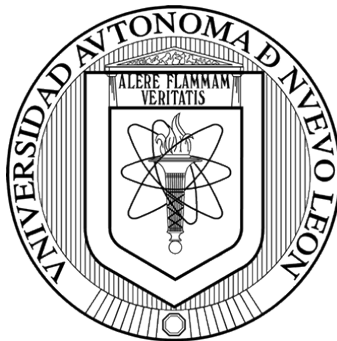


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL UNIVERSITARIO "DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ"



**PERFIL ISOCINÉTICO Y ASIMETRÍAS BILATERALES DE LOS MÚSCULOS
ROTADORES DEL HOMBRO EN BEISBOLISTAS PROFESIONALES: ANÁLISIS
SEGÚN LA POSICIÓN DE JUEGO**

POR

DR. FRANCISCO CAÑEDO QUIÑONEZ

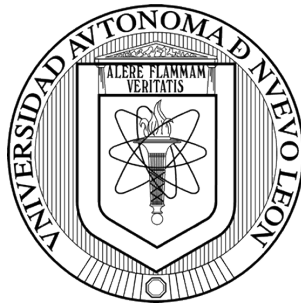
**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALIDAD EN MEDICINA DEL DEPORTE Y REHABILITACIÓN**

MONTERREY, NUEVO LEÓN, OCTUBRE DE 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE MEDICINA

HOSPITAL UNIVERSITARIO "DR. JOSÉ ELEUTERIO GONZÁLEZ"



**PERFIL ISOCINÉTICO Y ASIMETRÍAS BILATERALES DE LOS MÚSCULOS ROTADORES
DEL HOMBRO EN BEISBOLISTAS PROFESIONALES: ANÁLISIS SEGÚN LA POSICIÓN DE
JUEGO**

POR

DR. FRANCISCO CAÑEDO QUIÑONEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. ÁNGEL GONZÁLEZ CANTÚ

MONTERREY, NUEVO LEÓN, OCTUBRE DE 2026

**PERFIL ISOCINÉTICO Y ASIMETRÍAS BILATERALES DE LOS MÚSCULOS ROTADORES DEL
HOMBRO EN BEISBOLISTAS PROFESIONALES: ANÁLISIS SEGÚN LA POSICIÓN DE JUEGO**

APROBACIÓN DE LA TESIS



Dr. José Ángel Garza Cantú

Jefe del Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación



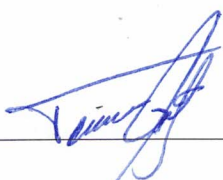
Dr. Ángel González Cantú

Director de Tesis



Dr. Carlos Enrique Barrón Gámez

Co-director de Tesis



Dr. MCs. Tomás Javier Martínez Cervantes, PhD

Coordinación de Enseñanza



Dr. Med. Felipe Arturo Morales Martínez

Subdirector de Estudios de Posgrado

PRÓLOGO

El hombro del beisbolista profesional resume una paradoja clínica: debe ser suficientemente móvil para permitir un lanzamiento de alta velocidad y, al mismo tiempo, estable y fuerte para controlar las cargas generadas durante las fases de aceleración y desaceleración. La repetición de este gesto produce adaptaciones anatómicas y neuromusculares que pueden ser necesarias para el rendimiento. Por ello, las diferencias entre el brazo dominante y el no dominante requieren una interpretación clínica contextual.

La dinamometría isocinética ofrece una forma objetiva de estudiar estas diferencias. Sin embargo, su valor depende de la calidad de la medición y de una interpretación prudente. El mismo porcentaje de asimetría puede representar fenómenos distintos según la dirección de la diferencia, el grupo muscular, la velocidad de evaluación, la posición del hombro, los antecedentes y la evolución individual. Los puntos de corte empleados en otros deportes o poblaciones no deben transformarse, sin validación, en etiquetas de riesgo para un jugador profesional.

Esta tesis fue revisada a partir de un análisis completo de la base original. El hallazgo central ya no es una supuesta prevalencia de indicadores de riesgo por posición, sino un patrón bilateral específico: mayor pico de par de rotación interna en el hombro dominante y mayor pico de par de rotación externa en el no dominante.

El propósito de este trabajo es aportar una descripción transparente y clínicamente útil de una población poco representada en la literatura. Sus resultados pueden servir como referencia interna para el seguimiento, pero no como herramienta aislada para predecir lesiones o restringir la participación. La evaluación del deportista conserva su sentido cuando combina la medición

objetiva con la historia clínica, la exploración física, la carga deportiva y el seguimiento longitudinal.

AGRADECIMIENTOS

Concluir esta tesis fue posible gracias a una red de personas que aportó tiempo, paciencia, preguntas y conocimiento en momentos distintos del proceso. Más que enumerar nombres de manera automática, deseo reconocer el valor de cada conversación, orientación y gesto de acompañamiento que ayudó a convertir una idea clínica en un trabajo académico completo.

Agradezco especialmente a quienes me sostuvieron durante una etapa compleja y desafiante. Su presencia hizo posible continuar cuando el avance académico y personal exigió más de lo previsto.

DEDICATORIA

Al gran arquitecto del universo. Aunque no comprenda por completo sus designios, deseo que las habilidades cultivadas durante estos años me permitan servir a quien se encuentre vulnerable o desprotegido y, a través de ello, dar sentido a mi profesión.

Dedico este trabajo a las personas, experiencias y dificultades que transformaron mi forma de comprender el esfuerzo. Esta tesis representa no solo un proceso de formación académica, sino también la decisión de seguir adelante en momentos en los que hacerlo no siempre fue sencillo.

TABLA DE CONTENIDO

PRÓLOGO	i
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
TABLA DE CONTENIDO	v
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE ABREVIATURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	4
1.2 Pregunta de investigación	4
1.3 Hipótesis	4
1.4 Objetivos	5
1.5 Justificación	5
1.6 Delimitación y alcance	6
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Anatomía funcional y estabilidad dinámica del hombro	8
2.2 Cadena cinética y fases del lanzamiento	10
2.3 Demandas mecánicas y función de los rotadores	14
2.4 Adaptaciones del hombro de lanzamiento	15

2.5 Lesiones del miembro superior y factores asociados	17
2.6 Fundamentos de la dinamometría isocinética	18
2.7 Estandarización y control de calidad	20
2.8 Razones de fuerza y balance muscular	22
2.9 Asimetría bilateral: magnitud, dirección y límites	23
2.10 Demandas según la posición de juego	25
2.11 Aplicación clínica de la evaluación isocinética	26
2.12 Indicadores isocinéticos: conceptualización, descripción y límites interpretativos	28
2.13 Normalización del torque y composición corporal	33
2.14 Error de medición y cambio clínicamente interpretable	33
2.15 Temporalidad, fatiga y recuperación	34
2.16 De la detección al pronóstico de lesión	35
2.17 Prevención, preparación física y tolerancia a la carga	35
2.18 Retorno al lanzamiento y uso de criterios objetivos	37
CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES	39
3.1 Estudios isocinéticos fundacionales en beisbolistas profesionales	39
3.2 Comparaciones por posición y procedencia	40
3.3 Razones isocinéticas en deportes overhead	41
3.4 Fuerza pretemporada y lesiones posteriores	42
3.5 Fatiga, temporada y temporalidad de la medición	43
3.6 Vacío de conocimiento y aporte del estudio	43
3.7 Evidencia sobre adaptación ósea y de tejidos blandos	44

3.8 Heterogeneidad de los protocolos publicados	45
3.9 Síntesis crítica de los antecedentes	46
3.10 Valores de referencia y representación latinoamericana	49
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	50
4.1 Diseño y ámbito	50
4.2 Población y selección	50
4.3 Variables y fuentes de información	50
4.4 Evaluación isocinética	51
4.5 Control de calidad	51
4.6 Variables derivadas	52
4.7 Análisis estadístico	52
4.8 Consideraciones éticas	53
4.9 Gestión y depuración de datos	53
4.10 Control de sesgos	53
4.11 Justificación del tamaño analítico	54
4.12 Reproducibilidad del análisis	54
CAPÍTULO 5. RESULTADOS	58
5.1 Selección y características	58
5.2 Perfil según la posición	61
5.3 Comparación bilateral	64
5.4 Asimetrías	66
5.5 Análisis de sensibilidad	70

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN	71
6.1 Discusión del objetivo general	71
6.2 Objetivo específico 1: características demográficas y antropométricas	71
6.3 Objetivo específico 2: perfil isocinético del hombro dominante	72
6.4 Objetivo específico 3: comparación del hombro dominante entre posiciones	74
6.5 Objetivo específico 4: comparación bilateral	75
6.6 Objetivo específico 5: magnitud y dirección de la asimetría	76
6.7 Objetivo específico 6: análisis de sensibilidad	77
6.8 Integración clínica de los objetivos	78
6.9 Fortalezas y contribución metodológica	79
6.10 Limitaciones	79
6.11 Propuestas para futuras investigaciones	80
6.12 Implicaciones clínico-prácticas	82
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXO 1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	91
ANEXO 2. TRAZABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE VARIABLES	94
ANEXO 3. RUTA DEL ANÁLISIS	96
ANEXO 4. GUÍA DE INTERPRETACIÓN CLÍNICA	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cadena cinética y fases del lanzamiento de béisbol.	12
Figura 2. Selección de registros y control de calidad de las evaluaciones isocinéticas.	58
Figura 3. Comparación bilateral del pico de par de los rotadores externos e internos.	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Fases del lanzamiento y demandas predominantes del complejo del hombro.	13
Tabla 2. Variables isocinéticas, significado y principales limitaciones interpretativas.	31
Tabla 3. Síntesis de estudios relevantes en beisbolistas profesionales.	47
Tabla 4. Operacionalización de las variables del estudio.	56
Tabla 5. Características de la cohorte adulta según la posición de juego.	60
Tabla 6. Perfil isocinético del hombro dominante según la posición de juego.	62
Tabla 7. Comparación bilateral de las variables isocinéticas del hombro.	65
Tabla 8. Magnitud, frecuencia y dirección de las asimetrías del pico de par.	67
Tabla 9. Análisis de sensibilidad de las comparaciones por posición.	92
Tabla 10. Disponibilidad de variables y denominadores analíticos.	94
Tabla 11. Ruta reproducible del análisis estadístico.	96
Tabla 12. Guía contextual para interpretar una diferencia isocinética.	98

LISTA DE ABREVIATURAS

ADM: Amplitud de movimiento

CV: Coeficiente de variación

D: Hombro dominante

DE: Desviación estándar

gl: Grados de libertad

GIRD: Déficit de rotación interna glenohumeral

H: Estadístico de Kruskal-Wallis

IC95%: Intervalo de confianza del 95%

ICC: Coeficiente de correlación intraclase

LMB: Liga Mexicana de Beisbol

ms: Milisegundos

MDC: Cambio mínimo detectable

n: Número de observaciones válidas

ND: Hombro no dominante

Nm: Newton-metro

p: Valor de significación estadística

RE: Rotación externa / rotadores externos

RE/RI: Razón convencional entre rotadores externos e internos

RI: Rotación interna / rotadores internos

RIC: Rango intercuartílico

ROM: Range of motion / rango de movimiento

r biserial: Correlación biserial de rangos

UANL: Universidad Autónoma de Nuevo León

SEM: Error estándar de medición

V: V de Cramer

W: Watt

ϵ^2 : Épsilon cuadrado

χ^2 : Estadístico chi-cuadrada

RESUMEN

Introducción: La evaluación isocinética permite describir la función de los rotadores del hombro y cuantificar diferencias bilaterales en beisbolistas.

Objetivo: Caracterizar el perfil isocinético concéntrico de los rotadores del hombro, comparar resultados entre posiciones y examinar diferencias bilaterales y asimetrías.

Métodos: Estudio observacional, retrospectivo y transversal de 88 jugadores adultos: 52 lanzadores, 6 receptores, 18 jugadores de cuadro y 12 jardineros. Se realizaron cinco contracciones máximas concéntricas de RE y RI a 60 grados/s con Biodex System 4 Pro. El análisis principal incluyó mediciones con CV menor de 15%. Se utilizaron Kruskal-Wallis, Wilcoxon pareado, bootstrap, tamaños del efecto, permutación Monte Carlo y ajuste de Holm.

Resultados: No se detectaron diferencias estadísticamente significativas por posición. El pico de par de RE fue menor en el hombro dominante que en el no dominante (40,0 frente a 41,8 Nm; p ajustada=0,009; r biserial=-0,367). El pico de par de RI fue mayor en el dominante (64,5 frente a 58,9 Nm; p ajustada<0,001; r biserial=0,590). Las asimetrías continuas tampoco difirieron por posición; las magnitudes mayores de 10% estuvieron presentes en 45,3% de RE y 62,8% de RI.

Conclusiones: No se detectaron diferencias del perfil entre posiciones; en cambio, se observó un patrón bilateral específico. Las asimetrías son características descriptivas que requieren integración con la evaluación clínica y el seguimiento individual.

Palabras clave: dinamometría isocinética; hombro; béisbol; rotadores; asimetría bilateral.

ABSTRACT

Background: Isokinetic assessment describes shoulder rotator function and quantifies bilateral differences in baseball players.

Objective: To characterize the concentric isokinetic profile of the shoulder rotators, compare outcomes across playing positions, and examine bilateral differences and asymmetries.

Methods: This observational, retrospective, cross-sectional study included 88 adult players: 52 pitchers, 6 catchers, 18 infielders, and 12 outfielders. Five maximal concentric ER and IR contractions were performed at 60 degrees/s using a Biodex System 4 Pro. The primary analysis included measurements with a coefficient of variation below 15%. Kruskal-Wallis, paired Wilcoxon, bootstrap confidence intervals, effect sizes, Monte Carlo permutation, and Holm correction were used.

Results: No significant differences were detected across positions. ER peak torque was lower in the dominant than in the nondominant shoulder (40.0 vs 41.8 Nm; adjusted $p=0.009$; rank-biserial $r=-0.367$). IR peak torque was higher in the dominant shoulder (64.5 vs 58.9 Nm; adjusted $p<0.001$; rank-biserial $r=0.590$). Continuous asymmetry measures also did not differ across positions; magnitudes greater than 10% occurred in 45.3% of ER and 62.8% of IR measurements.

Conclusions: No positional differences in the isokinetic profile were detected, whereas a direction-specific bilateral pattern was identified. These asymmetries are descriptive characteristics that require clinical context and longitudinal follow-up.

Keywords: isokinetic dynamometry; shoulder; baseball; rotators; bilateral asymmetry.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

El lanzamiento de béisbol es una acción balística de alta velocidad que depende de la transferencia secuencial de energía desde los miembros inferiores y el tronco hacia el brazo y la pelota. Durante el armado tardío, la aceleración y la desaceleración, el hombro alcanza posiciones extremas y soporta cargas repetidas que exigen coordinación del manguito rotador, de la musculatura escapular y del resto de la cadena cinética (Braun et al., 2009; DiGiovine et al., 1992; Fleisig et al., 1995). Esta exposición explica por qué el hombro y el codo representan regiones relevantes de lesión y pérdida de disponibilidad en el béisbol profesional (Conte et al., 2016; Posner et al., 2011).

La repetición del gesto deportivo se asocia con cambios específicos del hombro dominante, como mayor rotación externa, predominio de los rotadores internos y diferencias bilaterales de fuerza. Su relevancia clínica se determina al integrar síntomas, movilidad, carga de lanzamiento y evolución individual (Borsa et al., 2005; Crockett et al., 2002; Reuther et al., 2018; Thomas et al., 2021).

La dinamometría isocinética permite cuantificar el desempeño muscular a una velocidad angular controlada y aporta variables como pico de par, potencia media, tiempo y ángulo al pico de par, razón entre rotadores externos e internos y salidas relacionadas con el trabajo. Su reproducibilidad depende de la posición, la estabilización, la velocidad, el rango y la familiarización (Edouard et al., 2011; Ellenbecker & Davies, 2000). En jugadores profesionales se han descrito perfiles bilaterales y diferencias entre lanzadores y jugadores de posición, pero los resultados no han sido uniformes (Brown et al., 1988; Donatelli et al., 2000; Ellenbecker & Mattalino, 1997; Michener et al., 2021; Wilk et al., 1993).

La mayor parte de la evidencia procede de organizaciones estadounidenses y utiliza protocolos heterogéneos en posición, modalidad de contracción y velocidad angular. La representación latinoamericana es limitada y la procedencia geográfica puede relacionarse con diferencias de fuerza (Edouard et al., 2011; Michener et al., 2021). El presente estudio describe una cohorte profesional evaluada en México, compara el perfil del hombro dominante según la posición y examina las diferencias bilaterales disponibles dentro del alcance de un diseño transversal.

La necesidad de medir fuerza surge de una característica particular del hombro: su funcionamiento depende de una gran movilidad mantenida por estabilización muscular. Durante el lanzamiento, los rotadores internos contribuyen a la aceleración y los externos participan en el posicionamiento, la compresión articular y el control posterior. Esta distribución funcional hace razonable esperar que la exposición repetida no afecte del mismo modo a ambos grupos musculares (Braun et al., 2009; DiGiovine et al., 1992; Fleisig et al., 1995).

Sin embargo, la evaluación clínica del deportista de lanzamiento enfrenta un problema de interpretación. El brazo dominante difiere del no dominante: puede presentar cambios de movilidad, retroversión humeral, tejidos blandos y fuerza sin dolor ni pérdida de rendimiento (Borsa et al., 2005; Crockett et al., 2002; Lintner et al., 2007; Reinold et al., 2008; Reuther et al., 2018; Thomas et al., 2021; Tokish et al., 2008). Por ello, la presencia de una diferencia bilateral debe separarse conceptualmente de la presencia de una lesión. La primera es una descripción; la segunda requiere síntomas, hallazgos clínicos y, cuando corresponde, estudios diagnósticos.

La dinamometría isocinética registra el torque a lo largo de un arco con velocidad controlada. La postura, estabilización, familiarización, rango y esfuerzo influyen en el resultado;

además, el protocolo clínico no reproduce la velocidad angular ni el componente excéntrico del lanzamiento (Dvir, 2004; Edouard et al., 2011; Ellenbecker & Davies, 2000).

La asociación, la predicción y la utilidad clínica responden a preguntas distintas. El análisis pronóstico exige que la medición preceda al desenlace y que se evalúen exposición, precisión y validación; por ello, un estudio transversal aporta descripción y asociación, pero no riesgo futuro (Agresta et al., 2019; Asker et al., 2018; Portney & Watkins, 2015).

La posición de juego constituye una forma accesible de aproximarse a las demandas, pero es una variable incompleta. Los lanzadores difieren por rol, volumen, intensidad y recuperación; los jugadores de posición realizan lanzamientos en contextos variados; y todos pueden compartir programas de preparación física. Explorar la posición es pertinente, pero explicar diferencias requiere información más granular sobre carga, técnica y trayectoria deportiva (Bakshi et al., 2020; Michener et al., 2021).

La población profesional evaluada en México merece atención porque está escasamente representada en la literatura disponible y la procedencia puede modificar la comparación entre grupos (Michener et al., 2021). No obstante, una sola organización no representa a toda la liga ni a todos los jugadores latinoamericanos. El propósito es ofrecer una descripción local reproducible, no crear una norma nacional; esta distinción delimita la validez externa y orienta la necesidad de colaboración multicéntrica (Portney & Watkins, 2015).

