



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Departamento de ciencias de la actividad física y el deporte

Cinemática del modelo técnico de rendimiento del salto de altura en función de la edad

Autor:

D. Javier Bermejo Frutos

Directores:

Dr. D. José Luis López Elvira

Dr. D. José Manuel Palao Andrés

Murcia, Noviembre de 2011

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Departamento de ciencias de la actividad física y el deporte



Cinemática del modelo técnico de rendimiento del salto de altura en función de la edad

Memoria que presenta el licenciado
D. Javier Bermejo Frutos
para la obtención del grado de Doctor en
Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Murcia, Noviembre de 2011



AUTORIZACIÓN DEL DIRECTOR DE LA TESIS PARA SU PRESENTACIÓN

El Dr. D. José Manuel Palao Andrés y el Dr. D. José Luis López Elvira como Directores⁽¹⁾ de la Tesis Doctoral titulada “Cinemática del modelo técnico de rendimiento del salto de altura en función de la edad” realizada por D. Javier Bermejo Frutos en el Departamento de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, **autoriza su presentación a trámite** dado que reúne las condiciones necesarias para su defensa.

Lo que firmo, para dar cumplimiento a los Reales Decretos 56/2005 y 778/98, en Murcia a 4 de julio de 2011.

Dr. D. José Manuel Palao Andrés

Dr. D. José Luis López Elvira

⁽¹⁾ Si la Tesis está dirigida por más de un Director tienen que constar y firmar ambos.



UCAM
Universidad Católica
San Antonio

RATIFICACIÓN DEL TUTOR

El Dr. D. Antonio Calderón Luquín Profesor del Departamento de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, y Tutor del doctorando D. Javier Bermejo Frutos,

RATIFICO: El informe de D. José Luis López Elvira y D. José Manuel Palao Andrés, Directores de la Tesis titulada “Cinemática del modelo técnico de rendimiento del salto de altura en función de la edad” elaborada por el citado doctorando.

Lo que firmo, para dar cumplimiento a los Reales Decretos 56/2005 y 778/98, en Murcia a 19 de julio de 2001.

Fdo. Antonio Calderón Luquín

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a los Doctores D. José Luis López Elvira y D. José Manuel Palao Andrés la dirección de esta investigación, la paciencia, el apoyo, los consejos, y el ánimo dado durante todos estos años. No sólo sois unos magníficos profesores e investigadores, sino que también me habéis demostrado ser grandes personas. Gracias por vuestra dedicación y por haber confiado en mí. Espero que este sea el principio de muchos años trabajando juntos.

A la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM), por ofrecerme la posibilidad de poder llevar a cabo este trabajo de investigación en el lugar donde me formé como profesional en Ciencias del Deporte.

Al vicerrectorado de investigación de la UCAM, en especial a D. Andrés Hernández, por ayudarme en todo lo que he necesitado.

Al departamento de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la UCAM, en especial a D. Juan Alfonso García, por realizar los contactos con la Real Federación Española de Atletismo y agilizar todos los trámites.

Al profesor D. Policarpo Manzanares y a los alumnos internos Juan Cánovas y Fulgencio Soto, por haber dedicado parte de vuestro tiempo en la fase de recogida de datos.

A la Real Federación Española de Atletismo, por facilitarme mi trabajo durante los campeonatos y permitirme grabar a los atletas para este estudio.

A mis padres, José Vicente y Josefa, que me han apoyado cuando más lo necesitaba. Gracias por vuestra comprensión y por las facilidades que me habéis dado a lo largo de estos años sin esperar nada a cambio. Me habéis enseñado que el esfuerzo es la base para conseguir todo lo que te propongas. Sin vosotros esto no sería posible.

*“Si quieres ser un gran científico,
dedícate un cuarto de hora al día a pensar
todo lo contrario a lo que piensan tus amigos”*

Albert Einstein (1879-1955)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	23
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	27
2.1. Características generales del salto de altura.....	27
2.1.1. Origen y definición.....	27
2.1.2. Factores de rendimiento	28
2.1.3. Parámetros antropométricos y edad del saltador de altura ideal	29
2.2. Evolución técnica del salto de altura	32
2.3. La técnica actual del salto de altura	34
2.3.1. Carrera de aproximación.....	35
2.3.2. Posición de batida.....	35
2.3.3. Acción sobre el listón	36
2.4. Fundamentos biomecánicos del salto de altura	36
2.4.1. Tipo de movimiento y parámetros biomecánicos	36
2.4.2. Modelo biomecánico	38
2.4.3. Modelo jerárquico del salto de altura	39
2.4.3.1. Altura de batida (H1)	40

2.4.3.2. Altura de vuelo (H2).....	41
2.4.3.3. Eficacia de franqueo (H3)	42
2.5. Distribución temporal de las fases del salto de altura	43
2.6. Propósitos mecánicos y principios biomecánicos del salto de altura	44
2.6.1. Propósitos mecánicos	44
2.6.1.1. Propósitos mecánicos de la carrera	45
2.6.1.2. Propósitos mecánicos de la batida.....	45
2.6.1.3. Propósitos mecánicos del vuelo.....	45
2.6.2. Principios biomecánicos aplicados al salto de altura	46
2.6.2.1. Principios biomecánicos de la carrera.....	46
2.6.2.1.1. Principio de causa y efecto.....	46
2.6.2.1.2. Principio de conservación de la estabilidad dinámica y conservación del momento horizontal	46
2.6.2.1.3. Principio de velocidad específica.....	47
2.6.2.1.4. Principio de aceleración positiva y transmisión de las fuerzas al impulso	47
2.6.2.1.5. Principio de fuerza centrípeta y fuerza centrífuga.....	48
2.6.2.1.6. Principio de conservación del momento angular	48

