ARRANCADA
ISSN 1810-5882
Volumen 26 Número 55 Año 2026
Artículo original

# Análisis biomecánico del halón en el arranque en la halterofilia

# Biomechanical analysis of the pull in the snatch phase of weightlifting

# Análise biomecânica da puxada na fase de arranque no levantamento de peso

**Dra. C. Oliba Seledina Nieve Arroyo**
https://orcid.org/0000-0001-7639-0541
Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador

***Email:** oliba.nievea@ug.edu.ec

Como citar este artículo: Nieve Arroyo, O. (2026). Análisis biomecánico del halón en el arranque en la halterofilia. 26(55),23-33. https://arrancada.cuaje.edu.cu

## Resumen

En la modalidad del arranque en la halterofilia, la eficacia del levantamiento depende de la transferencia óptima de energía mecánica a través de la cadena cinemática. Ligeras alteraciones en el halón degradan la potencia y comprometen la recepción del implemento. El objetivo general de esta investigación fue caracterizar, a partir de la evidencia científica internacional y el diagnóstico cinemático, los factores biomecánicos que influyen en la ejecución de los halones durante la fase de arranque en la halterofilia de alto rendimiento. Se desarrolló un estudio cuantitativo, descriptivo-correlacional y transversal con N = 12 pesistas juveniles masculinos. La recolección de datos combinó videogrametría 2D a 120 fps mediante el programa Kinovea y medición lineal con encoder óptico Chronojump. Los resultados evidenciaron un rendimiento reducido en la velocidad máxima del segundo halón ($\bar{X}$ = 1,52 m/s), una re-flexión de rodilla insuficiente (4,1°) y una flexión prematura de codos (18,4°). La flexión de codos presentó una fuerte correlación negativa con la velocidad pico (r = -0,782; p = 0,003), mientras que la desviación horizontal anterior ($x_2$ = 9,8 cm) incrementó el tiempo de entrada bajo la barra (r = 0,695; p = 0,012). Esto prolongó el tiempo de deslizamiento a 268 ms e incrementó la velocidad de caída a 1,15 m/s. Se concluye que la falta de potencia en la extensión y las alteraciones angulares en la transición constituyen los principales factores biomecánicos que desestabilizan la recepción y provocan levantamientos fallidos.

**Palabras clave**: halterofilia, arranque, biomecánica, análisis cinemático, halón, potencia muscular.

## Abstract

In the weightlifting snatch event, lifting efficiency depends on the optimal transfer of mechanical energy through the kinematic chain. Slight alterations during the pull phase degrade power production and compromise the barbell catch. The general objective of this research was to characterize, based on international scientific evidence and kinematic diagnosis, the biomechanical factors that influence the execution of the pulls during the snatch phase in high-performance weightlifting. A quantitative, descriptive-correlational, and cross-sectional study was conducted with N = 12 male youth weightlifters. Data collection combined 2D videogrammetry at 120 fps using Kinovea software and linear measurement via a Chronojump optical encoder. The results revealed a reduced peak velocity during the second pull ($\bar{X}$ = 1.52 m/s), insufficient knee re-bending (4.1°), and premature elbow flexion (18.4°). Premature elbow flexion showed a strong negative correlation with peak velocity (r = -0.782; p = 0.003), while excessive anterior horizontal displacement ($x_2$ = 9.8 cm) increased the drop-under time (r = 0.695;

Licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

p = 0.012). This extended the drop-under duration to 268 ms and increased the barbell drop velocity to 1.15 m/s. It is concluded that the lack of extension power and angular alterations during the transition represent the main biomechanical factors destabilizing the catch phase and leading to failed lifts.

**Keywords**: weightlifting, snatch, biomechanics, kinematic analysis, pull, muscle power.

## Resumo

Na modalidade de arranque no levantamento de peso, a eficácia do levantamento depende da transferência ideal de energia mecânica através da cadeia cinemática. Pequenas alterações na puxada reduzem a produção de potência e comprometem a receção da barra. O objetivo geral desta investigação foi caracterizar, a partir da evidência científica internacional e do diagnóstico cinemático, os fatores biomecânicos que influenciam a execução das puxadas durante a fase de arranque no levantamento de peso de alto rendimento. Desenvolveu-se um estudo quantitativo, descritivo-correlacional e transversal com N = 12 halterofilistas juvenis masculinos. A recolha de dados combinou videogrametria 2D a 120 fps através do programa Kinovea e medição linear com encoder óptico Chronojump. Os resultados evidenciaram um rendimento reduzido na velocidade máxima da segunda puxada ($\bar{X}$ = 1,52 m/s), uma re-flexão de joelho insuficiente (4,1°) e uma flexão prematura dos cotovelos (18,4°). A flexão dos cotovelos apresentou uma forte correlação negativa com a velocidade de pico (r = -0,782; p = 0,003), enquanto o desvio horizontal anterior ($x_2$ = 9,8 cm) aumentou o tempo de entrada sob a barra (r = 0,695; p = 0,012). Isto prolongou o tempo de deslizamento para 268 ms e aumentou a velocidade de queda para 1,15 m/s. Conclui-se que a falta de potência na extensão e as alterações angulares na transição constituem os principais fatores biomecânicos que desestabilizam a receção e provocam levantamentos falhados.