La revisión completa de la base permitió corregir una versión previa que utilizaba indicadores combinados y supuestos puntos de corte de riesgo no reconstruibles. El nuevo análisis conserva variables continuas, números válidos por dirección, tamaño del efecto y sensibilidad. Este cambio no es únicamente estadístico: modifica la pregunta científica desde clasificar jugadores hacia comprender el perfil observado con los límites que permiten los datos.

En consecuencia, el presente estudio se organiza en torno a tres niveles de interpretación. El primero describe el perfil del hombro dominante por posición; el segundo compara bilateralmente las variables disponibles; y el tercero explora magnitud y dirección de asimetrías sin adjudicarles diagnóstico. La discusión integra estos niveles con la literatura biomecánica, clínica y metodológica para proponer un uso prudente en seguimiento y futuras investigaciones.

1.1 Planteamiento del problema

El hombro del beisbolista profesional está expuesto a cargas repetidas y presenta adaptaciones bilaterales que pueden variar según la función del grupo muscular y la posición de juego (Braun et al., 2009; Fleisig et al., 1995). Aunque la dinamometría se emplea para describir estos perfiles, la evidencia profesional es heterogénea en protocolo y población, y existen pocos datos de jugadores evaluados en México (Edouard et al., 2011; Michener et al., 2021).

1.2 Pregunta de investigación

¿Cuál es el perfil isocinético concéntrico disponible del hombro dominante, cómo varía entre posiciones de juego y qué diferencias bilaterales de pico de par y tiempo al pico se observan en beisbolistas profesionales adultos evaluados en pretemporada?

1.3 Hipótesis

Hipótesis alterna: al menos una variable del perfil isocinético del hombro dominante difiere entre posiciones, o existe una diferencia bilateral en el pico de par o el tiempo al pico de RE o RI.

Hipótesis nula: no existen diferencias del perfil dominante entre posiciones ni diferencias bilaterales en el pico de par o el tiempo al pico de RE o RI.

1.4 Objetivos

Objetivo general: caracterizar el perfil isocinético concéntrico disponible del hombro dominante, compararlo entre posiciones de juego y examinar bilateralmente el pico de par y el tiempo al pico de RE y RI.

Objetivo específico 1: Describir edad, composición corporal, nacionalidad, lateralidad y posición de la cohorte adulta.

Objetivo específico 2: Describir el perfil isocinético disponible del hombro dominante mediante pico de par, potencia media, tiempo y ángulo al pico, razón RE/RI y trabajo-fatiga.

Objetivo específico 3: Comparar el perfil isocinético del hombro dominante entre lanzadores, receptores, jugadores de cuadro y jardineros.

Objetivo específico 4: Comparar bilateralmente el pico de par y el tiempo al pico de RE y RI.

Objetivo específico 5: Cuantificar la asimetría del pico de par con signo y en magnitud absoluta, compararla entre posiciones y describir secundariamente la frecuencia mayor de 10%.

Objetivo específico 6: Evaluar la robustez de las comparaciones por posición mediante un análisis de sensibilidad.

1.5 Justificación

Los datos de atletas profesionales latinoamericanos son limitados, y la procedencia geográfica se ha relacionado con diferencias en mediciones de fuerza del hombro (Michener et al., 2021). Una descripción transparente puede aportar referencias para evaluación y seguimiento en contextos comparables, además de orientar hipótesis prospectivas.

La corrección del análisis también tiene valor metodológico: diferencia resultados descriptivos de predicción de lesiones, conserva denominadores válidos y evita convertir asimetrías frecuentes en diagnósticos sin validación.

1.6 Delimitación y alcance

La unidad de análisis fue el registro de un jugador profesional adulto evaluado en pretemporada durante el periodo definido. El estudio no incluyó categorías juveniles, población amateur ni jugadores con lesión activa. Por tanto, sus resultados describen un contexto profesional específico y no deben extrapolarse automáticamente a atletas con edades, niveles o condiciones clínicas diferentes.

El perfil isocinético quedó delimitado por el protocolo disponible: cinco repeticiones máximas concéntricas de RE e RI a 60 grados/s, en posición sentada con 90 grados de abducción. No se estudiaron acciones excéntricas, otras velocidades ni movimientos escapulares. La palabra perfil se refiere a este conjunto de variables y condiciones, no a una caracterización completa de la función del hombro.

La comparación bilateral se restringió a pico de par y tiempo al pico porque fueron las salidas recuperables para ambos hombros. Potencia, ángulo y trabajo-fatiga se describieron únicamente en el dominante. Esta delimitación evita inventar simetrías a partir de datos inexistentes y explica por qué no todas las variables del hombro dominante aparecen en el análisis pareado.

El estudio examinó diferencias entre posiciones, pero no pretendió explicar la exposición de cada rol. No se contó con número de lanzamientos, entradas, velocidad de pelota,

participación en gimnasio ni función específica dentro de la plantilla. La posición se utilizó como agrupación deportiva general y cualquier explicación causal permanece como hipótesis.

Las asimetrías se analizaron como variables continuas con signo y en magnitud absoluta. La frecuencia mayor de 10% se presentó como descripción secundaria. Dado que no hubo seguimiento de lesiones, el alcance clínico se limita a contextualizar el seguimiento y generar preguntas prospectivas.

Estas delimitaciones fortalecen la coherencia entre pregunta, análisis y conclusión. Al definir de manera explícita qué mide y qué no mide el estudio, los resultados pueden utilizarse con mayor precisión y compararse con futuras investigaciones que reproduzcan o amplíen el protocolo.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Anatomía funcional y estabilidad dinámica del hombro

El hombro funciona como un sistema articular integrado: la glenohumeral se coordina con las articulaciones acromioclavicular y esternoclavicular y con el deslizamiento escapulotorácico. La movilidad que permite colocar la mano en el espacio se obtiene a costa de una estabilidad ósea limitada; por ello, cápsula, labrum, ligamentos y musculatura periarticular comparten el control de la cabeza humeral. Dentro de este sistema, el manguito rotador genera compresión y centrado durante el movimiento (Braun et al., 2009; Ellenbecker & Davies, 2000).

La rotación interna resulta de la acción combinada del subescapular con el pectoral mayor, dorsal ancho y redondo mayor; la rotación externa depende sobre todo del infraespinoso y del redondo menor, con contribución del deltoides posterior según la postura. En el gesto rápido de lanzamiento no actúan como pares opuestos aislados: la coactivación mantiene la congruencia articular mientras otros músculos producen y transfieren el movimiento (Braun et al., 2009; DiGiovine et al., 1992).

La escápula proporciona una base móvil para el húmero. El serrato anterior, trapecio y otros estabilizadores regulan la rotación superior, inclinación posterior y rotación externa escapular. Una alteración escapular puede modificar la orientación glenoidea y la longitud funcional del manguito rotador; no obstante, la disquinesia es un hallazgo clínico que debe interpretarse en contexto y no una lesión por sí misma (Kibler et al., 2012).

La estabilidad de la articulación glenohumeral no depende de una estructura aislada. En posiciones medias, la concavidad de la glenoides, la presión intraarticular negativa y la compresión producida por el manguito contribuyen a centrar la cabeza humeral. En los extremos

del movimiento adquieren mayor relevancia las restricciones capsuloligamentosas y la orientación de la escápula. Esta combinación explica por qué un hombro puede conservar movilidad extraordinaria sin ser necesariamente inestable y por qué la interpretación de la fuerza debe considerar la posición exacta de prueba.

El músculo subescapular actúa como rotador interno y como estabilizador anterior; el infraespinoso y el redondo menor generan rotación externa y aportan control posterior. Su acción conjunta produce una fuerza de compresión y un vector inferior que contrarresta la tendencia superior del deltoides. Durante el lanzamiento, la magnitud y la dirección de estas fuerzas cambian rápidamente, de modo que el resultado de una prueba aislada representa capacidad muscular bajo condiciones controladas y no la totalidad del control articular dinámico (Braun et al., 2009; DiGiovine et al., 1992).

La porción larga del bíceps, el labrum y la cápsula superior también participan en la estabilidad durante posiciones de abducción y rotación externa. No obstante, su contribución es distinta a la de los rotadores y no puede inferirse a partir del pico de par. Un perfil isocinético normal no excluye patología labral, tendinosa o capsular; de igual forma, una diferencia de torque no demuestra por sí sola lesión estructural.

El ritmo escapulohumeral distribuye el movimiento entre la articulación glenohumeral y la escápula. La inclinación posterior y la rotación superior favorecen el espacio funcional y orientan la glenoides durante la elevación. En atletas overhead, la observación escapular debe combinarse con movilidad torácica, control del tronco y síntomas, porque la misma apariencia puede representar adaptación, estrategia motora o respuesta al dolor (Cools et al., 2014; Kibler et al., 2012).

2.2 Cadena cinética y fases del lanzamiento

Para estudiarlo, el lanzamiento suele segmentarse en preparación, zancada, armado, aceleración, desaceleración y seguimiento, aunque entre estas etapas no existen interrupciones reales. La secuencia comienza en la interacción con el suelo y continúa por pelvis y tronco antes de alcanzar el miembro superior. Cuando esa transferencia proximal-distal es eficiente, el hombro participa como enlace de la cadena y no como fuente única de la velocidad de la pelota (Escamilla et al., 1998; Fleisig et al., 1995).

En el armado tardío, el hombro alcanza una rotación externa elevada con abducción aproximada de 90 grados. En la aceleración se produce una rotación interna de muy alta velocidad y el codo se extiende antes de la liberación. Después, la musculatura posterior del hombro debe desacelerar el brazo. Los estudios cinéticos y electromiográficos muestran una activación intensa y coordinada del manguito rotador y de los músculos escapulares en estas fases (DiGiovine et al., 1992; Escamilla et al., 1998; Fleisig et al., 1995).

Las variables del hombro forman parte de la cadena cinética. Cambios en la zancada, la rotación del tronco o la sincronización segmentaria modifican los torques del miembro superior (Aguinaldo & Chambers, 2009). El perfil de fuerza aporta una medida clínica específica dentro de esa secuencia.

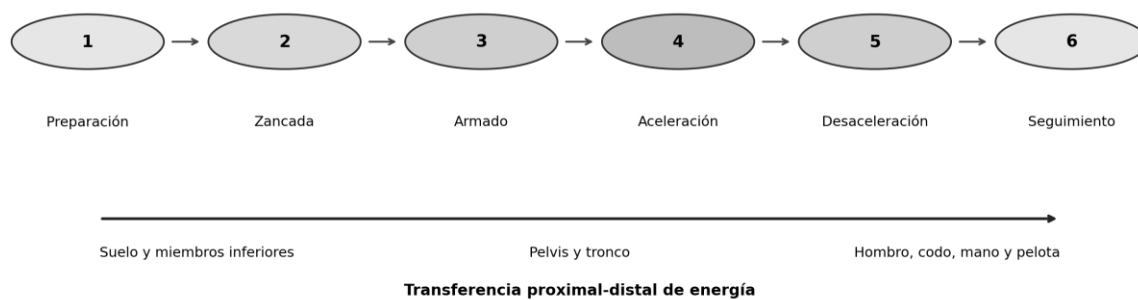
La cadena cinética puede entenderse como una secuencia de generación, transferencia y disipación de energía. Los miembros inferiores producen impulso contra el suelo; la pelvis y el tronco almacenan y transmiten energía rotacional; el hombro posiciona el brazo; y el codo, la muñeca y la mano culminan la aceleración de la pelota. La eficiencia depende del orden y del tiempo relativo entre segmentos, no solo de la fuerza máxima de cada región (Seroyer et al., 2010).

Durante la zancada, la separación entre pelvis y tronco contribuye a almacenar energía elástica. En el armado tardío, la rotación externa del hombro ocurre mientras el tronco avanza hacia el objetivo. En la aceleración, la rotación interna humeral y la extensión del codo se producen en intervalos muy breves. Cualquier retraso proximal puede aumentar la demanda compensatoria del miembro superior, aunque la relación no es lineal y varía entre lanzadores (Aguinaldo & Chambers, 2009; Fleisig et al., 1995; Seroyer et al., 2010).

Después de liberar la pelota, la energía residual del miembro superior debe disiparse mientras el brazo todavía avanza a gran velocidad. En esta etapa, la musculatura posterior glenohumeral y escapular trabaja para frenar el movimiento y conservar el control articular; una menor participación del tronco o de las extremidades inferiores puede aumentar la exigencia local. Esta demanda explica por qué valorar solo la capacidad concéntrica ofrece una representación incompleta de la desaceleración (DiGiovine et al., 1992; Fleisig et al., 1995).

Las posiciones de campo comparten la secuencia proximal-distal, pero difieren en preparación, carrera previa, apoyo de pies, urgencia y longitud del lanzamiento. Un jardinero puede usar una carrera de aproximación; un jugador de cuadro suele lanzar con poco tiempo y desde ángulos variables; el receptor alterna una postura baja con una liberación rápida. Esta diversidad justifica explorar diferencias por posición, pero también limita representar toda la exposición mediante una categoría nominal. La Tabla 1 sintetiza las fases del lanzamiento y relaciona la acción predominante de cada fase con la función del hombro y su principal consideración clínica.

Figura 1. Cadena cinética y fases del lanzamiento de béisbol.



Elaboración propia con base en Fleisig et al. (1995) y DiGiovine et al. (1992).

Tabla 1.

Fases del lanzamiento y demandas predominantes del complejo del hombro.

Fase	Acción predominante	Papel del hombro	Consideración clínica
Preparación	Posicionamiento inicial y equilibrio	Baja demanda específica; organización de la cadena	Variabilidad del apoyo y postura
Zancada	Avance, apoyo anterior y rotación pélvica	Transferencia proximal y control escapular	Sincronización pelvis-tronco
Armado	Abducción y rotación externa progresiva	Coactivación del manguito y estabilidad anterior	Movilidad extrema y posición humeral
Aceleración	Rotación interna rápida y extensión del codo	Producción de torque interno y transmisión de energía	Velocidad angular muy superior a la prueba clínica
Desaceleración	Control posterior después de liberar la pelota	Trabajo excéntrico de rotadores externos y musculatura posterior	Alta demanda de absorción de energía
Seguimiento	Disipación de energía hacia tronco y extremidades	Control global y recuperación del equilibrio	Dependencia de la cadena cinética completa

2.3 Demandas mecánicas y función de los rotadores

Durante la aceleración, los rotadores internos ayudan a imprimir velocidad al húmero y a transmitir energía hacia los segmentos distales. Los rotadores externos contribuyen al posicionamiento durante el armado, a la compresión glenohumeral y al control posterior (Braun et al., 2009; DiGiovine et al., 1992). En lanzadores universitarios, algunas medidas clínicas de movilidad y fuerza isocinética se relacionaron con cargas articulares durante el lanzamiento, con asociaciones específicas de la variable y el protocolo (Trunt et al., 2022).

La desaceleración exige tensión de la musculatura posterior mientras se alarga. El pico concéntrico de rotación externa caracteriza fuerza bajo un protocolo fijo; la tolerancia tendinosa, la coordinación y el control excéntrico requieren mediciones específicas (Berckmans et al., 2017; Ellenbecker & Davies, 2000).

La velocidad de prueba también cambia el fenómeno medido. Las evaluaciones a 60 grados/s favorecen la caracterización del pico de par en una condición de velocidad baja; las realizadas a 180 o 300 grados/s se aproximan más a acciones rápidas, aunque permanecen muy por debajo de la velocidad angular del lanzamiento. Los resultados de protocolos distintos no son intercambiables (Dvir, 2004; Ellenbecker & Davies, 2000).

El pico de velocidad angular del hombro durante la aceleración supera ampliamente la velocidad de cualquier dinamómetro clínico. La evaluación a 60 grados/s no intenta reproducir el gesto deportivo, sino crear una condición estandarizada en la que el jugador pueda desarrollar torque a lo largo de un arco definido. La distancia entre prueba y deporte debe reconocerse para evitar interpretar la velocidad lenta como una simulación del lanzamiento (Ellenbecker & Davies, 2000; Fleisig et al., 1995).

La velocidad seleccionada modifica la expresión de fuerza: a medida que aumenta la rapidez de una acción concéntrica, disminuye la fuerza que puede desarrollarse. Un resultado a 60 grados/s caracteriza capacidad a velocidad baja y no es intercambiable con valores obtenidos a 180 o 300 grados/s (Dvir, 2004).

La desaceleración coloca a los rotadores externos y a la musculatura posterior bajo alta tensión excéntrica. En esta tesis, el menor pico de par concéntrico de RE dominante se limita al protocolo realizado y se interpreta por separado de la capacidad global de desaceleración.

El torque articular también depende del brazo de momento y de la posición angular. Aun con activación muscular semejante, un cambio en la alineación, el rango o la longitud muscular puede desplazar el ángulo en el que aparece el pico. Por ello, el ángulo al pico de par no es un marcador aislado de calidad muscular; debe revisarse junto con el arco disponible, la curva completa y la reproducibilidad de las repeticiones.

2.4 Adaptaciones del hombro de lanzamiento

Los beisbolistas pueden presentar mayor rotación externa y menor rotación interna en el hombro dominante. Estas diferencias reflejan una combinación de adaptación ósea, capsular, muscular y de tejidos blandos. El rango total de rotación y su cambio respecto a evaluaciones previas suelen aportar más contexto que una sola dirección de movimiento.

La carga aguda también modifica la exploración. Reinold et al. (2008) observaron reducciones de rotación interna, movimiento total y extensión del codo inmediatamente después de lanzar en profesionales. Esto muestra que el momento de la evaluación dentro del microciclo o la temporada puede influir en el resultado y debe registrarse para interpretar cambios longitudinales.

Las adaptaciones de fuerza tampoco siguen una sola dirección. Estudios profesionales han descrito mayor rotación interna dominante, menor rotación externa dominante o ausencia de diferencias bilaterales según velocidad y posición de prueba (Brown et al., 1988; Donatelli et al., 2000; Ellenbecker & Mattalino, 1997; Wilk et al., 1993). Por ello, el hombro contralateral es una referencia interna útil, pero no necesariamente un modelo al que el brazo de lanzamiento deba igualarse.

La adaptación ósea comienza durante el crecimiento. La exposición repetida antes del cierre fisario puede conservar una mayor retroversión humeral en el brazo dominante, desplazando el arco de rotación hacia la rotación externa. Crockett et al. (2002) documentaron mayor retroversión y diferencias de movilidad en lanzadores profesionales, mientras que Borsa et al. (2005) relacionaron el rango con la traslación glenohumeral. Estas adaptaciones muestran que la simetría absoluta no es una expectativa fisiológica universal.

El déficit de rotación interna glenohumeral puede resultar de componentes óseos y de tejidos blandos. Tokish et al. (2008) encontraron que el hallazgo era frecuente en lanzadores profesionales asintomáticos y se relacionaba con retroversión humeral; por ello, desaconsejaron utilizarlo como prueba única del hombro discapacitado. Lintner et al. (2007) observaron diferencias asociadas con la participación prolongada en un programa de estiramiento, lo que sugiere un componente modificable en algunos jugadores.