2.6.2.2. Principios biomecánicos de la batida	49
2.6.2.2.1. Principio de aceleración negativa-positiva y fuerzas concéntricas-excéntricas	49
2.6.2.2.2. Principio de fuerza-tiempo	49
2.6.2.2.3. Principio de fuerza inicial	49
2.6.2.2.4. Principio sumatorio de velocidad, velocidad secuencial, y coordinación de los impulsos parciales	50
2.6.2.2.5. Principio de cantidad de momento angular	50
2.6.2.2.6. Principio de recorrido óptimo de aceleración	52
2.6.2.2.7. Principio de acción-reacción	52
2.6.2.3. Principios biomecánicos del vuelo	53
2.6.2.3.1. Principio de conservación de la cantidad de movimiento	53
2.6.2.3.2. Principio de centro de masa, acción- reacción segmentaria, y acción-reacción rotacional	53
2.6.2.3.3. Principio de momento inercia, brazo momento y momento angular	53
2.7. Antecedentes en el estudio cinemático del salto de altura	54
2.7.1. Estudios sobre la carrera de aproximación	54

2.7.1.1. Forma de aproximación	54
2.7.1.1.1. Parte recta de la carrera de aproximación	55
2.7.1.1.2. Parte curva de la carrera de aproximación.....	55
2.7.1.2. Longitud de carrera	56
2.7.1.3. Velocidad de aproximación.....	56
2.7.1.4. Radio de curva.....	58
2.7.1.5. Inclinación en la parte curva de la carrera	60
2.7.1.6. Localización del punto de batida.....	61
2.7.1.7. Determinación del punto de inicio de curva.....	63
2.7.1.8.1. Método de López (1983).....	64
2.7.1.8.2. Método de Lucas (1986)	65
2.7.1.8.3. Método de Dapena (1997a)	66
2.7.1.8. Trayectoria final de carrera	67
2.7.1.9. Características de los pasos finales.....	69
2.7.2. Estudios sobre la batida	72
2.7.2.1. Colocación del pie en la batida	74
2.7.2.2. Altura del CM al iniciar la batida	76
2.7.2.3. Altura del CM al final de la batida.....	77
2.7.2.4. Inclinaciones del saltador durante la batida	79

2.7.2.5. Contribución de los segmentos libres	81
2.7.2.6. Duración de la batida	82
2.7.2.7. Velocidad del CM en la batida.....	83
2.7.2.7.1. Velocidad horizontal de batida	84
2.7.2.7.2. Velocidad vertical de batida	86
2.7.2.8. Ángulo de batida	87
2.7.2.9. Evolución del ángulo de la rodilla	88
2.7.3. Estudios sobre el vuelo	91
2.7.3.1. Acción sobre el listón.....	92
2.7.3.2. Ubicación del CM sobre el listón	94
2.8. Aspectos clave para el entrenamiento	94
2.8.1. Diferencias entre hombres y mujeres.....	99
2.8.1.1. Características antropométricas (estatura y peso).....	100
2.8.1.2. Características físicas.....	103
2.8.2. El rendimiento en competición en hombres y mujeres	107
2.8.3. El entrenamiento del salto de altura en función de la edad.....	109
2.8.4. Problema de investigación	115
3. OBJETIVOS.....	117
4. MÉTODO.....	119

4.1. Participantes.....	119
4.2. Diseño de investigación.....	120
4.2.1. Variables de estudio	120
4.2.1.1. Duraciones	121
4.2.1.2. Distancias	122
4.2.1.3. Alturas	123
4.2.1.4. Velocidades.....	124
4.2.1.5. Ángulos	126
4.3. Material.....	128
4.3.1. Material de campo	128
4.3.2. Material de laboratorio	129
4.3.3. Recursos humanos.....	129
4.4. Procedimiento	130
4.4.1. Fase previa a la grabación	130
4.4.2. Fase de grabación	130
4.4.2.1. Sistema de registro.....	131
4.4.2.2. Ubicación de las cámaras.....	131
4.4.2.3. Frecuencia de muestreo y velocidad de obturación....	132
4.4.2.4. Calibración de la cámara.....	132

4.4.2.5. Grabación de los saltos y desarrollo de la competición.....	133
4.4.3. Fase de laboratorio	133
4.4.3.1. Captura de imágenes y edición de los vídeos.....	133
4.4.3.2. Modelo mecánico del saltador	134
4.4.3.3. Calibración del espacio	137
4.4.3.4. Sincronización de las cámaras.....	139
4.4.3.5. Criterios de fiabilidad.....	139
4.4.3.6. Validez de la frecuencia de muestreo	142
4.4.3.7. Nivel de extrapolación	144
4.4.3.8. Digitalización de los saltos	145
4.4.3.9. Reconstrucción espacial	146
4.4.3.10. Técnicas de ajuste de la señal-ruido	146
4.4.3.11. Procesamiento de datos	146
4.4.3.11.1. Tiempos	147
4.4.3.11.2. Longitud del paso	147
4.4.3.11.3. Orientación de los apoyos.....	147
4.4.3.11.4. Ángulo del CM en las fases aéreas	148
4.4.3.11.5. Cálculo del CM.....	148
4.4.3.12. Tratamiento estadístico	150

5. RESULTADOS	151
5.1. Resultados descriptivos.....	151
5.1.1. Cadete masculino	152
5.1.2. Junior masculino.....	166
5.1.3. Senior masculino.....	180
5.1.4. Cadete femenino	194
5.1.5. Junior femenino	208
5.1.6. Senior femenino	222
5.2. Resultados inferenciales	236
5.2.1. Variables que determinan la altura máxima del CM.....	236
5.2.2. Evolución de las variables en función de la edad	245
5.2.3. Comportamiento de las variables en saltadores de diferente género.....	252
5.3. Modelo cinemático de ejecución	255
6. DISCUSIÓN	263
6.1. Visión general del salto.....	264
6.1.1. Objetivo y parámetros de eficacia	264
6.1.2. Tipología de los saltadores de altura nacionales.....	265
6.2. Análisis de las fases temporales del salto	267
6.2.1. Preparación para la batida (ante-salto).....	268