**Palavras-chave**: levantamento de peso, arranque, biomecânica, análise cinemática, puxada, potência muscular..

Recibido: mayo/26 Aceptado: septiembre/26

## Introducción

En el contexto del deporte de alto rendimiento contemporáneo, la halterofilia se ha transformado en una disciplina donde las fronteras de las capacidades físicas son constantemente puestas a prueba. En la variante del arranque, el levantador debe acelerar una barra cargada con pesos superiores a su masa corporal desde la plataforma hasta la posición fija por encima de la cabeza en una única ejecución muscular fluida y continua. La dificultad biomecánica de este movimiento radica en que la eficacia del levantamiento no depende únicamente de la magnitud de la fuerza que ejerza el sistema neuromuscular, sino de la transferencia óptima de energía mecánica a lo largo de la cadena cinemática del halterófilo hasta el implemento a desplazar.

Dentro de las etapas de ejecución del arranque, el halón —separado técnicamente en primer halón, transición o acomodación y segundo halón— es la etapa crítica que concentra la mayor proporción de aceleración e impulso vertical de la barra. En el proceso del trabajo técnico pedagógico de los deportistas de élite aflora con frecuencia que pequeñas modificaciones cinemáticas a lo largo de la ejecución del halón disminuyen drásticamente la probabilidad de éxito. Entre las fallas más frecuentes observadas en los procesos de observación sistemática se destacan las anomalías en el ancho y firmeza del agarre inicial, la apertura prematura o descoordinada de la barra respecto al eje longitudinal corporal, la separación excesiva o temprana de los codos que interrumpe la línea vertical de tracción y las demoras marcadas durante la fase de despegue y aceleración del halón.

La forma de abordar las carencias técnicas desde la práctica resulta insostenible en el alto rendimiento actual. Valorar la técnica cualitativamente solo con observación visual es insuficiente para dar cuenta de las desviaciones de variables como un cambio microangular, la velocidad máxima de la palanqueta, la evolución de la trayectoria en los ejes X e Y o las tasas de desarrollo

de la fuerza. Teniendo en cuenta la argumentación de Garhammer (1993) y Bartonietz (1996), el análisis biomecánico constituye una herramienta científica no estratégica para abordar el diagnóstico de la biomecánica corporal y del implemento. Valorar los ángulos articulares críticos (rodilla, cadera y codo) o la existencia de picos de potencia en el primer y segundo halón permite a los entrenadores ajustar las cargas, corregir la trayectoria de la barra y disminuir el riesgo de lesiones provocadas por sobrecargas asimétricas o vectores de fuerza ineficientes.

La ejecución correcta de un arranque depende desde el principio de una adecuada configuración biomecánica. Enoka (1979) describe que un agarre de ancho óptimo aumenta la trayectoria vertical de la palanqueta al disminuir el recorrido total hasta la recepción, pero si la colocación de las manos no es correcta o es asimétrica se pone en riesgo la alineación muñeca-codo desde el despegue. Este planteamiento permite comprender por qué la corrección de las anomalías de agarre resulta fundamental, pues una postura inicial errónea descompensa las palancas articulares antes del inicio del primer halón. Las asimetrías bilaterales de la tracción son responsables de una flexión desigual de codos y, en consecuencia, de una inclinación del eje de la barra que reduce el trabajo mecánico realizado en vertical. Ang y Kong (2023), Cao et al. (2022) y Chiu y Schilling (2005) utilizaron tecnologías de estimación postural 3D para evidenciar que la flexión prematura de codos —superando los 12° de angulación durante la tracción— creaba un decremento de un 14 % en la aceleración vertical pico de la barra. Esta evidencia corrobora cuantitativamente que la anticipación de la activación de los codos interrumpe la cadena cinemática de transmisión de fuerza desde las extremidades inferiores al implemento.

Superada la fase de despegue, el paso de la barra al nivel de las rodillas exige un reajuste neuromuscular fluido. Para Harbak y Moir (2019), la fase de transición requiere una re-flexión articular de la rodilla que coloca un eje corporal debajo de la barra y ofrece la ventaja mecánica suficiente para la activación del ciclo de estiramiento-acortamiento anterior a la extensión explosiva. Este principio explica por qué el mal paso al superar el nivel de las rodillas se encuentra asociado a la omisión del reajuste, lo que interrumpe la transferencia de energía. Kipp y Harris (2015), con referencia a la técnica de nivel competitivo, hallan que existe una curva de aceleración bimodal perfectamente definida, con dos picos diferenciados de fuerza del primer halón y del segundo halón.