La cápsula posterior, la arquitectura del infraespinoso y el redondo menor y la rigidez muscular pueden contribuir al patrón de movilidad. La corrección por retroversión humeral modifica la estimación de la contribución de tejidos blandos, pero esta medición no siempre está disponible en la práctica (Reuther et al., 2018). Así, el examen clínico debe distinguir entre arco total, dirección del cambio, síntomas y trayectoria temporal.

Las adaptaciones musculares tampoco son uniformes. Thomas et al. (2021) no observaron diferencias bilaterales de fuerza ni de arquitectura posterior en una muestra profesional sometida a entrenamiento bilateral intensivo. El programa de fuerza, la organización y la historia individual pueden modificar el perfil de cada cohorte.

2.5 Lesiones del miembro superior y factores asociados

Las lesiones del miembro superior representan una proporción importante de la carga de lesión en el béisbol profesional (Conte et al., 2016; Posner et al., 2011). Su origen es multifactorial e incluye exposición acumulada, antecedentes, movilidad, fuerza, velocidad de lanzamiento, mecánica, recuperación y características individuales; la dinamometría mide solo uno de estos dominios.

Las revisiones de factores de riesgo muestran asociaciones para algunos déficits de movilidad y fuerza, pero también heterogeneidad metodológica y resultados contradictorios (Agresta et al., 2019; Asker et al., 2018; Bullock et al., 2018). La presencia de una asociación poblacional tampoco convierte una medición en un pronóstico individual determinista. La predicción requiere un diseño prospectivo, definición previa del desenlace, control de exposición y validación en una muestra independiente.

En consecuencia, esta tesis utiliza el término asimetría de forma descriptiva. No emplea las expresiones déficit patológico, desequilibrio de riesgo o indicador de lesión para clasificar participantes. Esta precisión conceptual evita interpretar como enfermedad una adaptación potencialmente propia del lanzamiento.

La lesión deportiva surge de la interacción entre susceptibilidad y exposición. Una característica física puede permanecer estable sin consecuencias durante una carga tolerable y

adquirir relevancia cuando coinciden aumentos bruscos de volumen, recuperación insuficiente, dolor previo o cambios mecánicos. Por esta razón, los modelos contemporáneos de lesión consideran múltiples dominios y medidas repetidas, en lugar de depender de una prueba única.

La carga de lanzamiento incluye cantidad, intensidad, distribución y recuperación. El número de lanzamientos o entradas aporta exposición externa, mientras que la intensidad y el esfuerzo percibido completan el contexto. La evidencia profesional muestra asociaciones entre exposición, fatiga y dolor con variación entre lanzadores (Bakshi et al., 2020).

Los antecedentes de lesión son especialmente relevantes porque resumen exposición previa, vulnerabilidad tisular y cambios en entrenamiento. La ausencia de esta variable en una base retrospectiva impide separar adaptaciones propias del deporte de posibles secuelas. Por ello, el presente estudio evita comparar sus resultados con puntos de corte derivados de cohortes lesionadas y limita la inferencia al perfil de los registros analizados.

Las lesiones de hombro y codo pueden compartir determinantes de carga y mecánica. Una alteración proximal puede modificar el estrés distal, pero no existe una correspondencia directa que permita predecir el sitio de lesión con torque isocinético. El valor clínico de la evaluación se encuentra en complementar la historia, el examen y la planificación de seguimiento, no en reemplazarlos.

2.6 Fundamentos de la dinamometría isocinética

La dinamometría isocinética controla la velocidad angular mediante una resistencia acomodativa: el equipo iguala la fuerza aplicada para mantener la velocidad programada dentro del rango. El par se expresa en newton-metro y representa el producto de la fuerza por el brazo

de palanca. El pico de par es el valor máximo de la curva y constituye una de las salidas más utilizadas por su estabilidad relativa (Dvir, 2004; Ellenbecker & Davies, 2000).

Además del pico de par, el equipo genera salidas derivadas de la curva. La potencia relaciona trabajo y tiempo; el tiempo al pico ubica cuándo aparece el máximo y el ángulo al pico identifica dónde ocurre dentro del arco. Estos indicadores son sensibles al rango seleccionado, a las fases de aceleración y desaceleración, a la familiarización y al procesamiento del software, por lo que deben interpretarse como complementos del torque máximo y siempre dentro del protocolo utilizado (Dvir, 2004; Ellenbecker & Davies, 2000).

La posición del paciente modifica la longitud muscular, el plano de movimiento y la estabilización. Una revisión sistemática encontró variabilidad considerable de la confiabilidad entre posiciones y advirtió que la razón RE/RI tiende a ser menos estable que el pico de par (Edouard et al., 2011). La descripción detallada del protocolo es indispensable para comparar estudios o repetir una evaluación.

El término isocinético describe la porción del movimiento en la que el equipo mantiene la velocidad programada. Al inicio y al final de cada repetición existen fases de aceleración y desaceleración; si el arco es corto o la velocidad alta, una fracción relevante del movimiento puede ocurrir fuera de la velocidad objetivo. Esta consideración afecta especialmente las variables angulares y temporales y explica por qué el rango y la configuración deben documentarse.

La resistencia acomodativa permite que el participante aplique esfuerzo máximo sin superar la velocidad seleccionada. Cuando el esfuerzo disminuye, también disminuye la resistencia; por ello, la prueba no impone una carga externa constante. Esta propiedad facilita

evaluar a diferentes niveles de capacidad, pero el resultado sigue dependiendo de motivación, comprensión, dolor, estabilización y aprendizaje.

El pico de par resume un punto de la curva, mientras que el trabajo representa el área bajo la curva de torque respecto al desplazamiento angular. La potencia incorpora el tiempo requerido para realizar trabajo. Dos jugadores pueden alcanzar el mismo pico con curvas distintas: uno puede mantener torque a lo largo del arco y otro producirlo solo en un segmento. La interpretación completa se beneficia de revisar la curva cuando está disponible (Dvir, 2004; Ellenbecker & Davies, 2000).

El software puede aplicar filtros, correcciones y algoritmos propietarios. Por ello, los estudios retrospectivos deben documentar la salida recuperada y su versión. En esta tesis, trabajo-fatiga se conservó con el nombre exportado y con alcance exploratorio.

2.7 Estandarización y control de calidad

La repetibilidad de una evaluación isocinética depende tanto del dinamómetro como de la forma en que se ejecuta la prueba. La alineación del eje, la estabilización corporal, las instrucciones, la familiarización, el orden de los lados y la calibración institucional pueden modificar la curva registrada. El coeficiente de variación ayuda a reconocer series inconsistentes, aunque no sustituye la observación de compensaciones, dolor o esfuerzo insuficiente (Dvir, 2004; Edouard et al., 2011).

En esta investigación se conservó como análisis principal un CV inferior a 15% en la dirección correspondiente. Este criterio mejoró la consistencia, pero redujo los denominadores de algunas variables. Para evitar que la conclusión dependiera exclusivamente de esa decisión, se realizó un análisis de sensibilidad con los 88 adultos, independientemente del CV.

Los datos faltantes no se imputaron porque las variables ausentes dependían principalmente de la calidad y disponibilidad de la prueba. Cada análisis reportó su número válido. Esta estrategia hace explícita la diferencia entre la cohorte de participantes y el denominador de cada resultado.

La alineación entre el eje del dinamómetro y el eje funcional del movimiento reduce errores derivados de traslaciones y cambios del brazo de palanca. La estabilización del tronco y la escápula limita compensaciones, pero una fijación excesiva también puede alejar la prueba del patrón funcional. Lo importante es aplicar una configuración reproducible y registrar cualquier modificación.

El orden de los lados puede producir aprendizaje o fatiga. En esta base se evaluó primero el lado no dominante y después el dominante, de modo que cualquier efecto sistemático del orden coincide con la lateralidad. Al tratarse de datos ya obtenidos, no fue posible aleatorizar; esta característica debe considerarse al interpretar diferencias pequeñas, especialmente en rotación externa.

El CV expresa la desviación relativa de las repeticiones respecto a su media y permite detectar series inestables. Sin embargo, un CV bajo no garantiza esfuerzo máximo: cinco repeticiones submáximas consistentes también pueden producir poca dispersión. El control de calidad debe combinar consistencia, observación de la curva y juicio del evaluador. En esta tesis el CV fue el criterio reproducible disponible y se acompañó de sensibilidad (Atkinson & Nevill, 1998; Hopkins, 2000).

La confiabilidad se refiere a la repetición de una medición con error aceptable. El coeficiente de correlación intraclase describe confiabilidad relativa; el error estándar y el cambio mínimo detectable valoran error absoluto. La cohorte no tuvo sesiones repetidas, de modo que no

se estimaron estos parámetros (Atkinson & Nevill, 1998; Hopkins, 2000; Portney & Watkins, 2015).

2.8 Razones de fuerza y balance muscular

La razón convencional RE/RI se calcula con valores concéntricos de ambos grupos a la misma velocidad. Expresa el torque externo como porcentaje del interno. En lanzadores profesionales se han comunicado valores cercanos a 60-65%, pero la razón depende de la velocidad, el plano, la población y el método de cálculo (Berckmans et al., 2017; Codine et al., 1997; Wilk et al., 1993).

La razón funcional combina RE excéntrica con RI concéntrica y contrasta control posterior y aceleración. Difiere del cociente concéntrico utilizado en esta tesis y depende del ángulo, la velocidad y la calidad de ambas mediciones (Berckmans et al., 2017).

Además, una razón puede cambiar por modificación del numerador, del denominador o de ambos. Dos jugadores con la misma razón pueden tener niveles absolutos de fuerza muy distintos. Por ello, la razón se interpreta junto con el pico de par y no como una etiqueta independiente de normalidad.

La razón convencional puede ocultar debilidad bilateral o fortaleza bilateral. Por ejemplo, una relación de 65% puede resultar de 39/60 Nm o de 52/80 Nm; el balance proporcional es idéntico, pero la capacidad absoluta difiere. Por ello, la razón se reporta junto al pico de par de cada grupo y nunca como sustituto de los valores absolutos.

El intervalo considerado habitual cambia con la velocidad. A velocidades bajas, la ventaja de los rotadores internos puede producir razones menores; conforme aumenta la velocidad, la relación puede cambiar por una pérdida de torque distinta entre grupos. La postura, el plano

escapular y el tipo de contracción también modifican el resultado, de modo que un rango de referencia solo es aplicable a un protocolo comparable (Berckmans et al., 2017; Codine et al., 1997; Wilk et al., 1993).

La razón funcional integra una acción excéntrica de rotación externa y una concéntrica de rotación interna, aproximándose conceptualmente al control de desaceleración. Aun así, no reproduce la coordinación real del lanzamiento ni incorpora músculos escapulares y tronco. Su utilidad potencial no justifica calcularla con datos concéntricos; hacerlo mezclaría fenómenos diferentes.

2.9 Asimetría bilateral: magnitud, dirección y límites

En esta investigación, la asimetría se definió como una comparación cuantitativa entre lados y no como una categoría clínica. La fórmula dividió la diferencia dominante-no dominante entre el mayor de ambos valores, con lo que la magnitud permaneció acotada y el signo conservó la dirección. Esta elección metodológica debe declararse porque una fórmula distinta puede cambiar el porcentaje aun cuando los torques originales sean idénticos.

El umbral de 10% se utiliza con frecuencia como referencia descriptiva, pero no existe evidencia suficiente para considerarlo un punto de corte diagnóstico universal en beisbolistas profesionales. La repetición de un deporte asimétrico puede producir diferencias sistemáticas sin síntomas. Además, el error de medición y la variabilidad biológica pueden acercarse a la magnitud de algunos cambios pequeños.

La interpretación clínica prioriza la dirección, el grupo muscular y el cambio individual. La magnitud y el signo dependen de la prueba, la métrica y el momento de evaluación, por lo que

el seguimiento de los valores originales resulta más informativo que una categoría aislada (Afonso et al., 2025).

Existen varias fórmulas de asimetría: diferencia respecto al lado de referencia, diferencia respecto a la media bilateral o diferencia respecto al valor mayor. Cada fórmula produce porcentajes distintos, en especial cuando la diferencia es grande. Reportar la ecuación es indispensable para reproducir el análisis y comparar estudios.

La magnitud absoluta responde cuánto difieren los lados, mientras que el signo indica cuál es mayor. Eliminar el signo puede mezclar adaptaciones opuestas; por ejemplo, una asimetría externa favorable al lado no dominante y una interna favorable al dominante podrían tener igual magnitud, pero representan perfiles funcionales distintos. Esta tesis conserva ambas dimensiones.

Un umbral fijo ignora el error de medición. Si la confiabilidad del protocolo no está establecida localmente, una diferencia cercana al 10% puede incluir variación técnica y biológica. El seguimiento individual debería considerar cambio mínimo detectable o intervalos de variación del propio jugador. En ausencia de esas estimaciones, el 10% se utiliza solo para describir frecuencia (Atkinson & Nevill, 1998; Hopkins, 2000; Portney & Watkins, 2015).

La simetría tampoco es siempre el objetivo. En deportes marcadamente laterales, algunas diferencias pueden contribuir al rendimiento. La intervención debe dirigirse a déficits vinculados con síntomas, función o cambios respecto a la línea basal, no a borrar toda diferencia bilateral de manera automática.

2.10 Demandas según la posición de juego

Las demandas del brazo varían dentro y entre posiciones. El lanzador concentra acciones máximas planificadas; el receptor combina devoluciones con intentos intensos hacia las bases; los jugadores de cuadro realizan envíos rápidos desde apoyos variables; y los jardineros alternan distancias largas con periodos de menor participación. La posición resume el rol general, mientras que la exposición individual requiere medidas de carga.

No obstante, la posición no resume la exposición individual. El rol dentro del equipo, el historial de entradas, la velocidad, el tipo de entrenamiento y las lesiones previas pueden producir mayor variación dentro de una posición que entre posiciones. Los estudios profesionales han mostrado resultados opuestos respecto a lanzadores y jugadores de posición (Brown et al., 1988; Michener et al., 2021).

Por ello, la comparación por posición en un estudio transversal debe acompañarse de tamaños del efecto, precisión y denominadores. La ausencia de significación no demuestra equivalencia, particularmente cuando los grupos son pequeños y desiguales.

Los lanzadores concentran la exposición de mayor intensidad, pero el grupo incluye abridores, relevistas y roles variables. Los abridores suelen acumular más lanzamientos por aparición y los relevistas pueden competir con mayor frecuencia y menor anticipación. Sin información de rol y carga, la categoría lanzador agrupa exposiciones heterogéneas.

El receptor realiza devoluciones repetidas y lanzamientos máximos ocasionales hacia las bases; además, su postura puede influir en movilidad de cadera y tronco. Los jugadores de cuadro necesitan liberar la pelota con rapidez desde apoyos no ideales, mientras que los

jardineros utilizan desplazamientos más amplios. Estas demandas pueden afectar potencia, coordinación y fuerza, pero no necesariamente producir diferencias detectables a 60 grados/s.

La selección deportiva también puede influir. Los jugadores llegan a una posición por combinación de habilidades, antropometría, velocidad, precisión y necesidades del equipo. Por tanto, una diferencia observada no siempre es adaptación causada por la posición; puede precederla. Un diseño longitudinal desde etapas formativas permitiría distinguir mejor selección y adaptación.

El tamaño desigual de los grupos afecta la precisión. Una mediana semejante en seis receptores no aporta la misma certeza que una estimada en 52 lanzadores. Los tamaños del efecto y los intervalos son esenciales para reconocer la incertidumbre aun cuando la prueba global no sea significativa.

2.11 Aplicación clínica de la evaluación isocinética

En la práctica, el dinamómetro puede documentar una línea basal, seguir la recuperación y cuantificar cambios de un mismo jugador. El dato adquiere mayor significado cuando se analiza junto con dolor, movilidad, control escapular, carga reciente y desempeño específico. La prueba aporta una medida objetiva bajo condiciones controladas; no sustituye la valoración clínica ni determina de manera automática el retorno al lanzamiento (Ellenbecker & Davies, 2000; Wilk, Yenchak, et al., 2011).

En el retorno al deporte, el hombro contralateral es una referencia parcial y el historial del propio jugador suele ser más informativo. También deben considerarse la tolerancia a la progresión de lanzamientos y la recuperación posterior. Los programas de ejercicio para

lanzadores integran fuerza, resistencia, control escapular y cadena cinética (Wilk, Yenchak, et al., 2011).

Esta tesis aporta valores descriptivos de una cohorte profesional evaluada con un protocolo específico. Su aplicación debe restringirse a contextos comparables y al seguimiento, sin convertir los resultados en normas poblacionales definitivas.

Una evaluación basal resulta más útil cuando se realiza en condiciones estandarizadas: fase de la temporada, tiempo desde la última sesión de lanzamiento, presencia de dolor, calentamiento, posición y velocidad. Estos datos permiten interpretar cambios posteriores y separar una variación esperable de una modificación potencialmente relevante.

En rehabilitación, la progresión no depende solo del torque. Debe valorarse movilidad, fuerza escapular, tolerancia a acciones rápidas, control excéntrico, pruebas funcionales y respuesta a un programa de lanzamientos. La dinamometría puede documentar un dominio, pero no sustituye el retorno gradual ni la observación de síntomas (Cools et al., 2014; Wilk, Yenchak, et al., 2011).

La prescripción debe responder al mecanismo identificado. Un jugador con menor rotación externa concéntrica puede requerir trabajo de fuerza si el hallazgo es reproducible y clínicamente congruente; otro con igual porcentaje, sin síntomas y con línea basal estable, quizá no requiera intervención específica. El contexto determina la acción.

Los datos grupales sirven para describir una población y generar hipótesis. La comparación clínica de un individuo con una mediana grupal debe considerar edad, tamaño corporal, posición, experiencia y protocolo. En general, el cambio intraindividual con técnica idéntica ofrece mayor utilidad que una etiqueta transversal.

2.12 Indicadores isocinéticos: conceptualización, descripción y límites interpretativos

En esta tesis, el término indicador isocinético designa una variable cuantitativa derivada de la curva de torque registrada durante un movimiento realizado contra la resistencia acomodativa del dinamómetro a una velocidad angular programada. Cada indicador resume una propiedad distinta del desempeño neuromuscular bajo condiciones específicas de postura, estabilización, arco, velocidad y modalidad de contracción; por ello, ninguno representa por sí solo la función global del hombro (Dvir, 2004; Ellenbecker & Davies, 2000).

Pico de par. Es el valor máximo de torque —momento de fuerza alrededor del eje articular— alcanzado durante una repetición o una serie y se expresa en newton-metro. Se utiliza como indicador de la capacidad máxima producida en el protocolo, pero puede depender de un instante y un ángulo concretos; su interpretación exige revisar la calidad de la curva y la consistencia de los intentos (Dvir, 2004; Edouard et al., 2011; Ellenbecker & Davies, 2000).

Potencia media. Expresa la tasa promedio a la que se realiza trabajo mecánico durante las repeticiones válidas y se reporta en watts. Integra torque, desplazamiento angular y tiempo, de modo que describe una dimensión diferente al valor máximo aislado; cambia con la velocidad programada, el arco efectivo y el algoritmo de cálculo del equipo (Dvir, 2004).

Tiempo al pico de par. Corresponde al intervalo, en milisegundos, desde el inicio de la repetición hasta el momento en que se alcanza el torque máximo. Describe la temporalidad del máximo dentro del movimiento, pero no equivale a la tasa de desarrollo del torque, que requiere analizar la pendiente de la curva torque-tiempo y una ventana temporal definida (Dvir, 2004).