ÍNDICE	XIX
6.2.1.1. Hombres.....	270
6.2.1.2. Mujeres.....	274
6.2.2. Batida.....	280
6.2.2.1. Hombres.....	281
6.2.2.2. Mujeres.....	290
6.2.3. Vuelo.....	297
6.2.3.1. Hombres.....	298
6.2.3.1. Mujeres.....	300
6.3. Criterios biomecánicos para la ejecución eficaz de un salto.....	301
6.3.1. Criterios biomecánicos en hombres.....	302
6.3.2. Criterios biomecánicos en mujeres.....	303
6.3.3. Reflexión final.....	304
7. CONCLUSIONES.....	307
7.1. Conclusiones agrupadas por objetivos.....	307
7.2. Aplicaciones del estudio.....	310
7.3. Futuras líneas de investigación.....	311
8. BIBLIOGRAFÍA.....	313
9. ANEXOS.....	339

ABREVIATURAS

A continuación se expone una leyenda con las abreviaturas empleadas en la redacción del trabajo. Existen una serie de abreviaturas del Sistema Internacional de medidas (SI) que aparecen en el texto, y que no se incluyen por ser términos generalizados.

Abreviatura	Definición
α	Ángulo de salida
ΔSz	Recorrido vertical de aceleración
3D	Tridimensional
BPB	Brazo correspondiente a la pierna de batida
BPL	Brazo correspondiente a la pierna libre
CM	Centro de masas
DF	Distancia frontal de batida
DL	Distancia lateral de batida
ENE	Escuela Nacional de Entrenadores
EC	Energía cinética
EP	Energía potencial
FC	Fuerza centrífuga generada en la parte curva de la carrera
Fcp	Fuerza centrípeta generada en la parte curva de la carrera
fps	Fotogramas por segundo
H	Altura del listón
H0	Altura del CM al inicio de la batida
H1	Altura del CM al final de la batida
H2	Altura de vuelo del CM
H3	Eficacia de paso del CM

HF	Momento angular frontal
HL	Momento angular lateral
Hmax	Altura máxima alcanzada por el CM
HS	Momento angular resultante
HT	Momento angular de rotación vertical
IAAF	International Amateur Athletics Federation
MI	Miembro inferior
MS	Miembro superior
PB	Pierna de batida
PL	Pierna libre
RFEA	Real Federación Española de Atletismo
SD	Desviación Estándar
SL	Segmentos libres en la batida
TD	Instante en el que el pie contacta en el suelo en la batida
TO	Instante en el que el pie abandona el suelo tras la batida
Vmax	Velocidad máxima de carrera
V0	Velocidad inicial de salida
V0x	Componente horizontal de la velocidad inicial
V0z	Componente vertical de la velocidad inicial
Vx	Componente horizontal de la velocidad
Vz	Componente vertical de la velocidad
X	Coordenada espacial medio-lateral
Y	Coordenada espacial antero-posterior
Z	Coordenada espacial vertical

1. INTRODUCCIÓN

En el atletismo, más concretamente en la especialidad atlética de salto de altura, existe una gran diversidad de publicaciones que abordan el estudio del rendimiento de la prueba desde diferentes puntos de vista. Se pueden encontrar artículos referidos a la historia de la prueba, a fotosecuencias de un saltador de rendimiento, a aspectos del entrenamiento, a la enseñanza de la técnica, a la identificación de talentos deportivos, a aspectos psicológicos, a aspectos médicos (fisiológicos, traumatológicos, preventivos, morfológicos, y antropométricos), a descriptivos de la técnica, y a biomecánicos. Los estudios de mayor abundancia son los de tipo biomecánico.

Los estudios biomecánicos cuantitativos analizan los parámetros cinemáticos de rendimiento más importantes, para posteriormente poder realizar comparaciones de nivel, diferenciaciones entre sexos, o simplemente describir las características de una población concreta. Algunos de estos estudian la técnica empleada por el saltador de máximo rendimiento del momento, para así observar el modelo técnico individual. También, para establecer diferencias individuales en relación a otros momentos de la temporada o de la vida deportiva. Sin embargo, no se ha encontrado en la revisión realizada ningún trabajo que estudie cómo varía la técnica en función de la edad del deportista.

Los modelos técnicos individuales de los saltadores y saltadoras de altura en competición aportan una información muy valiosa a la hora de afrontar el planteamiento técnico de la prueba. En las categorías menores de atletismo existen dificultades al tratar de ubicar la técnica de los saltadores de altura dentro de un estándar asociado a un rango de edad y de rendimiento. El modelo técnico de rendimiento se encuentra construido a partir de los modelos técnicos individuales de saltadores correspondientes a categoría senior y que pertenecen al alto rendimiento. Este modelo tiene un problema: no queda claro que los criterios de referencia para evaluar la técnica de estos saltadores sean aplicables a otras categorías de edad.

En este estudio, se toma como metodología la técnica denominada fotogrametría tridimensional (3D). A partir de la grabación de al menos dos puntos de vista diferentes de una misma acción técnica, es posible realizar una reconstrucción tridimensional del movimiento. Este método de captura del movimiento basado en imágenes permite obtener los datos posición-tiempo de un punto tomando como referencia las coordenadas en un plano bidimensional. A partir de aquí, utilizando fórmulas matemáticas y ecuaciones predeterminadas, estos datos pueden ser utilizados para el cálculo de variables cinemáticas. El objetivo de este método es describir la técnica deportiva a través de datos que cumplen el criterio de objetividad y precisión. Esta metodología de análisis permite estudiar patrones de movimiento sin necesidad de interferir en la acción o en el deportista.

Esta técnica de análisis aporta conocimientos cinemáticos de la técnica. La cinemática estudia el movimiento sin tener en cuenta las causas que lo producen. Esto quiere decir se limita al estudio de la trayectoria en función del tiempo. De esta manera, se pueden obtener datos objetivos referidos a velocidades, aceleraciones, ángulos, o distancias (Grosser, Hermann, Tusker y Zintl, 1991). Se obtienen plantillas de datos que permiten reconstruir el movimiento aportando los valores reales de los parámetros de rendimiento. Esta técnica es la más adecuada para estudiar y analizar la técnica en deportes que se caracterizan por movimientos complejos y de elevada velocidad (Aguado, 1993), ya que no interfiere en la ejecución del gesto deportivo.

