenamiento las 72 horas anteriores. En la primera sesión de familiarización se midió el 1RM de los participantes en sentadilla paralela. Además, se tomó la altura y el peso de la muestra, aunque el principal objetivo de las sesiones de familiarización fue asegurar que los participantes realizaban una correcta ejecución de los ejercicios en polea cónica (Sabido et al., 2018). Para evitar la variabilidad del sesgo de los datos experimentales, los participantes fueron programados a la misma hora para cada sesión.

Los participantes realizaron un protocolo de calentamiento estandarizado en todas las sesiones. Se realizó un bloque específico de movilidad articular, en este caso, centrados en el tren inferior. Además, se llevaron a cabo ejercicios de activación (isométricos y dinámicos) que preparaban al deportista para el desarrollo de los ejercicios en polea cónica. Para terminar con el proceso de calentamiento, los sujetos practicaban los ejercicios concretos del trabajo en la polea cónica a menor intensidad que en el registro.

En el registro de datos se llevaron a cabo 6 series con cada pierna (12 totales) de 10 repeticiones (8 + 2 de inercia) y 2 minutos de descanso (Beato et al., 2020; McCrary et al., 2015; Vázquez-Romero et al., 2024; Sabido et al., 2018). Todas las series se realizaron en la posición baja y cercana a la base del cono para facilitar que se produjesen mayores picos de potencia máxima concéntrica y excéntrica (Sabido et al., 2020). Todos los participantes se encontraban a 1,5m de la pared aproximadamente durante la realización de las tareas. Todas las series se hicieron aplicando la máxima intencionalidad en la fase concéntrica y retrasando el frenado hasta la parte final del movimiento (Hoyo et al., 2015; Sabido et al., 2020).

Tipos de ejercicios y progresiones:

1. Progresión de salida abierta:

La posición inicial del participante es frente a la polea cónica, con una pierna adelantada en posición de zancada. Esta pierna es la encargada de ejecutar la propulsión y el frenado durante el movimiento. Desde esta posición, el participante realiza una salida con un giro aproximado de 170 grados respecto a la polea. Durante el rebobinado del dispositivo, el participante ejecuta la fase excéntrica del movimiento. El ejercicio se desarrolla principalmente en los planos frontal y vertical, y en los ejes anteroposterior y vertical, debido a la presencia de los movimientos de abducción y rotación. Este gesto presenta una alta similitud con una salida abierta habitual en deportes que implican realizar COD. Los miembros superiores participan de forma coordinativa durante todo el movimiento.

1.1 Zancada frontal estática.



Figura 2. Zancada frontal estática

1.2 Zancada frontal dinámica.



Figura 3. Zancada frontal dinámica

1.3 Salida abierta completa.



Figura 4. Salida abierta completa

2. Progresión de salida cerrada:

Progresión de salida cerrada: La posición inicial del participante se realiza frente a la polea cónica, con una orientación lateral respecto a esta. El pie más cercano a la polea es el encargado de iniciar la acción principal del movimiento. Desde esta posición, el participante realiza una propulsión hacia el interior, generando una aducción del miembro inferior más cercano a la polea. Esta acción finaliza con la ejecución de un paso lateral cruzado. Posteriormente, durante el rebobinado del dispositivo, el participante debe frenar la fase excéntrica del movimiento descrito y estabilizarse para regresar a la posición inicial. El ejercicio se desarrolla principalmente en los planos frontal y vertical, y en los ejes anteroposterior y vertical, debido a la presencia de movimientos de aducción y rotación. Este gesto presenta similitud con una salida cerrada habitual en deportes donde el desplazamiento se inicia mediante un cruce de piernas y una orientación corporal hacia el interior. Los miembros superiores participan de forma coordinativa durante todo el movimiento.

2.1 Zancada lateral estática.



Figura 5. Zancada lateral estática

2.2 Zancada lateral dinámica.



Figura 6. Zancada lateral dinámica

2.3 Salida cerrada completa.



Figura 7. Salida cerrada completa

Los datos fueron analizados utilizando el software SPSS (versión 25, IBM Statistics, Nueva York, EE. UU.). La normalidad fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se realizó una prueba T de muestras repetidas para cada uno de los bloques de acción analizados. El nivel de significación fue establecido en $p < .05$. Por último, se calculó el tamaño del efecto mediante el eta cuadrado parcial (η^2_p) obtenido del ANOVA. Según los umbrales convencionales, el tamaño del efecto se interpretó como pequeño cuando $\eta^2_p \approx 0.01$, medio cuando $\eta^2_p \approx 0.06$ y grande cuando $\eta^2_p \approx 0.14$.