Ángulo al pico de par. Es la posición angular en la que aparece el torque máximo. Puede aportar información sobre el lugar del arco en que se expresa la mayor capacidad, aunque está

condicionado por la relación longitud-tensión, el brazo de momento, el rango seleccionado y la porción realmente isocinética de la repetición. Por ello, solo debe compararse entre pruebas con una configuración equivalente (Dvir, 2004; Edouard et al., 2011).

Razón convencional RE/RI. Se calcula dividiendo el pico de par concéntrico de rotación externa entre el pico de par concéntrico de rotación interna obtenido a la misma velocidad y multiplicando por 100. Describe el balance proporcional entre antagonistas y agonistas, pero puede ocultar valores absolutos bajos o altos y propaga el error de sus dos componentes. Tampoco sustituye a la razón funcional excéntrica-concéntrica utilizada para estudiar el control de la desaceleración (Berckmans et al., 2017; Ellenbecker & Davies, 2000).

Trabajo-fatiga. Es una salida porcentual basada en la disminución del trabajo realizado a lo largo de una serie repetida y se utiliza para aproximarse a la pérdida de capacidad durante el esfuerzo. Los estudios que investigan fatiga isocinética del hombro han empleado series de 12 a 20 repeticiones, no cinco; por tanto, la salida recuperada en esta base se conserva únicamente como variable exploratoria y no se interpreta como medida válida de resistencia o fatiga fisiológica (Dale et al., 2007; Ellenbecker & Roetert, 1999).

Asimetría bilateral. Es la diferencia relativa entre el desempeño de ambos miembros calculada mediante una fórmula explícita. Su magnitud indica cuánto difieren los lados y el signo identifica la dirección; el porcentaje cambia según el denominador elegido, por lo que la ecuación debe informarse y mantenerse constante. Una asimetría describe una diferencia, pero no constituye por sí misma diagnóstico, disfunción o predictor de lesión (Bishop et al., 2018).

La Tabla 2 reúne la definición operativa, la unidad, la utilidad descriptiva y la principal limitación de cada indicador utilizado en el estudio. Su lectura conjunta permite reconocer qué

dimensión resume cada salida y evita interpretar como equivalentes variables que responden a preguntas distintas.

Tabla 2.

Variables isocinéticas, significado y principales limitaciones interpretativas.

Variable	Definición	Unidad	Aporta	Limitación principal
Pico de par	Máximo torque de una repetición o serie	Nm	Capacidad máxima en el protocolo	Puede depender de un punto angular y del esfuerzo
Potencia media	Trabajo realizado por unidad de tiempo	W	Producción mecánica promedio	Depende de velocidad, rango y algoritmo
Tiempo al pico	Tiempo hasta alcanzar el máximo	ms	Temporalidad del máximo	No equivale a tasa de desarrollo de torque
Ángulo al pico	Posición angular del máximo	grados	Ubicación del torque dentro del arco	Sensible al rango individualizado
Razón RE/RI	Pico de RE dividido por pico de RI	%	Balance proporcional concéntrico	Oculto la magnitud absoluta y combina dos errores
Trabajo-fatiga	Cambio porcentual del trabajo a lo largo de la serie	%	Salida exploratoria sobre pérdida de trabajo	Cinco repeticiones no representan resistencia fisiológica

Variable	Definición	Unidad	Aporta	Limitación principal
Asimetría	Diferencia bilateral con fórmula explícita	%	Magnitud y dirección entre lados	No es diagnóstico ni pronóstico por sí sola

Nota. RE: rotación externa; RI: rotación interna; D: hombro dominante.

2.13 Normalización del torque y composición corporal

El torque absoluto es relevante para conocer la capacidad mecánica total, pero tiende a ser mayor en sujetos de mayor tamaño. La normalización por masa corporal intenta mejorar la comparación entre jugadores, aunque supone una relación lineal que no siempre se cumple. Métodos alométricos pueden modelar mejor la relación entre fuerza y tamaño, pero requieren muestras suficientes y variables antropométricas confiables.

La masa libre de grasa puede ser una referencia fisiológicamente más próxima a la capacidad muscular que el peso total. Sin embargo, la bioimpedancia estima compartimentos mediante ecuaciones y depende de hidratación, alimentación y condiciones previas. Combinar una medición de torque precisa con una estimación corporal inestable puede introducir error adicional.

En esta base no se reconstruyeron valores normalizados porque la versión analítica definitiva priorizó las variables absolutas disponibles de manera consistente. La grasa corporal y la masa muscular se describieron para caracterizar la cohorte, pero no se utilizaron simultáneamente en modelos debido a su elevada colinealidad. Esta decisión evita una precisión aparente no sustentada por los datos.

2.14 Error de medición y cambio clínicamente interpretable

Toda medición contiene variación biológica y técnica. La confiabilidad relativa indica si se conserva el orden entre individuos; la confiabilidad absoluta cuantifica cuánto puede variar una puntuación. Para seguimiento clínico interesa especialmente el error estándar de medición y el cambio mínimo detectable, porque ayudan a decidir si un cambio excede la variación esperada (Atkinson & Nevill, 1998; Hopkins, 2000; Portney & Watkins, 2015).

La significación estadística grupal responde a una pregunta distinta del cambio clínico individual. Una diferencia pequeña puede ser estadísticamente significativa en una muestra grande, mientras que una diferencia importante para un jugador puede no producir significación grupal. En el presente estudio, los tamaños del efecto y los intervalos acompañan los valores de p para evitar una interpretación dicotómica.

La diferencia de rotación externa observada fue moderada como efecto de rangos, pero pequeña en unidades absolutas. Su interpretación debe considerar el posible efecto del orden de prueba y el error del protocolo. En rotación interna, la diferencia absoluta y el tamaño del efecto fueron mayores y coherentes con la dirección de las asimetrías.

2.15 Temporalidad, fatiga y recuperación

El perfil del hombro cambia a lo largo de una sesión, un microciclo y una temporada. El lanzamiento agudo puede reducir movilidad y modificar percepción de esfuerzo; la acumulación de carga puede alterar fuerza y coordinación. Una medición pretemporada representa un momento específico y no necesariamente el estado durante la competencia (Bakshi et al., 2020; Reinold et al., 2008).

La fatiga periférica implica cambios en la capacidad contráctil, mientras que la fatiga central modifica la activación voluntaria. En campo, ambas interactúan con dolor, sueño, recuperación y motivación. Una serie de cinco contracciones no distingue estos mecanismos y no debe usarse como prueba de tolerancia a un volumen de lanzamientos.

El seguimiento longitudinal debería registrar tiempo desde la última aparición, número e intensidad de lanzamientos, trabajo de gimnasio y síntomas. Con esa información, los cambios

de torque pueden relacionarse con carga reciente y recuperación. Sin ella, la comparación transversal describe diferencias, pero no explica su temporalidad.

2.16 De la detección al pronóstico de lesión

Pasar de una asociación a una herramienta de detección exige demostrar desempeño en una población definida y frente a un desenlace posterior. No basta con que una variable difiera entre lesionados y no lesionados: deben conocerse sus errores de clasificación, el efecto de la exposición y su estabilidad en otra cohorte. Las revisiones sobre lesiones del brazo en deportes overhead muestran que muchos factores ofrecen evidencia limitada o heterogénea (Agresta et al., 2019; Asker et al., 2018).

La predicción individual enfrenta el problema de baja frecuencia y múltiples determinantes. Incluso un factor con asociación moderada puede generar numerosos falsos positivos cuando el desenlace es infrecuente. Clasificar como en riesgo a todo jugador que supera 10% de asimetría puede medicalizar adaptaciones normales y conducir a intervenciones innecesarias.

El diseño transversal de esta tesis no incluye un desenlace posterior. Por ello, las palabras riesgo, predictor y prevención solo se utilizan al discutir literatura prospectiva, no para clasificar a la cohorte. Esta separación protege la validez de la conclusión y facilita plantear el siguiente estudio adecuado.

2.17 Prevención, preparación física y tolerancia a la carga

La prevención en béisbol no consiste en corregir una sola variable, sino en aumentar la capacidad del jugador para tolerar las demandas previstas y organizar la exposición. Un programa completo integra fuerza de miembros inferiores y tronco, control escapular, capacidad

de los rotadores, movilidad específica, potencia y recuperación. La selección de ejercicios debe responder a la evaluación individual y al calendario competitivo.

La fuerza máxima proporciona una reserva que puede reducir el esfuerzo relativo de cada lanzamiento, pero no garantiza resistencia ni coordinación. La capacidad para repetir acciones requiere además metabolismo local, eficiencia técnica y recuperación. Por eso una prueba de cinco repeticiones se complementa, cuando la pregunta lo requiere, con protocolos de resistencia, pruebas de potencia y observación de la respuesta a lanzar.

El trabajo de rotación externa debe contemplar acciones concéntricas, isométricas y excéntricas, además de ejercicios que integren la escápula. Sin embargo, más carga no siempre es mejor: el volumen de fortalecimiento debe coordinarse con bullpen, competencia y gimnasio para evitar que el programa preventivo se convierta en otra fuente de fatiga. El seguimiento de síntomas y rendimiento permite ajustar la dosis.

Los programas descritos para lanzadores, como Advanced Thrower's Ten, ofrecen una estructura de ejercicios, pero deben individualizarse según fase de temporada, experiencia y tolerancia (Wilk, Yenchak, et al., 2011). La evidencia no respalda prescribir una rutina idéntica a todos los jugadores a partir de una razón RE/RI o una asimetría aislada.

La movilidad también requiere una meta contextual. El objetivo no es igualar obligatoriamente rotación interna entre lados, sino preservar un arco funcional, vigilar cambios agudos y atender restricciones sintomáticas. La adaptación ósea limita cuánto puede modificarse con estiramiento; insistir sobre una diferencia estructural puede no aportar beneficio y puede alterar una adaptación útil (Borsa et al., 2005; Crockett et al., 2002; Lintner et al., 2007; Reuther et al., 2018; Tokish et al., 2008).

La gestión de carga incluye anticipar aumentos de competencia, viajes y periodos de menor recuperación. En lanzadores profesionales, la carga promedio y el rol se han relacionado con pinzamiento interno, aunque no se observó un aumento agudo uniforme antes del diagnóstico (Chalmers et al., 2023). La cuantificación debe integrar volumen, intensidad, descanso, función y respuesta individual (Bakshi et al., 2020).

2.18 Retorno al lanzamiento y uso de criterios objetivos

La reincorporación al lanzamiento se organiza por criterios y etapas: recuperación de la función clínica y la fuerza, seguida de progresión de distancia, intensidad, volumen y frecuencia hasta las exigencias del rol. La autorización médica, el retorno a la competencia y la recuperación del rendimiento son hitos distintos (Da Silva et al., 2025; Schwank et al., 2022).

La dinamometría aporta un criterio objetivo dentro de una decisión multifactorial. La línea basal individual suele ser una referencia más informativa que un porcentaje universal; cuando no existe, se integran datos grupales, exploración, síntomas, pruebas funcionales y tolerancia a la carga (Schwank et al., 2022).

Los criterios de progresión pueden incluir ausencia de dolor relevante, movilidad funcional, fuerza suficiente y tolerancia a cargas crecientes. También debe observarse la respuesta durante las 24 horas posteriores, porque algunos síntomas aparecen después del estímulo. Un resultado favorable en laboratorio no compensa una mala tolerancia a la progresión de lanzamientos.

La fuerza de rotación externa merece atención por su papel estabilizador y por asociaciones prospectivas previas (Byram et al., 2010), pero debe evaluarse en más de una modalidad cuando sea posible. La fuerza isométrica, concéntrica y excéntrica responden a

preguntas distintas. Una batería breve y reproducible puede ser más útil que numerosos indicadores poco confiables.

La decisión final es interdisciplinaria. El médico integra diagnóstico y riesgos; fisioterapia y preparación física documentan capacidad y progresión; el entrenador aporta exigencias del rol; y el jugador informa confianza y síntomas. La medición objetiva mejora la conversación cuando se interpreta dentro de este proceso.

Los valores de esta tesis contextualizan evaluaciones semejantes y apoyan la construcción de líneas basales locales. Los criterios de alta requieren además recuperación clínica, función específica y tolerancia progresiva al lanzamiento.

CAPÍTULO 3. ANTECEDENTES

3.1 Estudios isocinéticos fundacionales en beisbolistas profesionales

Brown et al. evaluaron a 41 jugadores de Grandes Ligas y compararon rango de movimiento y fuerza isocinética de los rotadores. Los lanzadores produjeron mayor torque que los jugadores de posición en las condiciones estudiadas, lo que apoyó la posibilidad de adaptaciones específicas del rol (Brown et al., 1988). Sin embargo, las velocidades y métodos empleados difieren de los protocolos actuales y limitan la comparación directa.

Wilk et al. estudiaron a 150 lanzadores profesionales a 180 y 300 grados/s. Describieron razones RE/RI cercanas a 65% y 61%, respectivamente, y diferencias bilaterales que variaron según la velocidad (Wilk et al., 1993). Este trabajo consolidó la importancia de especificar el protocolo y de no trasladar una razón obtenida a una velocidad hacia otra.

Ellenbecker y Mattalino (1997) evaluaron bilateralmente a 125 lanzadores y observaron mayor fuerza de rotación interna en el lado dominante sin una diferencia equivalente en rotación externa. Donatelli et al. (2000), en 39 lanzadores profesionales, describieron rotadores internos más fuertes y externos relativamente más débiles en el hombro de lanzamiento. En conjunto, estos estudios anticiparon el patrón bilateral que motivó el presente análisis, pero también mostraron que no es completamente uniforme.

Los estudios fundacionales establecieron que la lateralidad del lanzador no puede describirse como una simple pérdida de fuerza. Dependiendo de la velocidad, se observaron rotadores internos dominantes más fuertes, rotadores externos semejantes o relativamente menores y razones RE/RI variables. Esta diversidad permitió abandonar la expectativa de

simetría perfecta y orientó el uso de perfiles específicos por protocolo (Brown et al., 1988; Donatelli et al., 2000; Ellenbecker & Mattalino, 1997; Wilk et al., 1993).

También mostraron la importancia del tamaño muestral y la selección. Algunos trabajos incluyeron únicamente lanzadores; otros agruparon jugadores de posición; y varios utilizaron equipos o posturas distintas. En consecuencia, las diferencias numéricas entre publicaciones pueden reflejar tanto fisiología como diseño de medición.

3.2 Comparaciones por posición y procedencia

La comparación entre lanzadores y jugadores de posición ha producido resultados discordantes. Mientras Brown et al. (1988) observaron mayor torque en lanzadores, Michener et al. (2021) analizaron 242 jugadores profesionales de ligas menores mediante dinamometría isométrica y encontraron entre 14% y 20% más fuerza de rotación interna y externa en jugadores de posición.

Michener et al. (2021) también documentaron diferencias relacionadas con la región de origen, lo que sugiere que antecedentes de entrenamiento, desarrollo y selección pueden influir en los perfiles. Este antecedente es particularmente relevante para cohortes evaluadas en México, donde convergen jugadores de diversas nacionalidades y trayectorias competitivas.

La contradicción no necesariamente implica que un estudio sea incorrecto: puede reflejar diferencias de modalidad isométrica o isocinética, postura, velocidad, normalización, nivel de liga, composición de los grupos y momento de la temporada. La presente tesis reporta valores absolutos porque la base no permitía una normalización corporal suficientemente robusta para todos los desenlaces.

Las diferencias por procedencia descritas por Michener et al. (2021) plantean que el perfil puede incorporar historia de entrenamiento, edad de especialización, acceso a preparación física y criterios de selección. En una liga internacional como la mexicana, la nacionalidad no equivale a un programa de desarrollo homogéneo, pero sirve para reconocer que la cohorte no representa una única trayectoria formativa.

La modalidad de evaluación modifica la comparación: la dinamometría isométrica mide fuerza en un ángulo fijo, mientras que la isocinética resume torque durante un arco. Un grupo puede diferir en una modalidad y no en otra. Por ello, el contraste entre Brown y Michener debe leerse como evidencia complementaria, no como resultados directamente opuestos.

3.3 Razones isocinéticas en deportes overhead

Codine et al. (1997) compararon disciplinas deportivas y mostraron que el balance de los rotadores varía con las demandas del deporte. Posteriormente, Berckmans et al. (2017) sintetizaron la evidencia sobre razones isocinéticas en deportistas overhead y señalaron que la razón funcional puede ofrecer información distinta a la razón concéntrica convencional.

Estos antecedentes desaconsejan emplear un intervalo único de RE/RI como criterio universal. La razón depende del tipo de contracción y del protocolo. En esta tesis se describe la razón concéntrica RE/RI del hombro dominante, pero no se clasifica a los participantes como normales o anormales a partir de ella.

La revisión de Berckmans et al. (2017) evidenció heterogeneidad en velocidades, posiciones y definiciones de razón funcional. Esta variabilidad explica por qué los intervalos propuestos no funcionan como límites universales. Además, la razón presenta propagación del

error de dos mediciones, por lo que puede ser menos confiable que cada pico por separado (Edouard et al., 2011).

3.4 Fuerza pretemporada y lesiones posteriores

Byram et al. (2010) realizaron seguimiento prospectivo de lanzadores de una organización profesional durante cinco temporadas y encontraron que una menor fuerza pretemporada de rotación externa y supraespinoso se asociaba con lesiones que requirieron cirugía. Este estudio sustenta la relevancia clínica de medir fuerza, pero su diseño, modalidad isométrica y desenlace no permiten trasladar un punto de corte directo a una prueba concéntrica isocinética.

Agresta et al. (2019) incluyeron estudios prospectivos en una revisión sistemática y encontraron que algunos déficits de movilidad y fuerza se asociaron con lesión del brazo, al mismo tiempo que destacaron limitaciones de exposición, repetición de cohortes y medición. Bullock et al. (2018) identificaron asociaciones entre déficits de movilidad y lesiones, mientras que Asker et al. (2018) concluyeron que la evidencia en deportes overhead era limitada o conflictiva para varios factores.

La asociación prospectiva depende del desenlace, la exposición y la población. El presente estudio transversal describe perfiles y asimetrías; la estimación de riesgo y la validación de umbrales requieren seguimiento.

El estudio de Byram et al. (2010) incorporó seguimiento, pero utilizó fuerza isométrica y lesiones que requirieron cirugía. Su aplicación a otros protocolos exige replicación y evaluación del desempeño predictivo.

Los modelos recientes en lanzadores profesionales integran exposición, rol y factores clínicos o mecánicos, y muestran que la carga de lesión es multidimensional. Su aplicación requiere validación externa y una evaluación separada de hombro y codo (Bullock et al., 2022; Dillon et al., 2026).

3.5 Fatiga, temporada y temporalidad de la medición

La función del hombro cambia con la carga aguda y acumulada. Reinold et al. (2008) documentaron cambios inmediatos de movilidad después de lanzar. Estos hallazgos apoyan la estandarización del momento de evaluación y el seguimiento repetido durante la temporada.