Se analizaron los saltos de altura realizados por los atletas de las categorías cadete, junior, y senior clasificados para el Campeonato de España en pista cubierta perteneciente a la temporada 2008/2009. El gesto fue dividido en diferentes fases atendiendo a criterios mecánicos. En un primero momento se define del modelo técnico individual de cada saltador, se obtiene un modelo técnico de rendimiento asociado a una categoría de edad, sexo, y rendimiento, y se compara con los datos establecidos por la bibliografía. Se realizaron procedimientos estadísticos sobre los resultados. Esto permite determinar y corregir los parámetros más relevantes que influyen sobre la altura alcanzada al realizar un salto de altura.

El principal objetivo de este trabajo es determinar la evolución del modelo cinemático de eficacia técnica en su paso por las diferentes categorías de edad. El presente trabajo busca abrir una nueva línea de investigación, incidiendo en el modelo de trabajo entrenador-biomecánico, dentro del área de la biomecánica aplicada a las técnicas atléticas. Se pretende clarificar la biomecánica que opera en saltadores de altura de diferente edad, sexo, y nivel de rendimiento, determinando la influencia del proceso de formación (evolución antropométrica, física, y técnica) en la construcción del modelo técnico de rendimiento. Se espera que los resultados obtenidos, así como también la metodología empleada, sirvan de base para poder aplicarlo en un futuro a saltadores de características similares y otras disciplinas atléticas en situaciones reales de competición.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SALTO DE ALTURA

2.1.1. Origen y definición

La idea de un salto de altura codificado proviene de Alemania a finales del siglo XVIII con la publicación del libro *Gymnastik für jungens*, en el que el objetivo es saltar una cuerda tendida (Bravo, Ruf, y Vélez, 2003). Comenzó como una actividad de educación física para niños y se convirtió en un deporte de competición en Inglaterra, Alemania, y Centroeuropa a principios del siglo XIX (Dapena, 2002a). Dentro del programa olímpico, la categoría masculina se encuentra presente desde los primeros Juegos Olímpicos modernos (JJOO) celebrados en Atenas en 1896. La doble modalidad (con y sin impulso) se disputa en los JJOO de París 1900, Saint Louis 1904, y Estocolmo 1912. No es hasta los JJOO de Ámsterdam en 1928 cuando se produce la incorporación femenina.

Se trata de una especialidad atlética englobada dentro del concurso de saltos junto con la pértiga, salto de longitud, y triple salto. Se clasifica como un salto de tipo vertical. La prueba se basa en el paso de un listón, elevado en cadencias no menores de 2 cm, y soportado por dos postes separados 4 m (RFEA, 1993). Según la IAAF, se tiene la posibilidad de tomar una carrera de impulso que tiene una longitud mínima de 15-20 m (25 m cuando las condiciones lo permitan) y con la obligación de realizar el apoyo para la batida con un solo pie. El atleta no puede llevar su cuerpo más allá del plano vertical del listón sin franquearlo primero, salvo que el juez estime que no se obtiene ventaja (Čoh, 1987). Se dispone de tres intentos en cada altura, pudiendo renunciar al segundo o tercero para seguir saltando en una altura superior.

Existe un problema a la hora de evaluar el rendimiento de la prueba. En un salto, el entrenador desconoce el criterio de rendimiento (máxima altura del centro de masas) y sólo dispone del dato referente a la altura del listón. Supone

una deficiencia, ya que el listón se puede pasar con diferente eficacia técnica. En este sentido, el atleta puede superarlo de dos formas: rozándolo o sin tocarlo sobradamente. Si se pasa sin tocarlo, la altura del listón se considera una subestimación del valor real de rendimiento; si se roza pero no se derriba, se considera una sobreestimación de la máxima altura que hubiera sido lograda exitosamente (Dapena, 1993a).

2.1.2. Factores de rendimiento

Se trata de un aspecto que se debe adaptar a la especialidad deportiva y al deportista, puesto que dependiendo de esto la jerarquización de los mismos será diferente. Para lograr buenos resultados en esta especialidad atlética es necesario tener una fuerte base en los siguientes elementos: características antropométricas (altura, ligereza, y tipología longilínea), capacidades fisiológicas (potencia, velocidad de reacción, y fuerza), caracteres psicológicos (motivación, habilidad para concentrarse bajo presión, competitividad, persistencia, y paciencia), y cualidades técnicas (McWatt, 1990). Además, a éstos se les pueden añadir las características cronológicas.

Las características antropométricas y cronológicas no son mejorables con el entrenamiento. Se debe a que están determinadas genéticamente. Sin embargo, se pueden estudiar para la selección de los mejores parámetros individuales. En este sentido, se debe hacer hincapié en la variable antropométrica de estatura, ya que junto con la longitud de pierna es la más predictiva del rendimiento (Laffaye, 2010). Aunque la longitud de pierna es un elemento importante para lograr una elevada altura de salto, no es necesario. El resto de elementos que condiciona el rendimiento (características físicas, técnicas, y psicológicas) son los aspectos sobre los que se debe trabajar con el entrenamiento (Challis y Yeadon, 1992). De todos ellos, la técnica es el factor más importante (Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990). Se debe a que determina la eficacia de ejecución de las capacidades físicas y antropométricas.

2.1.3. Parámetros antropométricos y edad del saltador de altura ideal

En las tablas 1 y 2 se recogen los mejores resultados (ranking IAAF) de los clasificados entre los mejores de todos los tiempos hasta 2009, con inclusión de datos adicionales: edad de consecución de la marca, estatura, peso, y diferencial. Las tablas 3 y 4 recogen los datos con saltadores nacionales (ranking RFEA). En la tabla 5 se expone una comparación de los parámetros antropométricos de los mejores hombres y mujeres nacionales e internacionales.

Tabla 1.

Mejores saltadores de altura mundiales de todos los tiempos.