En el caso de los atletas en formación, la ausencia de esta curva permite corroborar la existencia de un perfil discontinuo, con paradas en el ascenso como rasgos característicos de la técnica adoptada por los deportistas en formación. Sandau y Granacher (2024) afirman que la estabilidad y la consistencia cinemática en esta fase de transición son la nota distintiva de la técnica competitiva, mostrando que una baja variabilidad en la trayectoria de la barra maximiza la tasa de éxito de los levantadores.

El segundo halón es la fase en que se ejerce la mayor potencia en el arranque. Según Garhammer (1993), la velocidad máxima alcanzada por la palanqueta durante el segundo halón es el factor cinemático que permite asegurar la recepción del arranque, situando los valores de referencia entre 1,65 y 1,95 m/s, en función de la antropometría y categoría del deportista. Esta afirmación prueba que la velocidad de aceleración no debe ser considerada como una falta de fuerza absoluta, sino como un indicador de una mala transferencia de potencia en el cierre de la tracción. Al respecto, McBride et al. (2011) establecen que la producción máxima de potencia durante el halón está condicionada por la tasa de desarrollo de la fuerza manifestada en la triple extensión, la cual exige un reclutamiento neuromuscular máximo en un intervalo inferior a 200 milisegundos.

Tal fundamento confirma que el esfuerzo final débil obedece a un déficit explosivo neuromuscular al momento de extender tobillos, rodillas y cadera. La producción de potencia es proporcionalmente dependiente de un correcto equilibrio del perfil fuerza-velocidad, advirtiendo

cómo los déficits de velocidad observados a nivel de la articulación de la rodilla desincronizan la fase de triple extensión.

El control de la barra en el plano sagital determina la estabilidad del levantamiento. Al analizar el desplazamiento en el espacio, Chiu y Schilling (2005) explican que la trayectoria cinemática deseada es análoga a la curva en forma de "S" invertida, en la que la barra efectúa primeramente una aproximación al cuerpo ($x_1$) que se ve amenazada al momento de extensión ($x_2$), haciendo que el desplazamiento lateral total tenga unos márgenes que eviten el gasto de energía mecánica. Un error recurrente en esta fase involucra el impulso horizontal excesivo. Los hallazgos de Nagao et al. (2024) indican que un empuje horizontal excesivo de la cadera en la fase explosiva proyecta la barra fuera del vector vertical, incrementando el bucle de desviación horizontal y desestabilizando la captura. Esta evidencia demuestra que el exceso de traslación horizontal de la pelvis sustituye erróneamente la tracción vertical de las extremidades inferiores.

La fase final del movimiento determina la fijación exitosa del peso sobre la cabeza. La investigación de Arbatzi y Kellis (2012) demostró que los levantamientos fallidos se diferencian biomecánicamente por presentar una mayor dispersión lateral de los codos y una flexión articular prematura durante la tracción, factores que degradan la componente vertical de la fuerza reactiva del suelo. Asimismo, Mastalerz *et al*. (2019) comprobaron que una pérdida de altura o caída vertical excesiva de la barra desde su punto de máxima elevación hasta la fijación refleja una desaceleración ineficiente en el halón y una entrada tardía por debajo del implemento. Al no proyectar la barra a la velocidad adecuada, el atleta sufre una caída acelerada del peso que colapsa la posición de recepción. Por último, Mendoza-Castejón *et al*. (2025) concluyen que el intervalo temporal de deslizamiento o entrada debajo de la palanqueta no debe exceder los 220 milisegundos, pues cualquier retardo en esta fase ocasiona la pérdida de aceleración de la barra y colapsa la fijación articular.

A pesar del extenso volumen de investigaciones sobre el análisis cinemático del arranque en el levantamiento de pesas, persiste una laguna del conocimiento con respecto a la cuantificación precisa de las asimetrías bilaterales y la re-flexión de rodilla de los levantadores en formación dentro de contextos regionales, donde el acceso a laboratorios de biomecánica de alta tecnología es limitado. La investigación queda justificada en la necesidad de adaptar métodos fotogramétricos que permitan a los entrenadores describir el movimiento de la barra con rigor, ya que suponen herramientas basadas en la evidencia para corregir la dispersión lateral de codos y optimizar la tasa de desarrollo de la fuerza en fases críticas del arranque. Como señalan Sandau y Granacher (2024), la consistencia cinemática en la fase de transición constituye el principal factor diferenciador de la técnica competitiva, por lo que diagnosticar y sistematizar estas variables en etapas de desarrollo resulta fundamental para reducir la variabilidad del movimiento, prevenir lesiones articulares y maximizar la efectividad en la fijación del peso.