Los protocolos destinados a resistencia muscular utilizan más repeticiones que las pruebas de fuerza máxima. Ellenbecker y Roetert (1999) emplearon 20 repeticiones máximas a 300 grados/s para estudiar fatiga isocinética. Por comparación, cinco repeticiones a 60 grados/s son apropiadas para caracterizar el pico de par, pero ofrecen una base limitada para interpretar la salida de trabajo-fatiga. En esta tesis se conserva esa variable solo como exploratoria.

El momento de evaluación explica parte de la variación entre estudios. Las pruebas realizadas al inicio de pretemporada pueden capturar desentrenamiento o preparación reciente; las de mitad de temporada incorporan carga acumulada; las posteriores a lanzar reflejan fatiga aguda. Comparar valores sin ubicar temporalidad puede atribuir al jugador una diferencia que corresponde al calendario.

3.6 Vacío de conocimiento y aporte del estudio

La evidencia profesional disponible se concentra en Estados Unidos, utiliza protocolos diferentes y ofrece resultados contradictorios por posición y lateralidad. Se dispone de poca

información específica de jugadores evaluados en organizaciones de la Liga Mexicana de Beisbol.

El aporte de este estudio consiste en describir una cohorte profesional adulta, transparentar el control de calidad, conservar la dirección de las asimetrías, reportar tamaños del efecto y separar hallazgos descriptivos de inferencias de riesgo. Esta aproximación corrige la tendencia a convertir diferencias bilaterales en diagnósticos sin validación prospectiva.

La escasez de datos mexicanos no implica que la cohorte deba convertirse en norma nacional. La muestra procede de una organización y un periodo definidos. Su valor consiste en aportar una descripción transparente que pueda compararse con futuras cohortes mediante el mismo protocolo.

El control de calidad y el análisis de sensibilidad son aportes centrales. En lugar de ocultar denominadores variables, el estudio muestra cuántas mediciones cumplieron consistencia y comprueba si excluirlas cambia la conclusión. Este enfoque favorece la reproducibilidad y la interpretación crítica.

3.7 Evidencia sobre adaptación ósea y de tejidos blandos

Crockett et al. (2002) documentaron mayor retroversión humeral y un desplazamiento del arco de rotación en lanzadores profesionales. Borsa et al. (2005) observaron relaciones entre movilidad y traslación, mientras que Tokish et al. (2008) demostraron que el déficit de rotación interna puede existir en lanzadores asintomáticos y relacionarse con retroversión. Estos trabajos obligan a interpretar las diferencias bilaterales dentro de la adaptación estructural.

Lintner et al. (2007) encontraron mayor rotación interna y arco total en jugadores con participación prolongada en un programa de estiramiento. Reuther et al. (2018) mostraron que

corregir la movilidad por retroversión modifica la estimación del componente de tejidos blandos. En conjunto, la literatura indica que una misma diferencia clínica puede tener orígenes distintos.

La arquitectura muscular también puede adaptarse, aunque no de manera uniforme. Thomas et al. (2021) no encontraron diferencias bilaterales claras de fuerza o arquitectura posterior en una organización con entrenamiento bilateral intenso. Este hallazgo ofrece una explicación plausible para la variabilidad entre equipos y refuerza la necesidad de documentar programas de preparación física.

3.8 Heterogeneidad de los protocolos publicados

Los protocolos varían en plano, abducción, postura, rango, velocidad, contracción, repeticiones y normalización. Cada componente modifica la longitud muscular, el brazo de momento y la proporción del arco verdaderamente isocinética, por lo que la comparación exige equivalencia metodológica (Dvir, 2004; Edouard et al., 2011; Ellenbecker & Davies, 2000).

La velocidad de 60 grados/s privilegia torque máximo; 180 y 300 grados/s evalúan condiciones más rápidas y suelen utilizarse para razones o resistencia. Los protocolos excéntricos aportan información distinta, pero son más exigentes y requieren familiarización. El presente estudio se ubica específicamente en cinco repeticiones concéntricas a velocidad baja.

La forma de reportar también varía: valores absolutos, normalización por masa, porcentajes del lado contralateral o razones. Para comparar poblaciones, la unidad y el denominador deben coincidir. Esta tesis conserva valores absolutos y explicita que no pueden interpretarse como equivalentes a Nm/kg.

3.9 Síntesis crítica de los antecedentes

La evidencia previa permite esperar un patrón bilateral, pero no anticipa una dirección única para todas las variables. La rotación interna dominante suele ser mayor en varios estudios; la rotación externa muestra resultados más variables; y la razón depende del protocolo. Las comparaciones por posición son inconsistentes y pueden estar influidas por modalidad y selección.

La literatura prospectiva confirma interés clínico de la fuerza, pero no valida el umbral de 10% utilizado descriptivamente. Los estudios de movilidad y adaptación ósea demuestran que diferencias bilaterales pueden existir sin síntomas. Estas dos líneas de evidencia deben integrarse: medir es útil, pero clasificar riesgo exige seguimiento y validación.

A partir de esta síntesis, el estudio formula expectativas prudentes: describir la cohorte, explorar posición, comparar lados y cuantificar asimetrías. No pretende establecer valores normativos, diagnosticar disfunción ni predecir lesiones.

La Tabla 3 resume los estudios que sustentan la comparación con beisbolistas profesionales, destacando población, método, variables y aporte principal de cada antecedente.

Tabla 3.

Síntesis de estudios relevantes en beisbolistas profesionales.

Estudio	Población	Método	Variables	Aporte principal
Brown et al. (1988)	Grandes Ligas	Isocinética bilateral	Torque y movilidad	Mayor torque en lanzadores bajo el protocolo empleado
Wilk et al. (1993)	150 lanzadores profesionales	180 y 300 grados/s	Pico y razón RE/RI	La razón y las diferencias cambiaron con la velocidad
Ellenbecker y Mattalino (1997)	125 lanzadores	Isocinética concéntrica	RE y RI bilaterales	Mayor RI dominante; RE sin diferencia equivalente
Donatelli et al. (2000)	39 lanzadores	Evaluación de fuerza de hombro	RE y RI	RI más fuertes y RE relativamente menores en lado dominante
Michener et al. (2021)	242 jugadores de ligas menores	Dinamometría isométrica	RE y RI por tipo de jugador	Jugadores de posición más fuertes; efecto de procedencia
Byram et al. (2010)	Lanzadores profesionales	Cohorte prospectiva	Fuerza pretemporada y lesión	Asociación con lesiones quirúrgicas; no aporta umbral isocinético
Thomas et al. (2021)	28 lanzadores profesionales	Isometría, movilidad y ultrasonido	Fuerza y arquitectura	Sin diferencias bilaterales claras en organización con entrenamiento bilateral

Estudio	Población	Método	Variables	Aporte principal
Bullock et al. (2022)	Lanzadores profesionales	Modelo pronóstico retrospectivo	Carga de lesión y factores clínicos	La carga de lesión fue multidimensional y la validación por articulación fue menos precisa
Chalmers et al. (2023)	624 lanzadores profesionales con pinzamiento interno	Casos y controles con datos de uso	Descanso, entradas y bateadores enfrentados	La carga promedio difirió entre grupos, sin aumento agudo uniforme antes del diagnóstico
Dillon et al. (2026)	1.445 lanzadores de MLB	Cohorte retrospectiva 2015-2025	Días en lista de lesionados y seguimiento de lanzamientos	La carga de lesión varió por articulación, exposición, rol y características del lanzamiento

Nota. La heterogeneidad de modalidad, velocidad y posición impide tratar los valores como normas intercambiables.

3.10 Valores de referencia y representación latinoamericana

Un valor de referencia describe la distribución de una población definida bajo un protocolo definido. Para construir intervalos de referencia se necesita una muestra amplia, criterios de selección transparentes y control de factores como edad, sexo, nivel, posición y tamaño corporal. Una mediana de una sola organización no cumple estas condiciones y debe denominarse valor descriptivo de la cohorte.

La representación latinoamericana es relevante porque las rutas de desarrollo, temporadas, recursos de entrenamiento y composición de ligas pueden diferir de Estados Unidos. Sin embargo, Latinoamérica tampoco es una población homogénea. Agrupar jugadores mexicanos, caribeños y sudamericanos sin describir su historia puede ocultar variación sustancial.

La cohorte analizada incluyó principalmente mexicanos y una proporción menor de otras nacionalidades. El tamaño no permitió comparaciones confiables por país. Reportar la composición es importante para transparencia, pero interpretar diferencias culturales o formativas requeriría una muestra multicéntrica y variables específicas de entrenamiento.

La creación de referencias regionales debería coordinar protocolos entre organizaciones. La misma postura, velocidad, número de repeticiones, familiarización y unidad permitirían acumular datos comparables. Un repositorio anonimizado podría estimar percentiles y evaluar estabilidad por temporada sin convertirlos prematuramente en umbrales de riesgo.

Este estudio representa un primer paso descriptivo. Su aporte no reside en reemplazar referencias extranjeras con una nueva norma, sino en mostrar un método reproducible y una población que puede incorporarse a esfuerzos posteriores de mayor escala.

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Diseño y ámbito

Se realizó un estudio cuantitativo, observacional, transversal analítico y retrospectivo mediante la revisión de expedientes clínicos y evaluaciones isocinéticas de pretemporada disponibles entre enero de 2024 y enero de 2025. El trabajo se desarrolló en el Departamento de Medicina del Deporte y Rehabilitación del Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González" de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

4.2 Población y selección

Se consideraron todos los registros disponibles de jugadores de una organización profesional de la Liga Mexicana de Beisbol. Se incluyeron adultos de 18 años o más, sin lesión activa ni restricción para participar, con expediente y evaluación isocinética bilateral del hombro. El archivo inicial contenía 96 filas: se retiró una fila sin edad ni datos clínicos y se excluyeron siete jugadores menores de 18 años. Los 95 folios no vacíos fueron únicos; en la cohorte adulta no se identificaron folios repetidos ni filas clínicas idénticas. La cohorte analítica estuvo conformada por 88 adultos, con un registro por folio.

4.3 Variables y fuentes de información

La edad, nacionalidad, posición y lateralidad se obtuvieron del expediente. El porcentaje de grasa corporal y el porcentaje de masa muscular se determinaron mediante bioimpedancia multifrecuencia con un analizador seca mBCA Ultra (seca GmbH & Co. KG, Hamburgo, Alemania), de acuerdo con el procedimiento habitual del servicio.

Para el hombro dominante se analizaron pico de par (Nm), potencia media (W), tiempo al pico (ms), ángulo al pico (grados), trabajo-fatiga exportado por el equipo (%) y razón

convencional RE/RI (%). Las comparaciones bilaterales se limitaron a las variables disponibles para ambos hombros: pico de par y tiempo al pico de RE y RI. Los valores se analizaron en unidades absolutas; no se reconstruyó masa corporal ni se utilizaron variables normalizadas.

4.4 Evaluación isocinética

La sesión comenzó con cinco minutos de movilidad activa del hombro. Las mediciones se obtuvieron con un Biodex System 4 Pro (Biodex Medical Systems, Shirley, Nueva York, Estados Unidos). El jugador permaneció sentado y estabilizado, con 90 grados de abducción del hombro y 90 grados de flexión del codo; el arco se ajustó a la amplitud que podía completar sin dolor ni compensaciones visibles.

Cada dirección se evaluó mediante cinco esfuerzos máximos en modalidad concéntrica-concéntrica a 60 grados/s. El orden fue fijo: primero el hombro no dominante y después el dominante, con indicaciones verbales uniformes. Como la fuente retrospectiva no documentaba corrección por gravedad, calibración por sesión ni duración exacta del descanso, estos procedimientos no se incorporaron por inferencia.

4.5 Control de calidad

El umbral de CV menor de 15% se definió a priori como criterio operacional de consistencia. La base contenía categorías de CV del hombro dominante por dirección (menor de 15%, 15-20% y mayor de 20%), pero no el valor continuo ni el CV del hombro no dominante. El análisis principal incluyó las categorías menores de 15%: RE n=86, RI n=78 y ambas direcciones n=77. En las comparaciones bilaterales, la elegibilidad se determinó con el CV dominante de la dirección correspondiente; no fue posible exigir CV menor de 15% en ambos hombros. No se imputaron datos y la sensibilidad incluyó a los 88 adultos.

4.6 Variables derivadas

La razón convencional RE/RI se calculó con los valores absolutos del hombro dominante. La asimetría del pico de par se obtuvo como $100 \times (\text{dominante} - \text{no dominante}) / \text{máximo}(\text{dominante}, \text{no dominante})$. Los valores positivos indicaron mayor pico dominante y los negativos mayor pico no dominante. Se analizaron el valor continuo con signo y su magnitud absoluta; la frecuencia mayor de 10% se conservó como descripción secundaria exploratoria.

El trabajo-fatiga se consideró exploratorio porque cinco repeticiones no constituyen un protocolo específico de resistencia. No se construyó un desenlace combinado de indicadores y no se efectuó regresión logística de riesgo.

4.7 Análisis estadístico

La forma de las distribuciones se revisó con Shapiro-Wilk y gráficos. Las variables continuas se describieron con mediana y RIC, y las categóricas con frecuencias y porcentajes. Para contrastar las cuatro posiciones se aplicó Kruskal-Wallis con épsilon cuadrado. En el análisis pareado se utilizó Wilcoxon y se estimaron la diferencia mediana D-ND, su IC95% bootstrap, Hodges-Lehmann y la correlación biserial de rangos.

Las asimetrías continuas con signo y absolutas se compararon entre posiciones mediante Kruskal-Wallis. La clasificación mayor de 10% se examinó secundariamente con chi-cuadrada, 50.000 permutaciones Monte Carlo y V de Cramer. Holm ajustó los valores de p en cinco familias: antropométrica (3 hipótesis), perfil dominante por posición (11), bilateral (4), asimetría continua (4) y clasificación mayor de 10% (2). Se utilizó un nivel de 0,05.

4.8 Consideraciones éticas

El protocolo fue aprobado por el comité institucional correspondiente y se condujo de acuerdo con la Declaración de Helsinki y la normativa nacional aplicable. Los jugadores habían otorgado consentimiento informado general para la evaluación médico-deportiva y el uso de datos anonimizados con fines de investigación. La base analítica no contenía identificadores personales directos.

4.9 Gestión y depuración de datos

El archivo fuente se mantuvo intacto y el análisis se realizó sobre una copia. Se auditaron nombres, etiquetas, tipos, rangos, folios repetidos y filas idénticas antes de aplicar los criterios definidos. Se retiraron una fila sin edad ni datos clínicos y siete registros de menores. Los filtros, variables derivadas y tablas se generaron mediante código para conservar la trazabilidad.

Los denominadores se determinaron por dirección de movimiento y no por eliminación completa del jugador. Un participante podía contribuir al análisis de RE aunque la medición de RI no cumpliera el CV. Esta estrategia preservó la información válida y evitó imputar valores. Para la razón RE/RI se exigió disponibilidad válida de ambas direcciones.

4.10 Control de sesgos

Se incorporaron todos los registros adultos disponibles durante el periodo para reducir una selección discrecional. Aun así, proceder de una sola organización limita la representatividad frente a jugadores que no fueron evaluados. Las definiciones operacionales y el filtro de consistencia disminuyeron parte del sesgo de información, aunque el carácter retrospectivo impidió recuperar o uniformar variables que no habían sido documentadas.

El evaluador no fue cegado a la lateralidad y el orden de prueba fue fijo. Estas condiciones podrían influir en motivación, aprendizaje o fatiga. La interpretación de diferencias pequeñas considera esta limitación. El análisis por posición se efectuó con grupos desiguales y se acompañó de tamaños del efecto para no depender exclusivamente del valor de p .

4.11 Justificación del tamaño analítico

No se calculó una muestra prospectiva porque el estudio utilizó el censo de registros elegibles del periodo. La precisión de las estimaciones depende del número válido por variable. El grupo de lanzadores fue amplio respecto a los demás, mientras que receptores y jardineros ofrecieron menor precisión; por ello, la ausencia de significación no se interpretó como equivalencia.

La corrección de Holm controló la multiplicidad dentro de las familias definidas. Los tamaños del efecto acompañaron los valores de p para separar magnitud e incertidumbre, especialmente ante el desequilibrio entre posiciones.

4.12 Reproducibilidad del análisis

El análisis se ejecutó con Python 3.12.14, NumPy 2.3.5, pandas 2.2.3 y SciPy 1.17.0, con semilla 140926. Se emplearon `scipy.stats.kruskal`, `scipy.stats.wilcoxon` y `scipy.stats.chi2_contingency`. Los IC bootstrap se obtuvieron con 10.000 remuestreos de jugadores o pares completos, nunca de hombros independientes; las asociaciones categóricas utilizaron 50.000 permutaciones Monte Carlo.

La reproducibilidad computacional no elimina decisiones metodológicas. La selección del CV, la fórmula de asimetría y las familias de ajuste se definieron y documentaron para que otros

investigadores puedan repetirlas o explorar alternativas. El anexo resume la ruta de análisis sin exponer datos individuales.

La Tabla 4 especifica cómo se definió, clasificó, midió y obtuvo cada variable incluida en el análisis, lo que permite vincular los objetivos con las salidas disponibles.

Tabla 4.

Operacionalización de las variables del estudio.

Variable	Definición operacional	Tipo	Unidad	Fuente
Edad	Años cumplidos al momento de la evaluación	Continua	años	Expediente
Posición	Lanzador, receptor, jugador de cuadro o jardinero	Categórica	categoría	Expediente
Grasa corporal	Proporción estimada de masa grasa	Continua	%	seca mBCA Ultra
Masa muscular	Proporción estimada de masa muscular	Continua	%	seca mBCA Ultra
Pico de par	Mayor torque de la serie en RE o RI	Continua	Nm	Biodex
Potencia media	Promedio de trabajo por unidad de tiempo	Continua	W	Biodex; dominante
Tiempo al pico	Tiempo desde el inicio hasta el pico de par	Continua	ms	Biodex
Ángulo al pico	Posición angular donde ocurrió el pico	Continua	grados	Biodex; dominante
Razón RE/RI	Pico de par RE dividido por RI y multiplicado por 100	Continua	%	Derivada; dominante
Trabajo-fatiga	Salida porcentual exportada por el sistema	Continua exploratoria	%	Biodex; dominante
Asimetría	$100 \times (D-ND) / \text{máximo}(D,ND)$, conservando el signo	Continua exploratoria	%	Derivada

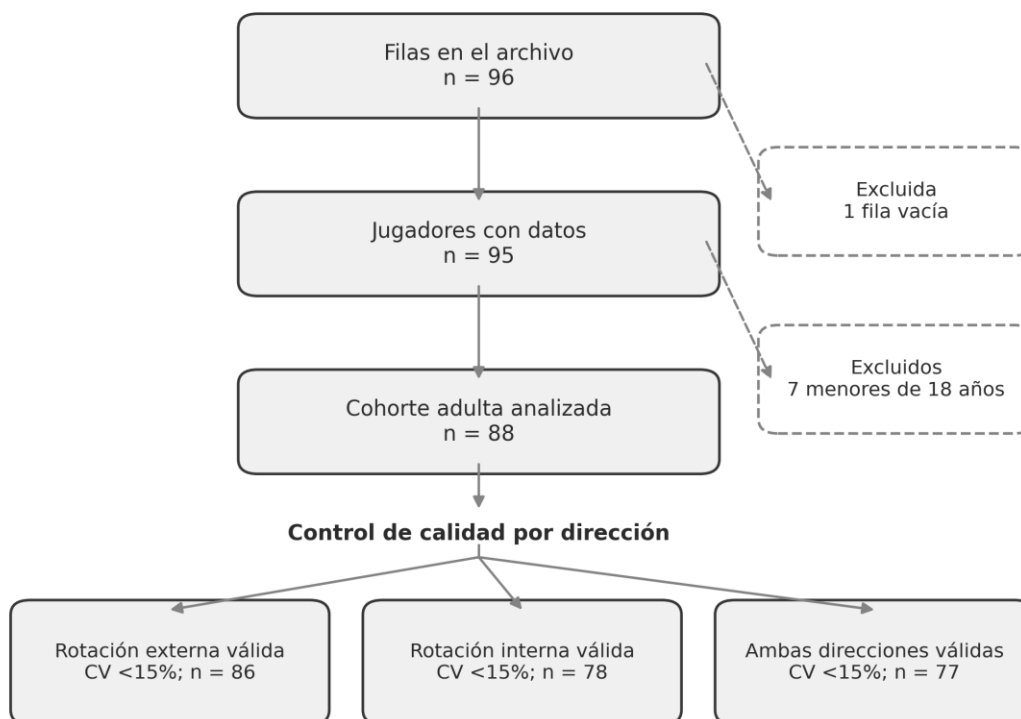
CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1 Selección y características

La cohorte incluyó 88 jugadores: 52 lanzadores (59,1%), 6 receptores (6,8%), 18 jugadores de cuadro (20,5%) y 12 jardineros (13,6%). Setenta y dos eran mexicanos, cinco dominicanos, cuatro estadounidenses, cuatro venezolanos, uno cubano, uno puertorriqueño y uno neerlandés. En lateralidad, 75 eran diestros, 12 zurdos y uno ambidiestro. Tras el control de calidad quedaron 86 mediciones válidas de RE, 78 de RI y 77 con ambas direcciones válidas.