Marca (m)	Saltador	Edad	Estatura (m)	Peso (kg)	Diferencial (cm)
2.45	Javier Sotomayor	25	1.95	82	50
2.42	Patrik Sjöberg	22	2.00	78	42
2.42i	Carlo Thränhardt	30	1.98	84	44
2.41	Igor Paklin	22	1.91	72	50
2.40	Rudolf Povarnitsin	23	2.02	75	38
2.40	Sorin Matei	27	1.84	67	56
2.40i	Hollis Conway	24	1.83	66	57
2.40	Charles Austin	23	1.84	77	56
2.40	Vyacheslay Voronin	26	1.90	78	50
2.40	Stefan holm	28	1.81	69	59
2.40i	Ivan Ukhov	22	1.92	83	48
2.39	Zhu Jianhua	21	1.93	70	46
2.39i	Dietmar Mögenburg	23	2.01	78	38
2.39i	Ralf Sonn	24	1.97	85	42
2.38	Gennadiy Avdeyenko	23	2.02	84	36
2.38	Sergey Malchenko	24	1.90	74	48
2.38	Dragutin Topic	22	1.97	77	41
2.38i	Steve Smith	20	1.85	70	53
2.38i	Wolf-Hendrik Beyer	22	2.00	82	38
2.38	Troy Kemp	29	1.87	69	51
2.38	Artur Partyka	27	1.92	69	46
2.38i	Matt Hemingway	27	1.98	81	40
2.38i	Yaroslav Rybakov	24	1.98	84	40
2.38	Jacques Freitag	22	2.04	83	34
2.38	Andrey Sokolovskiy	26	1.96	80	42
2.38i	Linus Thörnblad	21	1.80	76	58
2.38	Andrey Silnov	23	1.98	83	40
2.37	Valeriy Sereda	25	1.86	73	51
2.37	Tom McCants	25	1.85	79	52
2.37	Jerome Carter	25	1.85	66	52

Leyenda: i= resultado obtenido en pista cubierta; diferencial= diferencia entre la altura del listón y la estatura.

Tabla 2.

Mejores saltadoras de altura mundiales de todos los tiempos.

Marca (m)	Saltadora	Edad	Estatura (m)	Peso (kg)	Diferencial (cm)
2.09	Stefka Kostadinova	22	1.80	60	29
2.08	Blanka Vlasic	25	1.93	75	15
2.08i	Kajsa Bergqvist	29	1.75	59	33
2.07	Lyudmila Andonova	24	1.77	60	30
2.07i	Heike Henkel	27	1.81	64	26
2.06	Hestrie Cloete	25	1.85	68	21
2.06	Yelena Slesarenko	22	1.79	54	27
2.06	Ariane Friedrich	25	1.78	59	28
2.05	Tamara Bykova	25	1.79	62	26
2.05	Inha Babakova	28	1.80	58	25
2.05i	Tia Hellebaut	29	1.82	62	23
2.04	Silvia Costa	25	1.79	60	25
2.04i	Alina Astafei	25	1.81	62	23
2.04	Venelina Mateeva	26	1.77	56	27
2.04i	Anna Chicherova	20	1.78	53	26
2.03	Ulrike Meyfarth	27	1.88	71	15
2.03	Louise Ritter	30	1.78	59	25
2.03	Tatyana Babashkina	26	1.75	68	28
2.03	Niki Bakoyianni	28	1.70	53	33
2.03i	Monica Iagar-Dinescu	25	1.86	68	17
2.03i	Marina Kuptsova	20	1.85	56	18
2.03	Antonietta Di Martino	29	1.69	57	34
2.02i	Susanne Beyer	25	1.77	60	25
2.02	Yelena Yelesina	20	1.84	57	18
2.02	Vita Styopina	28	1.78	58	24
2.02	Ruth Beitia	28	1.86	63	16
2.02	Irina Gordeeva	22	1.73	53	29
2.01	Sara Simeoni	25	1.78	61	23
2.01	Olga Turchak	19	1.90	60	11
2.01	Desirée Du Plessis	21	1.84	64	17

Leyenda: i= resultado obtenido en pista cubierta; diferencial= diferencia entre la altura del listón y la estatura.

Tabla 3.

Mejores saltadores de altura españoles de todos los tiempos.

Marca (m)	Saltador	Edad	Estatura (m)	Peso (kg)	Diferencial (cm)
2.34	Arturo Ortiz	24	1.90	73	44
2.30	Ignacio Pérez	26	1.95	81	35
2.30	Gustavo A. Bécker	24	1.84	71	46
2.28	Javier Bermejo	26	1.88	70	40
2.27i	Miguel Á. Sancho	18	1.80	67	47
2.26	Roberto Cabrejas	30	1.81	67	45
2.25	David Antona	22	1.90	73	35
2.24	Miguel Ángel Moral	20	1.99	85	25
2.24	Javier Villalobos	24	1.80	73	44
2.23i	Jordi Rofes	18	1.93	80	30

Leyenda: i= resultado obtenido en pista cubierta; diferencial= diferencia entre la altura del listón y la estatura.

Tabla 4.

Mejores saltadoras de altura españolas de todos los tiempos.

Marca (m)	Saltadora	Edad	Estatura (m)	Peso (kg)	Diferencial (cm)
2.02	Ruth Beitia	28	1.92	63	10
1.96i	Marta Mendía	28	1.75	59	21
1.89	Carlota Castrejana	21	1.88	67	1
1.88	María Mar Martínez	20	1.79	58	9
1.88i	Gema M. Pozuelo	19	1.85	67	3
1.86	Isabel Mozón	24	1.70	55	16
1.86i	Covadonga Mateos	22	1.70	55	16
1.86	Asunción Morte	26	1.80	58	6
1.85	Arrarte Azkona	16	1.78	59	7
1.85i	Raquel Álvarez	22	1.68	54	17

Leyenda: i= resultado obtenido en pista cubierta; diferencial= diferencia entre la altura del listón y la estatura.

Tabla 5.

Marca, edad, estatura y peso de los saltadores de altura.