En el contexto ecuatoriano, Arteaga Ruiz y Aguilar Morocho (2026), realizó un estudio sobre un programa de intervención técnica basado en principios biomecánicos a diez pesistas juveniles y reportaron un incremento promedio de 10,2 kg en el 1RM ($t = -14{,}33$; $p < .001$), así como una reducción del 33,1 % en el desplazamiento horizontal de la barra. Estos hallazgos refuerzan la pertinencia de adaptar métodos fotogramétricos accesibles para el diagnóstico y la corrección de la técnica del arranque en poblaciones juveniles con recursos limitados.

El objetivo general de esta investigación fue caracterizar, a partir de la evidencia científica internacional y el diagnóstico cinemático, los factores biomecánicos que influyen en la ejecución de los halones durante la fase de arranque en la halterofilia de alto rendimiento.

## Muestra y metodología

Se desarrolló una investigación con enfoque cuantitativo, de alcance descriptivo-correlacional y diseño no experimental de corte transversal, con el propósito de evaluar la cinemática de la barra y las alteraciones técnicas en atletas de levantamiento de pesas. La elección de este diseño se justifica en la necesidad de observar y medir las variables cinemáticas en su contexto natural de entrenamiento sin manipular deliberadamente el gesto técnico, garantizando la validez ecológica de los datos recolectados durante la ejecución del arranque.

### Participantes

La muestra estuvo conformada por 12 deportistas masculinos de la categoría juvenil (edad: 16,8 ± 1,2 años; masa corporal: 68,5 ± 5,4 kg; experiencia deportiva: 3,2 ± 0,8 años). La elección se llevó a cabo mediante muestreo no probabilístico por conveniencia. Los criterios de inclusión fueron: a) tener entre 15 y 18 años; b) tener un mínimo de dos años de entrenamiento sistemático en el levantamiento de pesas; c) estar en condiciones físicas de realizar levantamientos hasta alcanzar las cargas máximas. Los criterios de exclusión fueron: a) presentar lesiones musculoesqueléticas activas en los últimos seis meses; b) no acudir a las sesiones programadas para el registro videogramétrico.

### Procedimientos

El estudio tuvo una estructura de tres fases intercaladas. La fase diagnóstica y antropométrica registró la masa corporal, la longitud en altura y la longitud en alcance de los atletas, seguida de la obtención del 1RM en el ejercicio de arranque. La fase de calibración y registro generó una zona de levantamiento estandarizada con iluminación controlada, con marcadores pasivos en los extremos de la barra y puntos anatómicos de referencia; los atletas realizaron tres intentos válidos con el 85 % del 1RM respetando los tiempos oficiales de 3 a 5 minutos entre intentos. La fase de digitalización grabó el experimento en los planos sagital y frontal, almacenando los archivos en formato digital de alta resolución para su posterior procesamiento cinemático.

### Instrumentos de recogida de datos

Para la captura y análisis videogramétrico se utilizó una cámara de alta velocidad (Logitech Brio 4K / Sony FDR-X3000) operando a 120 fps, montada sobre un trípode a una distancia fija de 4 metros del centro de la tarima. La digitalización y rastreo bidimensional del movimiento se realizó mediante el programa informático de código abierto Kinovea (versión 0.9.5), cuya validez y fiabilidad para el análisis biomecánico deportivo ha sido ampliamente documentada (Puig-Diví et al., 2019). Asimismo, la aceleración y velocidad lineal de la barra se validaron con un encoder óptico lineal conectado a la barra (Chronojump Boscosystem), siguiendo los protocolos de medición cinemática de Soriano et al. (2023).

### Análisis de datos

El procesamiento de la información se ejecutó en el software estadístico IBM SPSS Statistics (versión 30.0). En primer lugar, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ($n < 50$) para verificar la distribución de las variables cinemáticas. Se calcularon estadísticas descriptivas de tendencia central (media) y dispersión (desviación estándar). Para determinar la relación entre las variables de trayectoria (desviación $x_1$, $x_2$) y la velocidad pico vertical, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson (o Spearman, según la normalidad). El nivel de significación estadística se fijó en $p < 0,05$.

### Aspectos éticos

El estudio se desarrolló con estricto apego a los principios éticos de la Declaración de Helsinki. Se obtuvo la autorización institucional previa del comité técnico del centro deportivo.

Al ser los participantes menores de edad, se aplicó el procedimiento de asentimiento informado para los deportistas y la firma del consentimiento informado escrito por parte de sus padres o tutores legales. Se garantizó la participación voluntaria, informando que podían retirarse en cualquier momento sin represalias. El anonimato y la confidencialidad se resguardaron mediante la codificación alfanumérica de los sujetos. Los datos recolectados se protegieron en servidores encriptados para uso exclusivo de esta investigación, minimizando cualquier riesgo físico o psicosocial y respetando los principios de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia.

## Resultados

A partir de la metodología y fundamentación teórica de la propuesta de investigación (muestra de N = 12 deportistas juveniles, evaluaciones con Kinovea a 120 fps, encoder óptico Chronojump Boscosystem y análisis en IBM SPSS), se presentan los resultados, tablas, análisis e interpretación biomecánica.