Figura 2

Selección de registros y control de calidad de las evaluaciones isocinéticas.



Elaboración propia a partir de la base analítica.

La mediana de edad fue de 26,0 años [RIC 21,8-30,2], la grasa corporal de 20,4% [17,4-23,4] y la masa muscular de 45,9% [43,9-47,8]. No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre posiciones después de Holm.

La Tabla 5 presenta la distribución de edad y composición corporal por posición, junto con las pruebas globales, el ajuste de multiplicidad y los tamaños del efecto.

Tabla 5.

Características de la cohorte adulta según la posición de juego.

Variable	Lanzadores (n=52)	Receptores (n=6)	Cuadro (n=18)	Jardineros (n=12)	Total (n=88)	H	p	ϵ^2	p ajustada
Edad, años	26,0 [21,0-30,0]	24,5 [24,0-29,5]	26,5 [22,5-31,8]	26,0 [21,8-29,2]	26,0 [21,8-30,2]	0,568	0,904	0,000	0,904
Grasa corporal, %	20,6 [18,1-25,6]	20,0 [18,3-23,6]	21,1 [17,3-22,4]	18,9 [11,6-20,0]	20,4 [17,4-23,4]	4,849	0,183	0,022	0,366
Masa muscular, %	45,8 [42,7-47,4]	46,1 [44,2-47,3]	45,5 [44,6-47,9]	47,0 [46,2-51,3]	45,9 [43,9-47,8]	6,065	0,109	0,036	0,326

Nota. Valores como mediana [RIC]. H: Kruskal-Wallis; ϵ^2 : épsilon cuadrado; p ajustada mediante Holm.

5.2 Perfil según la posición

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas por posición en las 11 variables del hombro dominante. El pico de par de RE presentó medianas entre 35,6 y 42,3 Nm y el de RI entre 57,7 y 66,7 Nm. La razón RE/RI fue semejante en los cuatro grupos y los tamaños del efecto fueron pequeños o nulos. Potencia, tiempo y ángulo al pico y trabajo-fatiga tampoco difirieron después de Holm.

La Tabla 6 reúne las medianas del perfil isocinético dominante para cada posición y permite comparar simultáneamente la magnitud, la significación estadística y el tamaño del efecto.

Tabla 6.

Perfil isocinético del hombro dominante según la posición de juego.

Variable	n	Lanzadores	Receptores	Cuadro	Jardineros	Total	H	p	ϵ^2	P ajustada
Pico de par RE, Nm	86	42,3 [35,8-47,0]	35,6 [30,0-39,0]	39,7 [32,6-42,2]	42,0 [34,9-43,8]	40,0 [34,7-45,0]	5,690	0,128	0,033	1,000
Pico de par RI, Nm	78	66,7 [54,0-78,6]	57,7 [45,7-69,0]	58,8 [55,0-68,0]	64,3 [60,0-67,9]	64,5 [54,1-75,2]	3,774	0,287	0,010	1,000
Razón RE/RI, %	77	63,2 [56,4-72,7]	61,0 [57,1-69,3]	60,6 [57,1-71,2]	61,7 [56,3-63,9]	62,1 [56,5-72,3]	0,240	0,971	0,000	1,000
Potencia media RE, W	86	29,4 [25,1-34,0]	26,0 [19,0-28,4]	28,3 [22,6-30,6]	29,7 [21,0-30,4]	28,8 [24,4-32,5]	5,405	0,144	0,029	1,000
Potencia media RI, W	78	43,2 [35,0-50,8]	36,8 [29,2-44,2]	38,9 [34,5-45,6]	42,4 [39,5-46,5]	41,5 [34,5-49,1]	2,884	0,410	0,000	1,000
Tiempo al pico RE, ms	86	470 [257,5-795]	595 [157,5-1205]	420 [300-830]	310 [290-535]	415 [262,5-817,5]	0,991	0,803	0,000	1,000
Tiempo al pico RI, ms	78	590 [410-760]	695 [617,5-760]	545 [480-640]	380 [260-660]	550 [402,5-690]	3,334	0,343	0,005	1,000
Ángulo al pico RE, grados	86	27,5 [13,8-44,2]	24,5 [21,0-47,5]	22,0 [10,0-34,0]	19,0 [11,0-32,0]	25,0 [13,2-41,0]	2,317	0,509	0,000	1,000
Ángulo al pico RI, grados	78	60,0 [47,0-67,0]	65,0 [58,2-70,5]	60,5 [45,8-65,2]	58,0 [48,0-74,0]	60,0 [46,2-67,0]	0,804	0,849	0,000	1,000
Trabajo-fatiga RE, %	86	16,2 [8,4-20,8]	18,4 [12,5-23,3]	19,8 [8,0-20,8]	13,3 [10,7-17,9]	15,7 [8,8-21,2]	0,985	0,805	0,000	1,000
Trabajo-fatiga RI, %	78	17,5 [11,4-25,8]	26,8 [19,5-31,9]	21,8 [15,0-24,6]	12,7 [7,4-18,7]	18,1 [11,6-24,3]	4,679	0,197	0,023	1,000

Nota. Valores como mediana [RIC]. El trabajo-fatiga es exploratorio. No procedieron comparaciones post hoc.

5.3 Comparación bilateral

El pico de par de RE fue menor en el hombro dominante: 40,0 [34,7-45,0] frente a 41,8 [37,2-46,6] Nm; diferencia mediana -1,55 Nm (IC95% -2,95 a -0,70), p ajustada=0,009 y r biserial=-0,367. El pico de par de RI fue mayor en el dominante: 64,5 [54,1-75,2] frente a 58,9 [49,1-66,3] Nm; diferencia mediana 5,90 Nm (IC95% 3,20 a 9,70), p ajustada<0,001 y r biserial=0,590. El tiempo al pico no difirió entre lados.

La Tabla 7 contrasta los valores pareados de ambos hombros y muestra la dirección, magnitud, precisión y tamaño del efecto de cada diferencia bilateral.

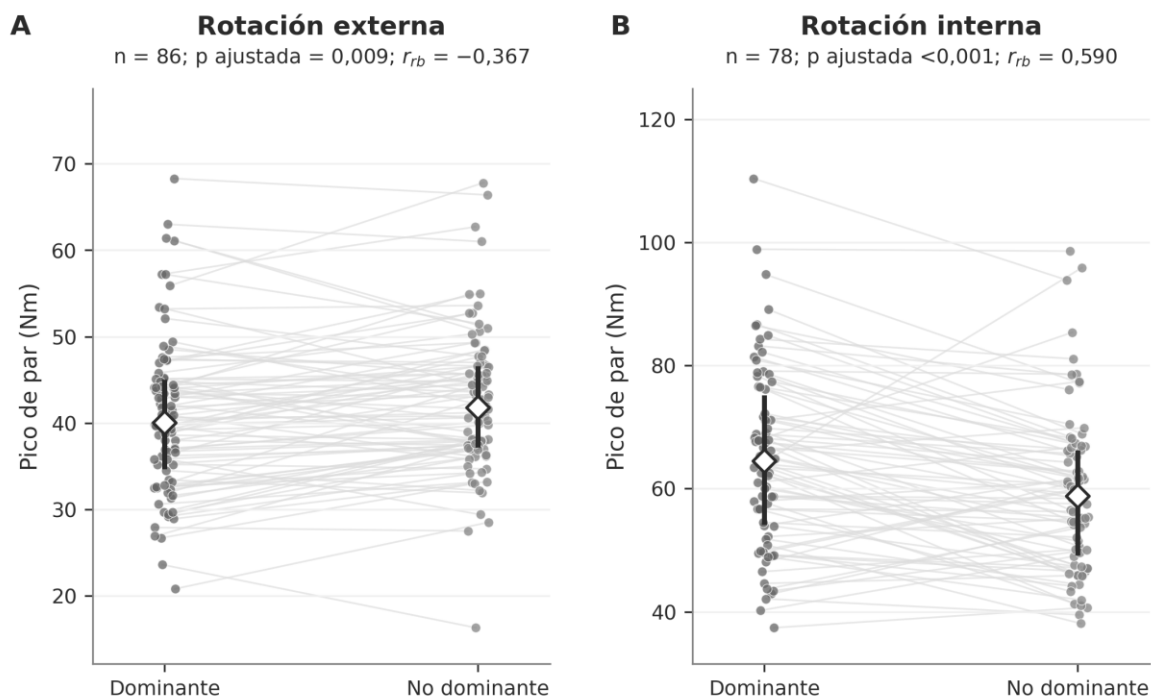
Tabla 7.

Comparación bilateral de las variables isocinéticas del hombro.

Variable	n	Dominante mediana [RIC]	No dominante mediana [RIC]	Diferencia D-ND (IC95%)	Hodges- Lehmann	V Wilcoxon	p	p ajustada	r biserial
Pico de par RE, Nm	86	40,0 [34,7-45,0]	41,8 [37,2-46,6]	-1,55 (-2,95 a -0,70)	-1,80	1184,0	0,003	0,009	-0,367
Pico de par RI, Nm	78	64,5 [54,1-75,2]	58,9 [49,1-66,3]	5,90 (3,20 a 9,70)	6,30	631,0	<0,001	<0,001	0,590
Tiempo al pico RE, ms	86	415 [262,5-817,5]	500 [320-895]	0 (-80 a 60)	-35	1704,5	0,475	0,475	-0,089
Tiempo al pico RI, ms	78	550 [402,5-690]	610 [472,5-820]	-5 (-50 a 30)	-40	1156,0	0,212	0,424	-0,167

Nota. IC95% de la diferencia mediante 10.000 remuestreos bootstrap; ajuste de Holm.

Figura 3. Comparación bilateral del pico de par de los rotadores externos e internos.



Cada línea representa a un jugador; diamantes: mediana; barras: RIC. p de Wilcoxon con ajuste de Holm.

5.4 Asimetrías

Las asimetrías continuas con signo y absolutas no difirieron entre posiciones después de Holm (p ajustada=1,000 en las cuatro comparaciones; ε^2 de 0,000 a 0,011). En la descripción secundaria, una magnitud mayor de 10% estuvo presente en 39 de 86 mediciones de RE (45,3%) y 49 de 78 de RI (62,8%). Esta clasificación no se asoció con la posición para RE (p por permutación=0,652; $V=0,145$) ni RI ($p=0,537$; $V=0,175$).

La Tabla 8 presenta la distribución continua y la frecuencia mayor de 10% por movimiento y posición, seguida de las comparaciones continuas y categóricas entre posiciones.

Tabla 8.

Magnitud, frecuencia y dirección de las asimetrías del pico de par.

Movimiento	Grupo	n	Asimetría con signo, %	Magnitud absoluta, %	>10%, n (%)	D >10%, n	ND >10%, n
RE	Total	86	-3,5 [-12,9 a 2,8]	9,2 [3,3-15,8]	39 (45,3)	11	28
RE	Lanzadores	52	-3,9 [-12,8 a 2,9]	9,9 [3,5-16,4]	24 (46,2)	7	17
RE	Receptores	6	-12,6 [-15,3 a -4,5]	12,6 [4,5-15,3]	4 (66,7)	0	4
RE	Cuadro	17	-3,4 [-12,2 a 0,6]	8,0 [1,7-12,2]	6 (35,3)	1	5
RE	Jardineros	11	3,3 [-5,0 a 9,1]	6,7 [4,1-14,9]	5 (45,5)	3	2
RI	Total	78	9,9 [0,6-18,6]	13,9 [6,0-21,1]	49 (62,8)	39	10
RI	Lanzadores	49	12,6 [4,3-19,0]	14,3 [6,2-21,1]	32 (65,3)	27	5
RI	Receptores	4	-1,3 [-8,7 a 10,2]	10,2 [6,6-16,6]	2 (50,0)	1	1
RI	Cuadro	16	4,7 [-4,2 a 16,1]	10,1 [5,3-21,7]	8 (50,0)	6	2
RI	Jardineros	9	13,6 [2,0-14,6]	14,6 [13,6-18,7]	7 (77,8)	5	2

Comparaciones por posición

Movimiento	Análisis	n	Estadístico	p	p ajustada	Tamaño del efecto
RE	Con signo	86	H=3,934	0,269	1,000	$\varepsilon^2=0,011$
RE	Absoluta	86	H=2,076	0,557	1,000	$\varepsilon^2=0,000$
RI	Con signo	78	H=2,009	0,571	1,000	$\varepsilon^2=0,000$
RI	Absoluta	78	H=0,825	0,843	1,000	$\varepsilon^2=0,000$
RE	Mayor de 10%	86	$\chi^2=1,807$	0,652*	1,000	V=0,145
RI	Mayor de 10%	78	$\chi^2=2,399$	0,537*	1,000	V=0,175

Nota. Asimetría = $100 \times (D-ND) / \text{máximo}(D,ND)$. H: Kruskal-Wallis; χ^2 : chi-cuadrada; ε^2 : épsilon cuadrado; V: V de Cramer. El análisis mayor de 10% fue secundario.

5.5 Análisis de sensibilidad

La repetición de las comparaciones con los 88 adultos, independientemente del CV, no modificó la interpretación. El trabajo-fatiga de RI alcanzó significación nominal ($p=0,047$), pero no después de Holm (p ajustada= $0,514$). La tabla completa se presenta en el Anexo 1.

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

6.1 Discusión del objetivo general

El objetivo general fue caracterizar el perfil isocinético concéntrico disponible del hombro dominante, compararlo entre posiciones y examinar bilateralmente el pico de par y el tiempo al pico. No se detectaron diferencias significativas del perfil dominante entre posiciones; la comparación bilateral mostró menor pico de par de RE y mayor pico de par de RI en el hombro dominante.

La hipótesis alterna recibió apoyo únicamente para el componente bilateral. El protocolo concéntrico a 60 grados/s no detectó perfiles posicionales distintos en esta cohorte y los tamaños del efecto fueron pequeños o nulos. Sin embargo, el grupo de receptores incluyó solo seis jugadores y los tamaños grupales fueron desiguales, por lo que la incertidumbre sigue siendo considerable y no permite concluir equivalencia entre roles. Las diferencias entre lados fueron específicas del grupo muscular.

La lateralidad aportó más información que la posición deportiva general. El patrón coincide con diferencias bilaterales descritas en profesionales, aunque su origen puede incluir entrenamiento, selección y características previas (Brown et al., 1988; Donatelli et al., 2000; Ellenbecker & Mattalino, 1997; Wilk et al., 1993).

6.2 Objetivo específico 1: características demográficas y antropométricas

El primer objetivo específico fue describir edad, composición corporal, nacionalidad, lateralidad y posición de la cohorte adulta. Se incluyeron 88 jugadores: 52 lanzadores, seis receptores, 18 jugadores de cuadro y 12 jardineros. La edad mediana fue de 26,0 años, la grasa

corporal de 20,4% y la masa muscular de 45,9%. Esta caracterización sitúa los resultados en una población profesional adulta y permite juzgar a qué jugadores podrían ser comparables.

Edad, porcentaje de grasa y porcentaje de masa muscular no difirieron significativamente entre posiciones después del ajuste de Holm, y los tamaños del efecto fueron pequeños o nulos. La semejanza antropométrica entre grupos ayuda a interpretar la falta de diferencias posicionales del perfil isocinético, aunque no elimina confusión individual ni demuestra que la composición corporal carezca de relación con el torque.

Los valores de torque se analizaron en unidades absolutas. Por ello, el tamaño corporal y la masa muscular pueden influir aun cuando las distribuciones grupales no sean significativamente diferentes. La comparación con estudios que normalizan por masa corporal o masa libre de grasa debe hacerse con cautela, porque la normalización cambia la pregunta y puede alterar el orden relativo entre jugadores (Dvir, 2004; Portney & Watkins, 2015).

La nacionalidad y la lateralidad se conservaron como variables descriptivas, sin pruebas inferenciales por el reducido número de jugadores en algunas categorías. Michener et al. (2021) observaron que el tipo de jugador y la región de procedencia pueden relacionarse con la fuerza del hombro; este antecedente refuerza la necesidad de reportar el contexto de la cohorte, pero no autoriza atribuir las diferencias individuales observadas en esta muestra a la nacionalidad.

6.3 Objetivo específico 2: perfil isocinético del hombro dominante

El segundo objetivo específico fue describir pico de par, potencia media, tiempo y ángulo al pico, razón RE/RI y trabajo-fatiga del hombro dominante. En el conjunto válido, la mediana del pico de par fue de 40,0 Nm para RE y 64,5 Nm para RI; la potencia media fue de 28,8 W y

41,5 W, respectivamente. Son valores descriptivos de la capacidad concéntrica a 60 grados/s en la posición evaluada.

La razón convencional RE/RI presentó una mediana de 62,1%, cercana a valores comunicados en lanzadores profesionales, aunque los antecedentes utilizaron velocidades y configuraciones diferentes (Berckmans et al., 2017; Wilk et al., 1993). La proximidad numérica no garantiza equivalencia fisiológica: la razón depende de sus dos componentes y puede permanecer similar incluso cuando ambos torques cambian.

El tiempo y el ángulo al pico añadieron información sobre el lugar y el momento del máximo, pero mostraron dispersión considerable. Estas variables son sensibles al rango individualizado, a las fases de aceleración y desaceleración y a pequeñas variaciones de la curva; por ello, su utilidad principal en esta tesis fue descriptiva (Dvir, 2004; Edouard et al., 2011).