	Marca	Edad	Estatura	Peso	Diferencial
Hombres					
M (n=30)	2.39 ± 0.01	24.16 ± 2.47	1.92 ± 0.07	76.46 ± 6.10	46.6 ± 7.12
N (n= 10)	2.27 ± 0.03	23.2 ± 3.79	1.88 ± 0.06	74 ± 6.07	39.1 ± 7.51
Mujeres					
M (n= 30)	2.04 ± 0.02	25 ± 3.07	1.80 ± 0.05	60.66 ± 5.32	23.9 ± 5.84
N (n= 10)	1.89 ± 0.05	22.6 ± 3.92	1.78 ± 0.08	59.5 ± 4.71	10.6 ± 6.61

Leyenda: M= saltadores de nivel mundial; N= saltadores de nivel nacional.

2.2. EVOLUCIÓN TÉCNICA DEL SALTO DE ALTURA

El salto de altura cumple con el segundo objetivo fundamental de los saltos: auto-proyectar el cuerpo en el aire con el fin de pasar un obstáculo, lo más alto posible, mediante movimientos específicos. Estos movimientos determinan la técnica (Langlade y Langlade, 1986). Hasta ahora se conocen muchas técnicas y estilos de salto (tabla 6), cuya denominación parece fundamentarse en la forma de paso del listón (Dapena, 2002a). Su evolución se ve impulsada por diferentes factores (Hay, 1993; Bravo, Ruf, y Vélez, 2003): las modificaciones en el reglamento (actualmente el salto correcto es aquel que desarrolla una batida sobre una pierna), los materiales de competición (la zapatilla compensada, la superficie de la pista, y el material de la superficie de caída), la mejora metodológica del entrenamiento, la profesionalización de los deportistas (más tiempo para entrenar), y la investigación biomecánica en el deporte.

La evolución de las técnicas de salto permite que la progresión de récords sea constante y culmina en el estilo denominado *Fosbury flop*. Sin embargo, durante las últimas dos décadas la prueba ha sufrido un estancamiento. Este estilo de salto, aunque se hace público en los JJOO de Méjico, se desarrolla en años anteriores por el americano Dick Fosbury y la canadiense Debbie Brill. Fue utilizado en diferentes competiciones internacionales y conocido como “Fosbury flop” o “Brill bend”. Adoptó el nombre del primero por conseguir la medalla de oro en las olimpiadas de 1968 (Debbie Brill no consiguió clasificarse para formar parte del equipo olímpico canadiense) (Reid, 2009).

Tabla 6.

Evolución de las técnicas de salto en la prueba de salto de altura (Bravo y López, 1992).

Gráfico	Descripción
	<p>Frontal roll o salto frontal: carrera frontal, encogimiento frontal, y rodamiento de espaldas. Se trata de la primera técnica de salto.</p>
	<p>Cut off, tijera simple, o tijera escocesa: carrera diagonal, batida con la pierna exterior, y caída con la contraria. En la variante conocida como eastern cut off, tijera horizontal, o tijera americana el cuerpo realiza una inclinación hacia la pierna libre (PL) en el momento del paso. En la variante denominada western scissor o tijera californiana el giro del tronco es hacia la perna de batida (PB).</p>
	<p>Western roll, rodillo costal, o rodillo californiano: carrera de aproximación con desviación lateral de las últimas zancadas, batida con la pierna interior, inclinación del tronco hacia ese lado paralelo al listón, paso de costado, y caída sobre la PB y las manos.</p>
	<p>Straddle jump o rodillo ventral: pasar el listón con la parte anterior de las caderas, con el tronco horizontal al suelo, paralelo al listón, y realizar la caída sobre la PL. Como variante se puede realizar una acción fuerte de los brazos de forma paralela en la batida y un rodamiento activo encima del listón, mediante la zambullida.</p>
	<p>Fosbury flop o salto al estilo Fosbury: carrera de aproximación que describe una curva hacia el lado de la PB, batida con la pierna exterior, giro en busca de la posición de espaldas al listón para su franqueo, paso del listón de espaldas en arqueo, y caída sobre el dorso.</p>

Existe otro estilo de salto (gráfico 1). Se desarrolló en 1973 por James Hay mediante la utilización de un software de simulación. Sus principales características son: carrera de aproximación de forma frontal al listón, impulso de batida con la pierna dominante, finalización de la acción en posición de “tandem” (con la pierna de impulso extendida, pierna libre flexionada con la rodilla a la altura de la cadera, y brazos extendidos apuntando hacia arriba), y paso del listón mediante un volteo frontal. Este estilo de salto supone una ventaja mecánica en relación al paso del CM por el listón (26.5 cm, frente a los 8.3 cm del estilo fosbury). Sin embargo, su puesta en práctica parece complicada y menos efectiva que el actual estilo de salto (Bravo, Ruf, y Vélez, 2003). Se debe a que el estilo fosbury tiene un ritmo de aprendizaje elevado (Bothmischel, 1990), ofrece cierto grado de éxito a todo tipo de saltadores (Reid, 1986), y transforma mayor velocidad horizontal de carrera en velocidad vertical (Tidow, 1993).

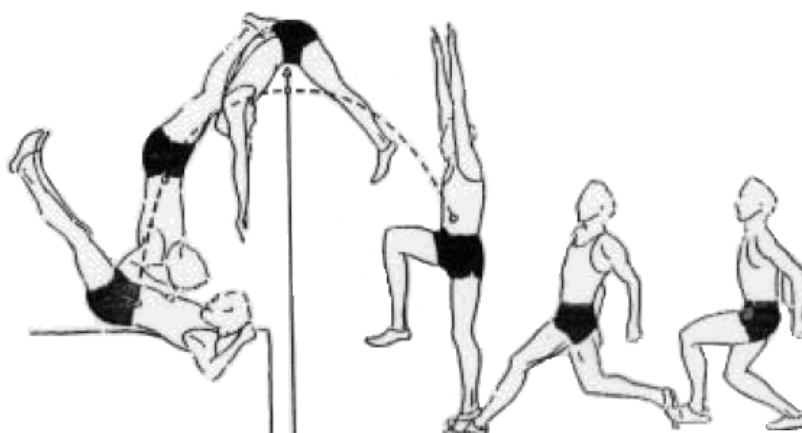


Gráfico 1. Estilo definitivo de salto propuesto por James Hay.