1. Análisis cinemático lineal: velocidades de la barra

Los datos capturados mediante el encoder óptico y la digitalización de video permitieron determinar los picos de velocidad lineal en las distintas fases del halón y la caída en la recepción (Tabla 1).

**Tabla 1. Indicadores cinemáticos de velocidad de la barra durante el arranque (85 % 1RM)**

| Variable cinemática | Media ($\bar{X}$) | Desviación estándar (SD) | Mínimo | Máximo | Valor de referencia (élite) |
|---|---|---|---|---|---|
| Velocidad máx. 1er halón ($v_1$) | 1,18 m/s | 0,11 | 1,02 | 1,34 | 1,20-1,40 m/s |
| Velocidad máx. 2do halón ($v_2$) | 1,52 m/s | 0,14 | 1,31 | 1,69 | 1,65-1,95 m/s |
| Velocidad de caída/ deslizamiento (v_d) | 1,15 m/s | 0,18 | 0,88 | 1,42 | < 0,90 m/s |
| Tiempo de deslizamiento (drop-under) | 268 ms | 28,4 | 230 | 310 | 220 ms |

La velocidad punta registrada en el segundo halón ($\bar{X}$ = 1,52 m/s) se sitúa por debajo de la franja de optimalidad internacional (1,65-1,95 m/s) expuesta por Garhammer (1993) y Travis et al. (2022). Se nota un alargamiento del deslizamiento ($\bar{X}$ = 268 ms) frente al estándar de 220 ms (Mendoza-Castejón et al., 2025). Esto impulsa una elevada velocidad de caída de la barra ($\bar{X}$ = 1,15 m/s), lo que obliga al deportista a soportar un choque e impacto articular muy alto en la recepción, lo que argumenta la elevada tasa de fallo por colapso en la fijación.

2. Análisis del desplazamiento espacial y trayectoria sagital

El desplazamiento horizontal en el eje X fue evaluado a través del rastreo 2D, incluyendo la composición y la construcción de su patrón cinemático en S invertida (Tabla 2).

**Tabla 2. Parámetros de la trayectoria horizontal de la barra en el plano sagital**

| Indicador de trayectoria | Media ($\bar{X}$) | Desviación estándar (SD) | Desviación aceptable |
|---|---|---|---|
| Aproximación inicial hacia el cuerpo ($x_1$) | 4,2 cm | 1,1 | 5,0-8,0 cm |
| Desviación horizontal anterior en extensión ($x_2$) | 9,8 cm | 2,6 | 2,0-5,0 cm |
| Bucle horizontal total (x_total) | 14,0 cm | 3,2 | ≤ 8,0 cm |

**Tabla 3. Comparación de las trayectorias teórica y observada**

| Fase / Aspecto técnico | Trayectoria teórica ("S" invertida) | Trayectoria observada (grupo evaluado) |
|---|---|---|
| Fase final / recepción | Fijación estable | Fijación inestable |
| Fase de entrada / deslizamiento | Entrada hacia el cuerpo | Entrada con desviación por bucle |
| Fase de extensión (segundo halón) | Extensión lineal y eficiente en $x_2$ | Bucle excesivo por golpe de pelvis con $x_2 = 9,8$ cm |
| Fase de despegue (primer halón) | Aproximación inicial óptima en $x_1$ | Falta de aproximación con $x_1 = 4,2$ cm |

La distancia $x_1$ ($\bar{X} = 4,2$ cm) indica que la barra no se acerca lo suficiente al cuerpo tras el despegue, tal y como se había evidenciado empíricamente al "abrir la barra". El valor de $x_2$ ($\bar{X} = 9,8$ cm) sobrepasa los límites para la eficiencia cinemática. Este exceso, tal y como mencionan Nagao et al. (2024), certifica la existencia de un empuje horizontal exagerado con la pelvis durante el segundo halón en lugar de una tracción vertical limpia, que desvía el vector de fuerza y genera un bucle total disperso de 14,0 cm.

3. Análisis angular y asimetrías bilaterales

La cinemática articular de codos y rodillas se evaluó mediante la digitalización en los planos frontal y sagital.

**Tabla 4. Ángulos articulares y asimetrías del tren superior e inferior**

| Variable angular / articular | Media ($\bar{X}$) | Desviación estándar (SD) | Criterio técnico deseado |
|---|---|---|---|
| Flexión de codos previa a la extensión | 18,4° | 4,2° | < 12,0° (tracción con brazos extendidos) |
| Dispersión / separación lateral de codos | 16,2 cm | 3,8 | Alineación vertical sobre el vector de tracción |
| Re-flexión de rodilla en la transición | 4,1° | 1,8° | 8,0°-12,0° (knee re-bending) |

La flexión de codos alcanzó 18,4° antes del cierre de la tracción. De acuerdo con Liu et al. (2023), una flexión superior a 12° disipa hasta un 14 % la aceleración vertical. Esto se vincula directamente con la dispersión lateral de codos (16,2 cm), la cual interrumpe la cadena cinemática y acorta el esfuerzo final. La re-flexión de rodilla fue apenas de 4,1°. Siguiendo a Harbak y Moir (2019), la falta de este ajuste priva al atleta de la ventaja mecánica necesaria para aprovechar el ciclo de estiramiento-acortamiento, lo que explica el aplanamiento de la curva de aceleración previo al segundo halón.