La potencia media tampoco debe interpretarse como equivalente a potencia del lanzamiento. El dinamómetro integra trabajo y tiempo a una velocidad muy inferior a la del gesto deportivo, sin reproducir la secuencia de la cadena cinética. Su valor consiste en complementar el pico de par dentro de una prueba estandarizada, no en estimar directamente velocidad de pelota o rendimiento.

El trabajo-fatiga fue la salida con mayor limitación conceptual. Los protocolos dirigidos a resistencia o fatiga del hombro emplean series más largas; se han utilizado 12 repeticiones en lanzadores universitarios y 20 en tenistas juveniles (Dale et al., 2007; Ellenbecker & Roetert, 1999). Cinco repeticiones son apropiadas para torque máximo, pero insuficientes para caracterizar fatiga sostenida; por ello, esta variable se mantuvo solo por transparencia y no sustenta una conclusión fisiológica.

6.4 Objetivo específico 3: comparación del hombro dominante entre posiciones

El tercer objetivo específico fue comparar las variables del hombro dominante entre lanzadores, receptores, jugadores de cuadro y jardineros. Ninguna de las 11 variables mostró diferencias significativas después del ajuste de Holm. Los tamaños del efecto fueron pequeños o nulos, por lo que no se identificó un patrón posicional consistente dentro del protocolo empleado.

El resultado no reproduce una dirección única de la literatura. Brown et al. (1988) comunicaron mayor torque isocinético en lanzadores, mientras que Michener et al. (2021) observaron mayor fuerza isométrica en jugadores de posición. Modalidad de contracción, postura, velocidad, nivel competitivo y composición de los grupos modifican la comparación; la discrepancia debe interpretarse como heterogeneidad de protocolos y poblaciones, no como contradicción simple.

Los receptores fueron solo seis y los jardineros 12. En consecuencia, la ausencia de significación no demuestra equivalencia y las estimaciones de esos grupos son menos precisas. Sin embargo, los tamaños del efecto reducen la posibilidad de que exista una diferencia grande no detectada para las variables y condiciones estudiadas.

La posición tampoco resume la exposición real. Abridores y relevistas difieren en volumen y recuperación; los jugadores de posición varían en frecuencia, distancia y urgencia de sus lanzamientos. La falta de rol, número de lanzamientos, intensidad y años en la posición pudo diluir asociaciones que una clasificación más granular sí podría detectar.

Otra explicación es que los programas de fuerza sean compartidos por todo el equipo. Si jugadores de posiciones distintas realizan entrenamiento bilateral semejante, las demandas del juego pueden no traducirse en diferencias de torque máximo a velocidad baja. Thomas et al.

(2021) plantearon una explicación semejante al estudiar una organización con énfasis de entrenamiento bilateral.

6.5 Objetivo específico 4: comparación bilateral

El cuarto objetivo específico fue comparar bilateralmente el pico de par y el tiempo al pico de RE y RI. El pico de par de RI fue mayor en el hombro dominante, con diferencia mediana de 5,90 Nm y efecto de rangos grande. Este patrón coincide con Ellenbecker y Mattalino (1997) y Donatelli et al. (2000) y puede ser compatible con la aceleración repetida y el entrenamiento específico de los rotadores internos.

La mayor RI dominante describe capacidad máxima concéntrica a 60 grados/s. La velocidad de pelota y la eficiencia mecánica dependen además de la cadena cinética, la coordinación y la transferencia de energía.

El pico de par de RE fue menor en el hombro dominante, con diferencia mediana de -1,55 Nm y efecto moderado. Donatelli et al. (2000) describieron rotadores externos relativamente menores en el hombro de lanzamiento, mientras que otros estudios no observaron diferencias o las identificaron solo a ciertas velocidades (Ellenbecker & Mattalino, 1997; Wilk et al., 1993). Esta variabilidad confirma la sensibilidad del resultado al protocolo.

Los rotadores externos participan en posicionamiento, estabilización y desaceleración excéntrica. El hallazgo concéntrico caracteriza una modalidad distinta. La fuerza externa pretemporada se ha asociado con lesiones en cohortes prospectivas específicas, pero esa asociación no aporta un punto de corte validado para esta cohorte (Byram et al., 2010).

La diferencia absoluta de RE fue pequeña y el hombro dominante siempre se evaluó después del no dominante. El aprendizaje podría elevar el segundo resultado y la fatiga podría

reducirlo; sin aleatorización no es posible separar ambos efectos. La reproducibilidad de una diferencia de esa magnitud debería comprobarse mediante sesiones repetidas.

El tiempo al pico no difirió entre lados para RE ni RI. Este resultado indica que no se detectó una separación sistemática del instante del máximo, pero no demuestra igualdad de la tasa de desarrollo de torque. Para esta última se requeriría analizar la pendiente de la curva en ventanas temporales definidas.

En conjunto, la comparación bilateral mostró direcciones opuestas para los dos grupos musculares: RI favoreció al dominante y RE al no dominante. Esta especificidad desaconseja aplicar un criterio único de simetría a todas las variables. En seguimiento clínico, el hombro contralateral es una referencia interna útil, pero no un objetivo obligatorio de igualdad.

6.6 Objetivo específico 5: magnitud y dirección de la asimetría

El quinto objetivo específico fue cuantificar la magnitud y dirección de la asimetría del pico de par y compararla entre posiciones. Las distribuciones continuas con signo y absolutas no difirieron después de Holm. Como descripción secundaria, una magnitud mayor de 10% estuvo presente en 45,3% de RE y 62,8% de RI.

La dirección fue congruente con las comparaciones pareadas: en RE predominó el hombro no dominante y en RI el dominante. Este patrón coincide con diferencias descritas en profesionales; el diseño transversal no separa el efecto del entrenamiento, la selección deportiva y las características previas (Brown et al., 1988; Donatelli et al., 2000; Ellenbecker & Mattalino, 1997; Wilk et al., 1993).

La clasificación mayor de 10% tampoco se asoció con la posición. La dirección opuesta observada en RE y RI confirma que la magnitud absoluta pierde información funcional; el seguimiento debe conservar los valores de ambos hombros, el signo y el contexto de carga.

El porcentaje depende de la ecuación y del denominador; por ello, la fórmula y el signo deben informarse siempre (Bishop et al., 2018). Para que un umbral sea clínicamente útil tendría que superar el error de medición, relacionarse prospectivamente con un desenlace y validarse en otra cohorte. Ninguna de estas condiciones se evaluó en el presente estudio.

6.7 Objetivo específico 6: análisis de sensibilidad

El sexto objetivo específico fue evaluar la robustez de las comparaciones por posición mediante un análisis de sensibilidad. Al repetir las 11 comparaciones con los 88 adultos, independientemente del CV, no cambió la conclusión general: ninguna variable mostró diferencias entre posiciones después de la corrección por multiplicidad.

El trabajo-fatiga de RI alcanzó significación nominal en la cohorte completa, pero perdió significación después de Holm. Con cinco repeticiones, esta salida conserva un papel exploratorio y no sustenta una diferencia fisiológica por posición.

La concordancia entre el análisis principal y el de sensibilidad indica que la ausencia de diferencias posicionales no fue producto exclusivo de excluir series con CV igual o mayor de 15%. No obstante, la sensibilidad no convierte mediciones inconsistentes en válidas; su función fue comprobar si la decisión de calidad modificaba la inferencia grupal.

Mantener ambos análisis mejora la transparencia. El principal privilegia consistencia y conserva denominadores por dirección; el secundario muestra qué ocurre al incluir toda la

cohorte adulta. La interpretación debe basarse en la convergencia de ambos y no en seleccionar el resultado más favorable.

6.8 Integración clínica de los objetivos

La utilidad inmediata de los resultados consiste en aportar una referencia descriptiva y apoyar líneas basales individuales. Una organización puede repetir el protocolo en pretemporada y comparar al jugador consigo mismo, siempre que mantenga postura, velocidad, rango, orden y condiciones previas.

La interpretación debe responder si la serie fue técnicamente confiable, si el valor representa un cambio respecto a la historia del jugador y si coincide con síntomas o función. Solo después se decide entre observación, repetición o ampliación de la evaluación. Esta secuencia disminuye el riesgo de tratar error de medición o adaptación deportiva.

El examen complementario puede incluir movilidad glenohumeral y total, control escapular, fuerza isométrica o excéntrica, tolerancia al lanzamiento y carga reciente. En rehabilitación se añaden dolor, función y progresión específica. La dinamometría aporta cuantificación, pero no constituye por sí sola autorización o restricción deportiva.

La ausencia de diferencias por posición implica que no se justifican objetivos automáticos distintos únicamente por ser lanzador, receptor, jugador de cuadro o jardinero. El rol, la carga, los antecedentes y la línea basal aportan información más cercana a la exposición real.

La comunicación con el jugador debe evitar etiquetas alarmantes. Informar la magnitud, la dirección, la calidad de la prueba y su evolución es más útil que anunciar una asimetría aislada

como anormal. Esta forma de presentar el resultado favorece decisiones compartidas y evita medicalizar adaptaciones del deporte.

6.9 Fortalezas y contribución metodológica

La principal fortaleza fue incluir beisbolistas profesionales evaluados en México, una población poco representada. La cohorte incorporó distintas posiciones y procedencias y aportó un contexto complementario al de la mayor parte de la literatura.

La evaluación bilateral y el control de consistencia permitieron separar la cohorte total de los denominadores válidos. Reportar el número disponible por variable evitó asumir que todos los análisis contenían 88 observaciones, y el análisis de sensibilidad mostró la estabilidad general de las conclusiones.

El estudio reportó tamaños del efecto, intervalos bootstrap y ajuste por multiplicidad. Estas medidas informaron magnitud y precisión y redujeron la dependencia de $p < 0,05$. La conservación del signo de la asimetría añadió información que se pierde cuando solo se utiliza el valor absoluto.

La revisión completa del análisis previo también fortaleció la integridad del trabajo. Se retiraron desenlaces y modelos no reconstruibles y se realinearon pregunta, objetivos y conclusiones con variables verificables. La trazabilidad permite distinguir evidencia reproducible de interpretaciones anteriores y ofrece una ruta auditable para estudios futuros.

6.10 Limitaciones

El diseño retrospectivo y transversal limita la inferencia causal y pronóstica. No hubo seguimiento de lesiones ni registro analítico de dolor previo, antecedentes de lesión o cirugía, años de práctica profesional o exposición acumulada al lanzamiento.

La muestra procedió de una sola organización y los grupos por posición fueron desiguales. Los resultados pueden no generalizarse a toda la Liga Mexicana de Beisbol, otras ligas, categorías juveniles o mujeres. Las estimaciones de receptores y jardineros, en particular, requieren replicación con mayor tamaño muestral.

Los torques se analizaron en valores absolutos y pudieron estar influidos por el tamaño corporal. La composición corporal se estimó mediante bioimpedancia y no se aplicaron modelos alométricos. Esta decisión preservó las salidas recuperables, pero limita la comparación con estudios que normalizan por masa corporal o masa libre de grasa.

La prueba utilizó 60 grados/s y contracciones concéntricas, condiciones alejadas de la velocidad y del componente excéntrico del lanzamiento. El rango se individualizó y potencia, ángulo al pico y trabajo-fatiga solo estuvieron disponibles para el hombro dominante. En consecuencia, el perfil describe el protocolo aplicado y no toda la función del hombro.

No se documentaron corrección por gravedad, descanso exacto entre series ni calibración por sesión. El orden fijo, con el hombro dominante evaluado en segundo lugar, pudo introducir aprendizaje o fatiga. Además, la base solo conservó categorías de CV del hombro dominante; no fue posible revisar el CV continuo ni exigir el criterio de calidad en ambos hombros.

El umbral de asimetría mayor de 10% fue exploratorio. No se estimaron sensibilidad, especificidad, cambio mínimo detectable ni relación con desenlaces posteriores; las comparaciones clínicas requieren protocolos equivalentes y seguimiento individual.

6.11 Propuestas para futuras investigaciones

El siguiente paso debe ser una cohorte prospectiva con evaluación pretemporada, registro de exposición y seguimiento de lesiones mediante definiciones estandarizadas. La fuerza debería

analizarse como variable continua y como cambio intraindividual, evitando seleccionar puntos de corte después de observar los resultados.

Un protocolo ampliado puede incorporar velocidades de 60, 180 y 300 grados/s, rotación externa excéntrica, series específicas de resistencia y medición bilateral completa. La confiabilidad local mediante prueba-reprueba permitiría estimar el error estándar de medición y el cambio mínimo detectable.

La relación con el tamaño corporal debería estudiarse con normalización justificada, idealmente mediante modelos alométricos. También conviene registrar movilidad, retroversión humeral cuando sea factible, control escapular, fuerza de tronco y miembros inferiores, velocidad de pelota y variables de mecánica del lanzamiento.

Las evaluaciones repetidas durante la temporada permitirían estudiar trayectorias. Un descenso persistente respecto a la línea basal puede resultar más informativo que la comparación con un umbral grupal uniforme. Los modelos posteriores deberán validarse externamente y evaluar calibración y utilidad clínica, no solo discriminación estadística.

La exposición debe medirse con mayor precisión mediante rol, número de lanzamientos de competencia y entrenamiento, intensidad, días de recuperación y años en la posición. Esta información permitiría evaluar si la clasificación general por posición oculta diferencias relevantes entre abridores, relevistas y jugadores de posición con cargas distintas.

Finalmente, una investigación multicéntrica en equipos mexicanos y latinoamericanos permitiría distinguir características de organización, liga y desarrollo. La armonización de postura, velocidad, rango, familiarización y unidades facilitaría comparaciones, intervalos de referencia y metaanálisis futuros.

6.12 Implicaciones clínico-prácticas

La dinamometría puede emplearse para establecer una línea basal y seguir cambios del mismo jugador. El hombro no dominante es una referencia interna útil, pero no un objetivo obligatorio de simetría.

Las decisiones de ejercicio, restricción o retorno al juego no deben basarse en un único porcentaje. Deben integrar dolor, función, movilidad, control escapular, exposición a lanzamientos y progresión específica.

El trabajo-fatiga derivado de cinco repeticiones es una salida exploratoria. La valoración de resistencia requiere más contracciones y propiedades de medición conocidas.

En la valoración pretemporada, el informe debería conservar los valores absolutos de RE y RI, la comparación bilateral, la dirección de la diferencia y el CV de la serie. También conviene registrar el tiempo desde la última sesión de lanzamiento, los síntomas y cualquier modificación del protocolo.

Cuando aparezca una diferencia nueva o discordante con la clínica, la primera decisión puede ser confirmar la medición. Si el hallazgo se reproduce y coincide con dolor, pérdida funcional o cambio de carga, la valoración puede ampliarse hacia movilidad, fuerza escapular, capacidad excéntrica y tolerancia al lanzamiento.

Los resultados grupales no justifican establecer un objetivo único por posición. El seguimiento debe organizarse según la historia, la función y las demandas reales del jugador, incluso cuando su posición sugiera una exposición general mayor.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES

En la muestra de 88 beisbolistas profesionales adultos, el perfil isocinético del hombro dominante evaluado mediante contracciones concéntricas a 60°/s no presentó diferencias estadísticamente significativas entre las posiciones de juego. El análisis de sensibilidad con los 88 registros adultos mantuvo esta conclusión después de la corrección de Holm.

El análisis bilateral identificó un patrón específico caracterizado por mayor pico de par de los rotadores internos y menor pico de par de los rotadores externos en el hombro dominante, sin diferencias significativas entre extremidades en el tiempo al pico. Estas diferencias son compatibles con patrones descritos previamente en beisbolistas profesionales, aunque el diseño transversal no permite determinar si representan adaptaciones producidas por la práctica deportiva.

Las asimetrías bilaterales fueron frecuentes, particularmente en RI. Ni sus valores continuos con signo y absolutos ni la clasificación mayor de 10% variaron significativamente entre posiciones después de Holm. El umbral se mantuvo como descripción secundaria y no como criterio clínico.

Los resultados obtenidos constituyen una caracterización funcional específica del protocolo empleado y pueden utilizarse como referencia descriptiva y como línea basal para el seguimiento individual del deportista. Su interpretación clínica debe integrarse con la sintomatología, el rango de movilidad glenohumeral, la fuerza normalizada respecto a la masa corporal, las demandas mecánicas de la posición, el volumen de lanzamientos, la carga acumulada de entrenamiento y la evolución longitudinal.

Las investigaciones futuras deberán incorporar diseños prospectivos y multicéntricos, evaluaciones a distintas velocidades angulares y posiciones articulares, protocolos con un número suficiente de repeticiones para valorar la resistencia muscular y el análisis de otros componentes de la cadena cinética. Asimismo, será necesario incluir el seguimiento sistemático de la exposición deportiva y de la incidencia de lesiones para determinar el valor pronóstico de las variables isocinéticas. Esta aproximación permitirá establecer valores de referencia más sólidos, identificar adaptaciones relevantes para cada función de juego y precisar la utilidad de la dinamometría isocinética en la optimización del rendimiento y en la planificación individualizada de estrategias preventivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agresta, C. E., Krieg, K., & Freehill, M. T. (2019). Risk factors for baseball-related arm injuries: A systematic review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 7(2), 2325967119825557. <https://doi.org/10.1177/2325967119825557>
- Aguinaldo, A. L., & Chambers, H. (2009). Correlation of throwing mechanics with elbow valgus load in adult baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(10), 2043–2048. <https://doi.org/10.1177/0363546509336721>
- Afonso, J., Virgile, A., Peña, J., Jordan, M., García-de-Alcaraz, A., Sá, M., & Bishop, C. (2025). On uneven ground: Embracing the challenges of inter-limb asymmetries and their assessment. *Asymmetry*, 2(1), Article 4. <https://doi.org/10.55092/asymmetry20250004>
- Asker, M., Brooke, H. L., Waldén, M., Tranaeus, U., Johansson, F., Skillgate, E., & Holm, L. W. (2018). Risk factors for, and prevention of, shoulder injuries in overhead sports: A systematic review with best-evidence synthesis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(20), 1312–1319. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098254>
- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217–238. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826040-00002>
- Bakshi, N. K., Inclan, P. M., Kirsch, J. M., Bedi, A., Agresta, C., & Freehill, M. T. (2020). Current workload recommendations in baseball pitchers: A systematic review. *The American Journal of Sports Medicine*, 48(1), 229–241. <https://doi.org/10.1177/0363546519831017>

- Berckmans, K., Maenhout, A. G., Matthijs, L., Pieters, L., Castelein, B., & Cools, A. M. (2017). The isokinetic rotator cuff strength ratios in overhead athletes: Assessment and exercise effect. *Physical Therapy in Sport*, 27, 65–75. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2017.03.001>
- Bishop, C., Read, P., Lake, J., Chavda, S., & Turner, A. (2018). Interlimb asymmetries: Understanding how to calculate differences from bilateral and unilateral tests. *Strength & Conditioning Journal*, 40(4), 1–6. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000371>
- Borsa, P. A., Wilk, K. E., Jacobson, J. A., Scibek, J. S., Dover, G. C., Reinold, M. M., & Andrews, J. R. (2005). Correlation of range of motion and glenohumeral translation in professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 33(9), 1392–1399.
- Braun, S., Kokmeyer, D., & Millett, P. J. (2009). Shoulder injuries in the throwing athlete. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 91(4), 966–978. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.01341>
- Brown, L. P., Niehues, S. L., Harrah, A., Yavorsky, P., & Hirshman, H. P. (1988). Upper extremity range of motion and isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators in Major League Baseball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 16(6), 577–585. <https://doi.org/10.1177/036354658801600604>
- Bullock, G. S., Faherty, M. S., Ledbetter, L., Thigpen, C. A., & Sell, T. C. (2018). Shoulder range of motion and baseball arm injuries: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Athletic Training*, 53(12), 1190–1199. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-439-17>
- Bullock, G. S., Thigpen, C. A., Collins, G. S., Arden, N. K., Noonan, T. K., Kissenberth, M. J., & Shanley, E. (2022). Development of an injury burden prediction model in professional