2.3. LA TÉCNICA ACTUAL DEL SALTO DE ALTURA

El estilo de salto denominado “fosbury flop” es utilizado actualmente por todos los saltadores y saltadoras de altura. La evolución técnica hasta llegar a este estilo de salto se debe a cambios en la forma de realizar la aproximación al listón, la posición de batida, y la acción sobre el listón.

2.3.1. Carrera de aproximación

La carrera de aproximación evoluciona de una trayectoria recta a describir una curva al final. Existe un doble posicionamiento en torno a los beneficios de esta forma de aproximación. En el primero, se afirma que al realizar la curva la fuerza centrífuga (FC) generada se puede aprovechar para generar una mayor elevación, pero no es así porque es una fuerza horizontal y además desaparece en la batida (Dapena, 1980a). Según otros posicionamientos, permite adquirir la rotación necesaria (momento angular) para el paso del listón, pero no es así porque la mayoría del momento angular se produce en la batida y no en la carrera (Hay, 1977). La realidad es que la curva: a) permite llegar con el CM bajo al final de la carrera sin tener que correr con las rodillas muy flexionadas (Hay, 1977); b) permite que el atleta se incline hacia fuera del listón y al mismo tiempo emplace el pie, lo que genera momento angular durante la batida, sin la necesidad de tener que inclinarse hacia el listón al final de la misma (Paolillo, 1989).

2.3.2. Posición de batida

La posición al final de la batida en el estilo fosbury se adopta con la pierna de batida extendida, la pierna libre flexionada con el muslo paralelo al suelo, y los brazos elevados por encima de los hombros. Al comparar esta técnica con otros estilos de salto (rodillo ventral) resulta menos efectiva. Se debe a que la altura de proyección el CM es menor, así como en nivel de contribución de los segmentos libres. En el estilo fosbury, el saltador necesita que la rotación durante la fase de vuelo (en el sentido de las agujas del reloj) sea más rápida. Por este motivo, la batida no puede realizarse con la pierna libre recta y la acción de los brazos es menos enérgica, ya que generaría un gran momento inercia que sería más difícil de controlar durante el vuelo (Tidow, 1993). Sin embargo, compensa estas carencias con mayor velocidad vertical al final de la batida (Dapena, 1974) y una posición de paso por el listón más eficaz (Dyson, 1982). La carrera en curva permite llegar al inicio de la batida con mayor velocidad horizontal. Este aspecto ha demostrado que tiene relación positiva con la capacidad para aumentar la velocidad vertical final (Bothmischel, 1990).

2.3.3. Acción sobre el listón

La evolución de las técnicas de salto permite un paso más eficaz del cuerpo por el listón. Se debe a que el saltador consigue posicionar mayor materia entre el listón y el CM, lo que permite superar alturas más próximas a la alcanzada por el CM. El paso alternado de los segmentos corporales y la posición de arqueo encima del listón hacen que el saltador no necesite elevarse tanto para pasar una misma altura de salto. En el estilo frontal el CM pasa alrededor de 40 cm por encima del listón, en la tijera lo hace a 25-30 cm, en el rodillo costal a 15 cm, en el rodillo ventral a 5-10 cm, y en el estilo Fosbury lo hace a 5 cm o incluso puede presentar valores negativos (Dyson, 1982).

2.4. FUNDAMENTOS BIOMECÁNICOS DEL SALTO DE ALTURA

El análisis del movimiento presenta un doble abordaje: técnico (biomecánica) y energético (fisiología). La perspectiva técnica se centra en el estudio de actividades desde el punto de vista de las acciones mecánicas (Gutiérrez y Soto, 1997). Esta área de conocimiento tiene como ciencia subyacente la biomecánica (Williams y Lissner, 1991). Se trata del factor con mayor nivel control (Hochmuth, 1973). Su importancia se debe a que aporta datos cuantitativos, objetivos, y con un elevado nivel de precisión. La biomecánica deportiva permite determinar el estado de forma y optimizar la técnica. Estas acciones permiten establecer la dirección correcta del entrenamiento físico.

2.4.1. Tipo de movimiento y parámetros biomecánicos

Desde la perspectiva de la mecánica, el salto de altura representa un movimiento complejo. Para poder analizarlo, la biomecánica simplifica al saltador en un punto al que denomina centro de masas (Hall, 2003), el cual se puede utilizar para describir el movimiento (Kingman, Toussaint, Commisaris, Hoozemans, y Ober, 1995). En este punto se puede encontrar toda la masa del cuerpo y no se afecta por las condiciones de gravedad (Spiegel, 1996). Al determinar el CM se pueden obtener datos relativos al movimiento (posición, velocidad, aceleración, y vectores fuerza) (De Leva, 1996).

Tomando como referencia la acción de batida y el vuelo, el CM del saltador describe un movimiento parabólico. Se trata de un movimiento bidimensional de aceleración constante y no existe componente horizontal de aceleración (Hall, 2003). Su trayectoria se encuentra predeterminada, es predecible, inalterable, y está definida matemáticamente (gráfico 2) (Hackett, 1989; Schexnayder, 1994; Tidow, 1993). La parábola descrita por el CM queda determinada por la velocidad horizontal (profundidad del salto) y la velocidad vertical (altura máxima del CM) en la batida, y no hay nada que pueda cambiar el patrón predefinido (Dyson, 1982; Tellez, 1993). Sin embargo, no quiere decir que la trayectoria de todas las partes del cuerpo esté determinada. Se puede mover una parte del cuerpo en una dirección y otra en el opuesto para realizar un paso alternado por el listón (Dapena, 1995a).