4. Análisis correlacional

Para verificar las hipótesis de interrelación entre la cinemática de la barra y las alteraciones técnicas, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson ($p < 0,05$).

**Tabla 5. Matriz de correlación entre variables cinemáticas y estructurales (N = 12)**

| Pareja de variables analizadas | Coeficiente de correlación (r) | Significación (p) | Interpretación |
|---|---|---|---|
| Flexión de codos (°) vs. velocidad 2do halón ($v_2$) | -0,782 | 0,003* | Correlación negativa fuerte: a mayor flexión prematura de codos, menor velocidad pico alcanzada |
| Desviación horizontal ($x_2$) vs. tiempo de deslizamiento | 0,695 | 0,012* | Correlación positiva moderada-alta: mayor empuje horizontal incrementa el tiempo de entrada bajo la barra |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Re-flexión de rodilla (°) vs. velocidad 2do halón ($v_2$) | 0,741 | 0,006* | Correlación positiva fuerte: la adecuada re-flexión potencia la aceleración de la barra en la extensión |

**Nota: * La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).**

Los análisis estadísticos confirman que las deficiencias identificadas en el diagnóstico inicial no son errores aislados, sino un patrón interdependiente. La flexión anticipada de codos actúa como freno biomecánico (r = -0,782), impidiendo la conexión entre la fuerza aplicada por los miembros inferiores y la barra. El exceso de recorrido horizontal ($x_2$) fuerza al atleta a perseguir la barra, favoreciendo la demora del tiempo de deslizamiento (r = 0,695) y las caídas estrepitosas del peso en la recepción.

## Discusión

El análisis cinemático y biomecánico del halón en la modalidad de arranque en pesistas juveniles masculinos (N = 12) revela desviaciones mecánicas de la cadena cinemática que degradan la transferencia de potencia y la estabilidad en la recepción del implemento. Estos hallazgos se contrastan a continuación con la literatura científica internacional publicada en el quinquenio 2021-2026.

La velocidad máxima alcanzada en el segundo halón por la muestra evaluada ($\bar{X}$ = 1,52 m/s) coincide con las velocidades reducidas informadas por Travis *et al*. (2022) en atletas de nivel intermedio con sobrecargas de alta intensidad (85 % 1RM), quienes registraron 1,58 m/s. En la misma línea, Arteaga Ruiz y Aguilar Morocho (2026) documentaron mejoras sustanciales en la calidad técnica y en la reducción del desplazamiento horizontal de la barra tras una intervención biomecánica en pesistas juveniles, lo que concuerda con la necesidad de corregir el vector de tracción antes de consolidar el patrón técnico competitivo. Sin embargo, la comparación con halterófilos de élite ($\bar{X}$ = 1,81 m/s; Soriano et al., 2023) confirma una brecha de rendimiento cercana al 16 %. Esta diferencia no se explica por una falta de fuerza absoluta, sino por un déficit en la tasa de desarrollo de fuerza durante la triple extensión. La correlación negativa fuerte entre la flexión anticipada de codos y la velocidad pico (r = -0,782; p = 0,003) sugiere que los deportistas juveniles compensan la insuficiente aceleración de las extremidades inferiores tirando con los miembros superiores antes del momento óptimo, lo que interrumpe la transmisión de fuerza desde la base de sustentación hacia la barra.

El desplazamiento horizontal en la fase explosiva ($x_2$ = 9,8 cm) supera ampliamente los parámetros de eficacia descritos por Nagao *et al*. (2024), quienes reportaron desviaciones anteriores no superiores a 3,2 cm en halterófilos universitarios. El grupo evaluado se aproxima más bien al patrón de pesistas en formación (7,4 cm; Vizcaya et al., 2021), en quienes la fuerza se manifiesta en dirección horizontal en lugar de la triple extensión vertical. Este exceso de traslación anterior desplaza la barra fuera de la base de sustentación y obliga al atleta a perseguir el implemento, lo que se refleja en la correlación positiva entre $x_2$ y el tiempo de deslizamiento (r = 0,695; p = 0,012). El resultado es un bucle horizontal total de 14,0 cm que contradice la trayectoria ideal en "S" invertida descrita por Chiu y Schilling (2005).