3. BIBLIOGRAFÍA

- Asencio, P., Hernández-Davó, J. L., Beato, M., & Sabido, R. (2025). PAPE effect in female footballers: Analyzing the benefits of different flywheel protocols. *Sports*, 13(11), Article 370. <https://doi.org/10.3390/sports13110370>
- Beato, M., & Dello Iacono, A. (2020). Implementing flywheel (isoinertial) exercise in strength training: Current evidence, practical recommendations, and future directions. *Frontiers in Physiology*, 11, Article 569. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00569>
- Beato, M., de Keijzer, K. L., Muñoz-López, A., Raya-González, J., Pozzo, M., Alkner, B. A., Dello Iacono, A., Vicens-Bordas, J., Coratella, G., Maroto-Izquierdo, S., Gonzalo-Skok, O., McErlain-Naylor, S. A., Martin-Rivera, F., Hernández-Davó, J. L., Suárez-Arrones, L., Sabido, R., de Hoyo, M., Fernández-Gonzalo, R., & Norrbrand, L. (2024). Current guidelines for the implementation of flywheel resistance training technology in sports: A consensus statement. *Sports Medicine*, 54, 541–556. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01979-x>
- Besier, T. F., Lloyd, D. G., Ackland, T. R., & Cochrane, J. L. (2001). Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(7), 1176–1181. <https://doi.org/10.1097/00005768-200107000-00015>
- Buonsenso, A., Centorbi, M., Iuliano, E., Di Martino, G., Della Valle, C., Fiorilli, G., Calcagno, G., & di Cagno, A. (2023). A systematic review of flywheel training effectiveness and application on sport specific performances. *Sports*, 11(4), Article 76. <https://doi.org/10.3390/sports11040076>
- de Hoyo, M., de la Torre, A., Pradas, F., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., & Gonzalo-Skok, O. (2015). Effects of eccentric overload bout on change of direction and performance in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(4), 308–314. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1395521>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Jones, P. A., & Comfort, P. (2017). Mechanical determinants of faster change of direction speed performance in male athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(3), 696–705. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001535>
- Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., & Jones, P. A. (2019). Role of the penultimate foot contact during change of direction: Implications on performance and risk of injury. *Strength and Conditioning Journal*, 41(1), 87–104. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000395>
- McCrary, J. M., Ackermann, B. J., & Halaki, M. (2015). A systematic review of the effects of upper body warm-up on performance and injury prevention outcomes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 950–960. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000762>
- Payne, A. H., Slater, W. J., & Telford, T. (1968). The use of a force platform in the study of athletic activities: A preliminary investigation. *Ergonomics*, 11(2), 123–143. <https://doi.org/10.1080/00140136808930950>
- Raya-González, J., Prat-Luri, A., López-Valenciano, A., Sabido, R., & Hernández-Davó, J. L. (2021). Effects of flywheel resistance training on sport actions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Human Kinetics*, 77(1), 191–204. <https://doi.org/10.2478/hukin-2021-0020>

- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., & Pereyra-Gerber, G. T. (2018). Influence of different inertial loads on basic training variables during the flywheel squat exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(4), 482–489. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0282>
- Sabido, R., Hernández-Davó, J. L., García-Valverde, A., Marco, P., & Asencio, P. (2020). Influence of the strap rewind height during a conical pulley exercise. *Journal of Human Kinetics*, 74, 109–118. <https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0018>
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24(9), 919–932. <https://doi.org/10.1080/02640410500457109>
- Singh, U., Leicht, A. S., Connor, J. D., Brice, S. M., Alves, A., & Doma, K. (2025). Biomechanical determinants of change of direction performance: A systematic review. *Sports Medicine*, 55, 2207–2224. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02278-3>
- Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., & Newton, R. U. (2014). Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(9), 2415–2423. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000547>
- Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The importance of muscular strength in athletic performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>
- Vázquez-Romero, J., Núñez-González, J. L., Valenzuela Barrero, C., Hernández Abad, F., & Núñez, F. J. (2024). The effects of flywheel training with a portable device on physical performance in soccer players. *Applied Sciences*, 14(24), Article 11857. <https://doi.org/10.3390/app142411857>
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>

4. ANEXOS



CONSENTIMIENTO INFORMADO.

Estimado participante, se solicita su colaboración en un estudio de investigación sobre el movimiento humano en el estudio con código COIR TFG.GAF.RSS.JFM.260509: *Relación entre la producción de fuerza y la estabilidad durante diferentes progresiones de ejercicios en polea cónica*

Para ello, se realizará distintas pruebas de condición física, se entrenará durante tres días no consecutivos y se analizarán los datos. El protocolo se desarrollará en tres sesiones (dos de familiarización y una de registro de datos). Ninguna prueba tiene un carácter invasivo o agresivo, ni supone algún riesgo para la salud. Durante la realización del estudio se recogerán imágenes y filmaciones de las distintas pruebas.

Los resultados de esta investigación pueden ser publicados en revistas científicas o ser presentados en congresos, pero su imagen o identidad no será divulgada en ningún momento.

Yo _____, con D.N.I. _____.

He leído la hoja con la información que se me ha entregado.

- He podido hacer preguntas sobre el estudio.
- He recibido suficiente información sobre el estudio.
- He hablado con los investigadores del estudio.

COMPRENDO QUE MI PARTICIPACIÓN ES VOLUNTARIA Y QUE PUEDO RETIRARME DEL ESTUDIO:

- Cuando quiera.
- Sin tener que dar explicaciones.

PRESTO LIBREMENTE MI CONFORMIDAD PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO.

DATOS DESCRIPTIVOS:

Edad: _____ Peso: _____ Altura: _____ Lateralidad: _____

Modalidad deportiva (años de experiencia y frecuencia de entrenamiento):

FECHA

FIRMA