- baseball pitchers. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 17(7), 1358–1371.
<https://doi.org/10.26603/001c.39741>
- Byram, I. R., Bushnell, B. D., Dugger, K., Charron, K., Harrell, F. E., Jr., & Noonan, T. J. (2010). Preseason shoulder strength measurements in professional baseball pitchers: Identifying players at risk for injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(7), 1375–1382. <https://doi.org/10.1177/0363546509360404>
- Chalmers, P. N., McElheny, K., D'Angelo, J., Ma, K., Rowe, D., & Erickson, B. J. (2023). Is workload associated with internal impingement in professional baseball pitchers? An analysis of days of rest, innings pitched, and batters faced. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 11(8), 23259671231191223. <https://doi.org/10.1177/23259671231191223>
- Codine, P., Bernard, P. L., Pocholle, M., Benaim, C., & Brun, V. (1997). Influence of sports discipline on shoulder rotator cuff balance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 29(11), 1400–1405. <https://doi.org/10.1097/00005768-199711000-00002>
- Conte, S., Camp, C. L., & Dines, J. S. (2016). Injury trends in Major League Baseball over 18 seasons: 1998–2015. *The American Journal of Orthopedics*, 45(3), 116–123.
- Cools, A. M., Struyf, F., De Mey, K., Maenhout, A., Castelein, B., & Cagnie, B. (2014). Rehabilitation of scapular dyskinesis: From the office worker to the elite overhead athlete. *British Journal of Sports Medicine*, 48(8), 692–697.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092148>
- Crockett, H. C., Gross, L. B., Wilk, K. E., Schwartz, M. L., Reed, J., O'Mara, J., Reilly, M. T., Dugas, J. R., Meister, K., Lyman, S., & Andrews, J. R. (2002). Osseous adaptation and range of motion at the glenohumeral joint in professional baseball pitchers. *The American*

- Journal of Sports Medicine*, 30(1), 20–26.
<https://doi.org/10.1177/03635465020300011701>
- Da Silva, A. Z., Connelly, J. W., & Chalmers, P. N. (2025). Return to play throwing programs. *Clinics in Sports Medicine*, 44(2), 273–289. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2024.05.005>
- Dale, R. B., Kovalski, J. E., Ogletree, T., Heitman, R. J., & Norrell, P. M. (2007). The effects of repetitive overhead throwing on shoulder rotator isokinetic work-fatigue. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 2(2), 74–80.
- DiGiovine, N. M., Jobe, F. W., Pink, M., & Perry, J. (1992). An electromyographic analysis of the upper extremity in pitching. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 1(1), 15–25.
[https://doi.org/10.1016/S1058-2746\(09\)80011-6](https://doi.org/10.1016/S1058-2746(09)80011-6)
- Dillon, M. R., Mastroianni, M. A., Frappa, N., Manzi, J., Luzzi, A. J., Alexander, F. J., Knudsen, M. L., Ablove, R. A., Trofa, D. P., & Ahmad, C. S. (2026). Factors associated with cumulative shoulder and elbow injury burden: A retrospective cohort study of 1445 Major League Baseball pitchers (2015–2025). *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 14(6), 23259671261445950. <https://doi.org/10.1177/23259671261445950>
- Donatelli, R., Ellenbecker, T. S., Ekedahl, S. R., Wilkes, J. S., Kocher, K., & Adam, J. (2000). Assessment of shoulder strength in professional baseball pitchers. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 30(9), 544–551.
<https://doi.org/10.2519/jospt.2000.30.9.544>
- Dvir, Z. (2004). *Isokinetics: Muscle testing, interpretation and clinical applications* (2nd ed.). Churchill Livingstone.
- Edouard, P., Samozino, P., Julia, M., Gleizes-Cervera, S., Vanbiervliet, W., Calmels, P., & Gremeaux, V. (2011). Reliability of isokinetic assessment of shoulder-rotator strength: A

- systematic review of the effect of position. *Journal of Sport Rehabilitation*, 20(3), 367–383. <https://doi.org/10.1123/jsr.20.3.367>
- Ellenbecker, T. S., & Davies, G. J. (2000). The application of isokinetics in testing and rehabilitation of the shoulder complex. *Journal of Athletic Training*, 35(3), 338–350.
- Ellenbecker, T. S., & Mattalino, A. J. (1997). Concentric isokinetic shoulder internal and external rotation strength in professional baseball pitchers. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 25(5), 323–328. <https://doi.org/10.2519/jospt.1997.25.5.323>
- Ellenbecker, T. S., & Roetert, E. P. (1999). Testing isokinetic muscular fatigue of shoulder internal and external rotation in elite junior tennis players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 29(5), 275–281. <https://doi.org/10.2519/jospt.1999.29.5.275>
- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Barrentine, S. W., Zheng, N., & Andrews, J. R. (1998). Kinematic comparisons of throwing different types of baseball pitches. *Journal of Applied Biomechanics*, 14(1), 1–23. <https://doi.org/10.1123/jab.14.1.1>
- Fleisig, G. S., Andrews, J. R., Dillman, C. J., & Escamilla, R. F. (1995). Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(2), 233–239. <https://doi.org/10.1177/036354659502300218>
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1–15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
- Kibler, W. B., Sciascia, A., & Wilkes, T. (2012). Scapular dyskinesis and its relation to shoulder injury. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 20(6), 364–372. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-20-06-364>
- Lintner, D., Mayol, M., Uzodinma, O., Jones, R., & Labossiere, D. (2007). Glenohumeral internal rotation deficits in professional pitchers enrolled in an internal rotation stretching

- program. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(4), 617–621.
<https://doi.org/10.1177/0363546506296736>
- Michener, L. A., Barrack, A. J., Liebeskind, B. Y., Zerega, R. J., Sum, J. C., Crotin, R. L., & Plummer, H. A. (2021). Professional baseball player type and geographic region of origin impacts shoulder external and internal rotation strength. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(4), 1126–1134. <https://doi.org/10.26603/001c.25237>
- Portney, L. G., & Watkins, M. P. (2015). *Foundations of clinical research: Applications to practice* (3rd ed.). F. A. Davis.
- Posner, M., Cameron, K. L., Wolf, J. M., Belmont, P. J., Jr., & Owens, B. D. (2011). Epidemiology of Major League Baseball injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(8), 1676–1680. <https://doi.org/10.1177/0363546511411700>
- Reinold, M. M., Wilk, K. E., Macrina, L. C., Sheheane, C., Dun, S., Fleisig, G. S., Crenshaw, K., & Andrews, J. R. (2008). Changes in shoulder and elbow passive range of motion after pitching in professional baseball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(3), 523–527. <https://doi.org/10.1177/0363546507308935>
- Reuther, K. E., Sheridan, S., & Thomas, S. J. (2018). Differentiation of bony and soft-tissue adaptations of the shoulder in professional baseball pitchers. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 27(8), 1491–1496. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2018.02.053>
- Schwank, A., Blazey, P., Asker, M., Møller, M., Hägglund, M., Gard, S., Skazalski, C., Andersson, S. H., Horsley, I., Whiteley, R., Cools, A. M., Bizzini, M., & Arden, C. L. (2022). 2022 Bern consensus statement on shoulder injury prevention, rehabilitation, and return to sport for athletes at all participation levels. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 52(1), 11–28. <https://doi.org/10.2519/jospt.2022.10952>

- Seroyer, S. T., Nho, S. J., Bach, B. R., Jr., Bush-Joseph, C. A., Nicholson, G. P., & Romeo, A. A. (2010). The kinetic chain in overhand pitching: Its potential role for performance enhancement and injury prevention. *Sports Health*, 2(2), 135–146.
<https://doi.org/10.1177/1941738110362656>
- Thomas, S. J., Cobb, J., Sheridan, S., Rauch, J., & Paul, R. W. (2021). Chronic adaptations of the posterior rotator cuff in professional pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 49(4), 892–898. <https://doi.org/10.1177/0363546520988688>
- Tokish, J. M., Curtin, M. S., Kim, Y. K., Hawkins, R. J., & Torry, M. R. (2008). Glenohumeral internal rotation deficit in the asymptomatic professional pitcher and its relationship to humeral retroversion. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7(1), 78–83.
- Trunt, A., Sturdevant, D. A., Adams, L. W., Skelley, N. W., & MacFadden, L. N. (2022). Clinical shoulder measurements related to joint loads in collegiate pitchers. *JSES Reviews, Reports, and Techniques*, 3(1), 60–66.
<https://doi.org/10.1016/j.xrrt.2022.09.004>
- Wilk, K. E., Andrews, J. R., Arrigo, C. A., Keirns, M. A., & Erber, D. J. (1993). The strength characteristics of internal and external rotator muscles in professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 21(1), 61–66.
<https://doi.org/10.1177/036354659302100111>
- Wilk, K. E., Macrina, L. C., Fleisig, G. S., Porterfield, R., Simpson, C. D., Harker, P., Paparesta, N., & Andrews, J. R. (2011). Correlation of glenohumeral internal rotation deficit and total rotational motion to shoulder injuries in professional baseball pitchers. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(2), 329–335.
<https://doi.org/10.1177/0363546510384223>

Wilk, K. E., Yenchak, A. J., Arrigo, C. A., & Andrews, J. R. (2011). The Advanced Thrower's Ten exercise program: A new exercise series for enhanced dynamic shoulder control in the overhead throwing athlete. *The Physician and Sportsmedicine*, 39(4), 90–97.
<https://doi.org/10.3810/psm.2011.11.1943>

ANEXO 1. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Se comparó el análisis principal con CV menor de 15% frente a la cohorte completa de 88 adultos. QC indica el conjunto que cumplió el control de calidad.

La Tabla 9 compara el análisis principal con control de calidad frente al análisis que incluyó a los 88 adultos, con el propósito de comprobar la estabilidad de la inferencia por posición.

Tabla 9.

Análisis de sensibilidad de las comparaciones por posición.

Variable	n QC	p QC	p ajustada QC	ε^2 QC	n completa	p completa	p ajustada completa	ε^2 completa
Pico de par RE	86	0,128	1,000	0,033	88	0,120	1,000	0,034
Pico de par RI	78	0,287	1,000	0,010	88	0,177	1,000	0,023
Razón RE/RI	77	0,971	1,000	0,000	88	0,993	1,000	0,000
Potencia media RE	86	0,144	1,000	0,029	88	0,113	1,000	0,035
Potencia media RI	78	0,410	1,000	0,000	88	0,160	1,000	0,026
Tiempo al pico RE	86	0,803	1,000	0,000	88	0,950	1,000	0,000
Tiempo al pico RI	78	0,343	1,000	0,005	88	0,528	1,000	0,000
Ángulo al pico RE	86	0,509	1,000	0,000	88	0,780	1,000	0,000
Ángulo al pico RI	78	0,849	1,000	0,000	88	0,940	1,000	0,000
Trabajo-fatiga RE	86	0,805	1,000	0,000	88	0,623	1,000	0,000
Trabajo-fatiga RI	78	0,197	1,000	0,023	88	0,047	0,514	0,059

Nota. Kruskal-Wallis; ajuste de Holm dentro de la familia de 11 variables.

ANEXO 2. TRAZABILIDAD Y DISPONIBILIDAD DE VARIABLES

Este anexo resume la relación entre la cohorte de participantes y los denominadores de cada análisis. Su propósito es evitar que el lector interprete los datos faltantes como exclusión total del jugador. La disponibilidad dependió de la dirección de movimiento, de las variables exportadas y del criterio de CV.

Las variables de potencia, ángulo y trabajo-fatiga solo estuvieron disponibles para el hombro dominante en el archivo analítico. El análisis bilateral se restringió a pico de par y tiempo al pico. No se imputaron datos ni se reconstruyeron variables ausentes.

La Tabla 10 muestra qué variables estuvieron disponibles, en qué lado se recuperaron y cuántos jugadores contribuyeron a cada análisis después del control de consistencia.

Tabla 10.

Disponibilidad de variables y denominadores analíticos.

Conjunto o variable	n válido	Criterio / disponibilidad
Participantes adultos	88	95 folios no vacíos y únicos; se excluyeron siete menores y una fila sin edad ni datos clínicos
Pico de par RE	86	Categoría CV <15% del hombro dominante en RE; disponible bilateralmente
Pico de par RI	78	Categoría CV <15% del hombro dominante en RI; disponible bilateralmente
Razón RE/RI	77	RE e RI válidas en el mismo jugador
Potencia media RE	86	Hombro dominante
Potencia media RI	78	Hombro dominante
Tiempo al pico RE	86	Disponible bilateralmente

Conjunto o variable	n válido	Criterio / disponibilidad
Tiempo al pico RI	78	Disponible bilateralmente
Ángulo al pico	86 RE / 78 RI	Hombro dominante; rango individualizado
Trabajo-fatiga	86 RE / 78 RI	Hombro dominante; exploratorio
Análisis de sensibilidad	88	Incluyó adultos independientemente del CV

Nota. Un jugador podía contribuir a RE aunque su medición de RI no cumpliera el control de consistencia.

ANEXO 3. RUTA DEL ANÁLISIS

La ruta analítica partió de una copia del archivo original. Se auditaron etiquetas, tipos, rangos y duplicados; después se aplicaron criterios de edad y control de calidad. Las tablas de resultados se generaron desde datos procesados mediante scripts, sin transcripción manual de valores individuales.

La secuencia fue: identificación de registros, exclusión predefinida, creación de variables derivadas, resumen descriptivo, comparación por posición, análisis pareado, asimetrías, ajuste de multiplicidad y sensibilidad. Cada salida conservó el número válido. La descripción permite repetir las decisiones sin exponer información confidencial.

La Tabla 11 resume, en orden, las decisiones de depuración, derivación y análisis que condujeron desde el archivo original hasta las salidas finales.

Tabla 11.

Ruta reproducible del análisis estadístico.

Paso	Etapas	Acción	Salida
1	Auditoría	Revisar estructura, etiquetas, rangos, folios repetidos y filas idénticas	96 filas; 95 folios únicos; sin duplicados en adultos
2	Elegibilidad	Retirar fila vacía y menores de 18 años	Cohorte adulta n=88
3	Calidad	Aplicar la categoría CV <15% del hombro dominante por dirección	n válido por variable
4	Derivación	Calcular razón y asimetría con fórmula predefinida	Variables reproducibles
5	Descripción	Medianas, RIC, frecuencias y denominadores	Tablas descriptivas

Paso	Etapa	Acción	Salida
6	Posición	Kruskal-Wallis, ε^2 y Holm	Comparación de cuatro posiciones
7	Lateralidad	Wilcoxon, Hodges-Lehmann, bootstrap y r biserial	Diferencias D-ND
8	Asimetría	Comparar asimetría continua y describir secundariamente >10%	Magnitud, dirección, Kruskal-Wallis, permutación y V de Cramer
9	Sensibilidad	Repetir comparaciones con los 88 adultos	Evaluación de robustez

ANEXO 4. GUÍA DE INTERPRETACIÓN CLÍNICA

La siguiente guía no es una regla de decisión validada. Organiza preguntas que deben responderse antes de actuar sobre una diferencia isocinética. Su finalidad es impedir que una asimetría aislada determine restricción, ejercicio o retorno al deporte.

La interpretación comienza con calidad de la prueba y comparabilidad con mediciones previas; continúa con síntomas, movilidad, carga y función; y termina con una decisión proporcional. Cuando existe duda sobre esfuerzo o técnica, la primera acción razonable es repetir la medición en condiciones estandarizadas.

La Tabla 12 organiza las preguntas clínicas que deben responderse antes de actuar sobre una diferencia bilateral y vincula cada dominio con la información necesaria y una interpretación prudente.

Tabla 12.

Guía contextual para interpretar una diferencia isocinética.

Dominio	Pregunta	Información necesaria	Interpretación prudente
Calidad	¿La serie fue consistente y técnicamente válida?	CV, curva, compensaciones, dolor	Repetir si la calidad es dudosa
Comparabilidad	¿La prueba es comparable con la línea basal?	Velocidad, postura, rango, orden y momento	No comparar protocolos distintos como equivalentes
Cambio	¿La diferencia es nueva o excede variación esperada?	Historia individual y, si existe, MDC	Priorizar cambio intraindividual
Contexto clínico	¿Coexisten dolor, pérdida de movilidad o función?	Historia, exploración y pruebas funcionales	Integrar; no actuar por porcentaje aislado

Dominio	Pregunta	Información necesaria	Interpretación prudente
Carga	¿Hubo aumento o recuperación insuficiente?	Lanzamientos, intensidad, gimnasio y descanso	Ajustar exposición cuando sea pertinente
Acción	¿Qué decisión es proporcional a la evidencia?	Reevaluación, seguimiento o intervención	Evitar restricción automática por >10%

Notas de aplicación de la guía

Escenario 1: un jugador asintomático presenta una asimetría estable respecto a evaluaciones anteriores y conserva movilidad, carga y rendimiento. En este contexto, el porcentaje puede registrarse como característica individual y vigilarse sin convertirlo automáticamente en objetivo terapéutico. La estabilidad temporal aporta información que una comparación transversal no ofrece.

Escenario 2: aparece una diferencia mayor que la habitual después de un periodo de alta carga, pero la serie presenta CV elevado o compensaciones. La prioridad es recuperar y repetir la medición en condiciones estandarizadas. Prescribir a partir de una prueba técnicamente dudosa confunde error con cambio fisiológico.

Escenario 3: una reducción reproducible de rotación externa coincide con dolor, pérdida de movilidad o menor tolerancia al lanzamiento. El dato isocinético adquiere mayor relevancia porque converge con otros dominios. Aun así, no determina por sí solo diagnóstico ni tiempo de restricción; orienta una evaluación más completa y el seguimiento de la respuesta.

Escenario 4: un jugador en rehabilitación alcanza simetría, pero no tolera la progresión de lanzamientos. La simetría no debe utilizarse para adelantar el retorno. La función específica y la respuesta al aumento de distancia, intensidad y volumen tienen prioridad sobre un criterio aislado de laboratorio.

Estos escenarios muestran que el mismo porcentaje puede conducir a observación, repetición o ampliación de la evaluación según el contexto. La guía busca organizar el razonamiento y documentar por qué se toma una decisión. No sustituye el juicio clínico, la comunicación interdisciplinaria ni las preferencias informadas del jugador.

Para implementar el seguimiento, se recomienda conservar el reporte original, fecha, fase de temporada, síntomas, última carga de lanzamiento, configuración del dinamómetro y observaciones del evaluador. Esta información permite interpretar cambios posteriores y facilita la auditoría de la medición. Sin metadatos, incluso una cifra precisa pierde buena parte de su significado clínico.