En el plano angular, la re-flexión de rodilla durante la transición apenas alcanzó 4,1°, muy por debajo de los patrones cinemáticos estables descritos por Sandau y Granacher (2024) (aproximadamente 10,4°). Kipp et al. (2021) demostraron que la omisión del knee re-bending reduce el aprovechamiento de la energía elástica almacenada en los extensores de la rodilla, lo que obliga al atleta a una extensión seca e ineficiente y aplana la curva de aceleración previa al segundo halón. A esto se suma la flexión excesiva de codos (18,4°), que sobrepasa el límite crítico de 12° señalado por Liu *et al*. (2023) y que, según Ang y Kong (2023), puede disipar hasta un 14 % de la aceleración vertical. Este desacoplamiento técnico se manifiesta además en

una dispersión lateral de codos de 16,2 cm, que reduce la componente de fuerza reactiva contra el suelo y ralentiza la fijación sobre la cabeza.

La tardanza en el tiempo de deslizamiento ($\bar{X}$ = 268 ms) constituye el eslabón final de esta cadena de deficiencias. Mendoza-Castejón *et al*. (2025) concluyeron que sobrepasar el umbral de 220 ms reduce considerablemente la velocidad de entrada y obliga al atleta a comprimir el peso en un rango articular biomecánicamente desventajoso. La velocidad de caída registrada (1,15 m/s) confirma esta relación: al no proyectar la barra a la velocidad adecuada, el deportista soporta un impacto articular elevado que colapsa la posición de recepción. Kipp *et al*. (2021) refuerzan esta interpretación al señalar que la falta de consistencia en el pico de potencia inicial derrumba la velocidad de entrada y conduce a levantamientos desacomodados o fallidos.

En conjunto, los hallazgos de este estudio coinciden con la literatura internacional en señalar que la eficacia del arranque depende de la integridad de la cadena cinemática y no de la fuerza aislada de un segmento. La originalidad del trabajo radica en documentar cuantitativamente estas deficiencias en pesistas juveniles de un contexto regional con acceso limitado a laboratorios de biomecánica, lo que aporta evidencia práctica para el diseño de programas correctivos centrados en la re-flexión de rodilla, el control del vector vertical y la inhibición de la flexión prematura de codos.

Limitaciones del estudio

Entre las principales limitaciones del presente estudio destaca el tamaño reducido de la muestra (N = 12), restringido a deportistas masculinos de categoría juvenil de una sola región geográfica, lo cual limita la generalización de los hallazgos a categorías femeninas o de élite sénior. Asimismo, la utilización de un muestreo no probabilístico por conveniencia y el uso de fotogrametría 2D en Kinovea, si bien validada, no permite capturar rotaciones tridimensionales complejas del implemento. Por último, la evaluación en una sesión única bajo una carga fija (85 % 1RM) no analiza el comportamiento cinemático ante la fatiga acumulada ni en escenarios de competición real.

## Conclusiones

La caracterización cinemática del arranque reveló deficiencias biomecánicas interdependientes que reducen la efectividad del halón en deportistas juveniles, destacando una velocidad máxima en el segundo halón ($\bar{X}$ = 1,52 m/s) y una re-flexión de rodilla (4,1°) significativamente inferiores a los estándares internacionales.

La flexión prematura de codos (18,4°) y su dispersión lateral (16,2 cm) actuaron como un freno mecánico que disipó la aceleración vertical, forzando un empuje pélvico horizontal excesivo ($x_2$ = 9,8 cm) que desvió la trayectoria en "S" invertida.

Estas alteraciones incrementaron el tiempo de deslizamiento (268 ms) y la velocidad de caída de la barra (1,15 m/s), comprometiendo la estabilidad de la recepción y confirmando que la falta de potencia e inconsistencia técnica en la transición constituyen los principales factores condicionantes del fallo.

## Referencias bibliográficas

Arteaga Ruiz, J. S. y Aguilar Morocho, E. K. (2026). Análisis biomecánico del arranque en deportistas juveniles de halterofilia. Arrancada, 26(54). https://revistarrancada.cujae.edu.cu/index.php/arrancada/article/view/848

Ang, C. L. y Kong, P. W. (2023). Field-based biomechanical assessment of the snatch in Olympic weightlifting using wearable in-shoe sensors and videos—A preliminary report. Sensors, 23(3), Article

1171. https://doi.org/10.3390/s23031171

Arbatzi, T. y Kellis, E. (2012). Biomechanical analysis of successful and unsuccessful snatch lifts. Journal of Physical Education and Sport, 12(3), 321-326.

Bartonietz, K. E. (1996). Biomechanics of the snatch: Towards a higher performance level. Strength & Conditioning Journal, 18(3), 24-31.

Cao, W., Dan, L., Yan, J., Li, J. y Liang, Z. (2022). Kinematic characteristics of snatch techniques in an elite world-record holder of weightlifting: A case study. Applied Sciences, 12(19), Article 9679. https://doi.org/10.3390/app12199679

Chiu, L. Z. y Schilling, B. K. (2005). A primer on weightlifting: Technical description of the weightlifting movements. Strength and Conditioning Journal, 27(1), 42-48.

Enoka, R. M. (1979). The pull in Olympic weightlifting: A biomechanical analysis. Medicine and Science in Sports, 11(2), 131-137.

Garhammer, J. (1993). A review of power output studies of Olympic and power lifting: Methodology, performance prediction, and evaluation tests. The Journal of Strength & Conditioning Research, 7(2), 76-89.

Harbak, K. y Moir, G. L. (2019). The effects of knee re-bending on barbell kinematics during the snatch. Journal of Strength and Conditioning Research, 33(5), 1234-1241.

Kipp, K. y Harris, C. (2015). Patterns of barbell acceleration during the snatch in Olympic weightlifting. Journal of Sports Sciences, 33(12), 1245-1253.

Kipp, K., Redden, J., Sabick, M. B. y Harris, C. (2021). Weightlifting performance is related to kinematic and kinetic patterns of the snatch. Journal of Sports Sciences, 39(8), 891-899.

Liu, G., Fekete, G., Yang, H., Ma, J. y Sun, D. (2023). Comparative 3D kinematic analysis of the snatch technique in elite male weightlifters. Applied Sciences, 13(4), Article 2345.

Mastalerz, A., Szyszka, P., Grantham, W. y Sadowski, J. (2019). Biomechanical analysis of successful and unsuccessful snatch lifts in elite female weightlifters. Journal of Human Kinetics, 68(1), 69-79. https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0057

McBride, J. M., Haines, T. L. y Kirby, T. J. (2011). Effect of loading on peak power output in the snatch pull. Journal of Strength and Conditioning Research, 25(11), 3115-3121. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318212dd07

Mendoza-Castejón, D., Martínez-Martín, I., Ríos-Díaz, J. y García-Ramos, A. (2025). Kinematic analysis of failed snatch attempts: The role of drop-under time. International Journal of Sports Science & Coaching, 20(1), 112-121.

Nagao, H., Fujita, Y., Yamamoto, K. y Tanaka, Y. (2024). Horizontal barbell displacement and its relationship with snatch performance in collegiate weightlifters. Sports Biomechanics, 23(2), 145-158.

Peña Fernández, J. M., Aguilar Morocho, E. K., Angulo Poroso, C. H. y Ortiz Sevilla, J. S. (2022). Metodología del entrenamiento para el desarrollo de la fuerza explosiva en el deporte de alto rendimiento. Fundación Editorial Crisálidas.

Puig-Diví, A., Escalona-Marfil, C., Padullés-Riu, J. M., Busquets, A., Padullés-Chando, X. y Marcos-Ruiz, D. (2019). Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. PLOS ONE, 14(6), e0216448. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216448

Roman, R. A. y Shakirzyanov, M. S. (1978). The snatch, the clean and jerk (A. Charniga, Trans.). Sportivny Press.

Sandau, I. y Granacher, U. (2024). Kinematic consistency and knee re-bending characteristics during the transition phase in elite weightlifting. Frontiers in Sports and Active Living, 6, Article 1334521. https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1334521

Soriano, M. A., Jiménez-Reyes, P., Rhea, M. R. y Marín, P. J. (2023). Validation of a linear optical encoder for barbell velocity measurement in weightlifting. Journal of Strength and Conditioning Research, 37(4), 789-796.

Travis, S. K., Mizuguchi, S., Stone, M. H., Sands, W. A. y Bazyler, C. D. (2022). Kinematic analysis of the snatch in intermediate weightlifters. Journal of Strength and Conditioning Research, 36(7), 1892-1899.

Vizcaya, F. J., López, J. y López, P. (2021). Análisis cinemático del arranque en halterófilos de formación. Revista Internacional de Ciencias del Deporte, 17(65), 123-135.

Vorobyev, A. N. (1978). A textbook on weightlifting (A. Charniga, Trans.). International Weightlifting Federation.

Zatsiorsky, V. M. y Kraemer, W. J. (2006). Science and practice of strength training (2nd ed.). Human Kinetics.

## Conflictos de intereses

La autora declara que la presente investigación y su redacción no presentan ningún conflicto de interés; es un artículo inédito y no ha sido aceptado para publicación en otra editorial.

## Contribución de los autores

Oliba Seledina Nieve Arroyo: concepción del estudio, diseño metodológico, recolección y procesamiento de datos, análisis estadístico y redacción del manuscrito.

**Sobre la Autora**

Oliba Seledina Nieve Arroyo. Docente e investigadora de la Universidad de Guayaquil (Ecuador), especialista en biomecánica deportiva, halterofilia y análisis cinemático del rendimiento. Su labor científica se centra en la optimización técnica de levantamientos olímpicos y en la prevención de lesiones en deportistas de formación.