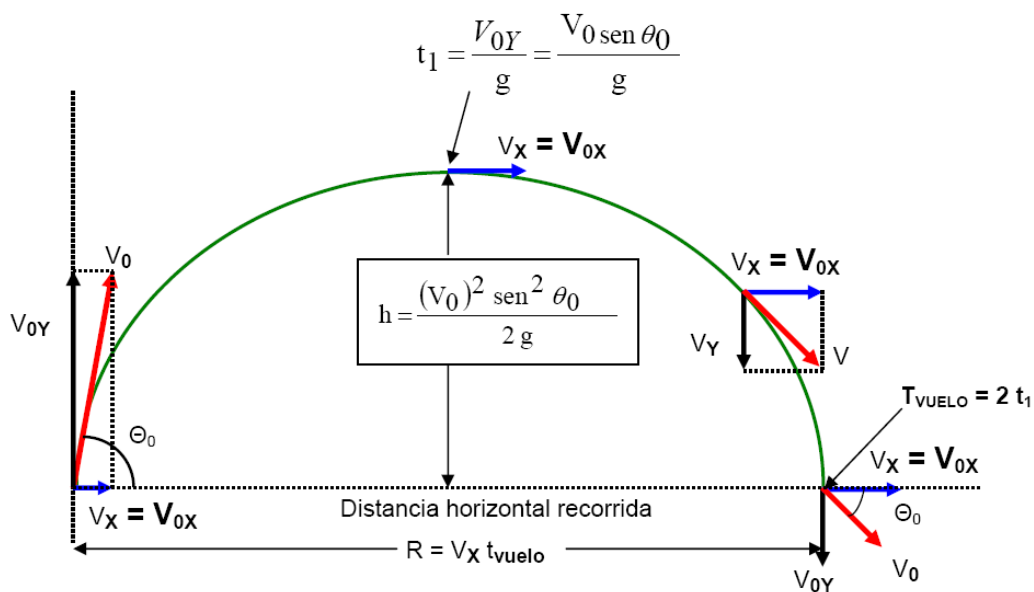


Gráfico 2. Movimiento parabólico del CM.

El objetivo principal del salto de altura es proyectar el CM lo más alto posible ajustándose a las limitaciones del reglamento. Puesto que se trata de un movimiento parabólico, se encuentra determinado por las leyes que rigen el vuelo

y los proyectiles (Dyson, 1982). La altura alcanzada está determinada fundamentalmente por la velocidad de salida (VR), el ángulo de batida (α), y la altura del CM al final de la batida (H_1). Sin embargo, el saltador necesita ejecutar las acciones necesarias que permitan girar el cuerpo en el aire para pasar el listón de la forma más eficaz. Esto implica adaptar las fases del salto a este propósito.

2.4.2. Modelo biomecánico

El primer aspecto para realizar un adecuado análisis biomecánico cualitativo es el desarrollo de un modelo biomecánico de la tarea (Hay y Reid, 1988). En este sentido, Hay (1993) establece una relación entre cuatro alturas parciales en la batida y el vuelo (gráfico 3), que determinan el rendimiento en la prueba y que son denominadas: H_0 , H_1 , H_2 , y H_3 . H_0 , es la altura del CM al inicio de la fase de batida; H_1 o “altura de batida”, es la altura del CM al final de la fase de batida; H_2 o “altura de vuelo”, es la diferencia entre H_1 y la máxima altura del CM durante el franqueo (H_{max}); H_3 o “eficacia de franqueo”, es la diferencia entre H_{max} y la altura del listón (H), siendo negativa en el caso de que el CM pase por debajo del listón; ΔS_z , es el recorrido vertical de aceleración del CM (diferencia entre H_1 y H_0).

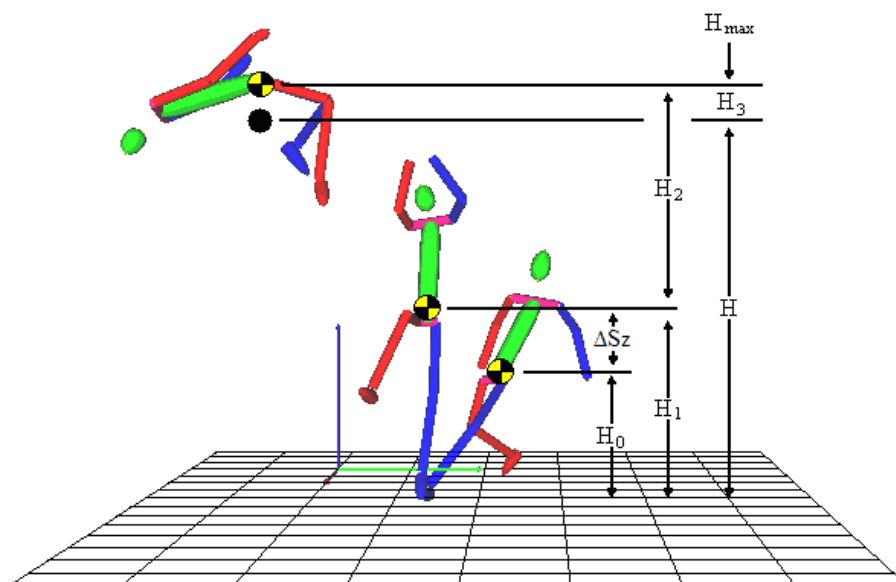


Gráfico 3. Representación del modelo mecánico del salto de altura.

2.4.3. Modelo jerárquico del salto de altura

Es un esquema formado por niveles, de tal forma que la modificación de algún factor del nivel inferior influye en los del nivel superior (gráfico 4). Como aspecto de rendimiento final del salto y *objetivo principal* se encuentra la altura máxima alcanzada por el CM, a partir del cual surgen una serie de niveles inferiores que tienen a su vez subniveles. El primer nivel que surge son los *factores espaciales*, que se dividen en tres grupos y representan a H1, H2, y H3. Cada uno de estos tres grupos tiene subniveles que influyen en estos y que representan, en el caso de H1 y H3, los *factores espaciotemporales*. Para H2 implica también a los *factores mecánicos lineales y rotatorios* en un nivel inferior.

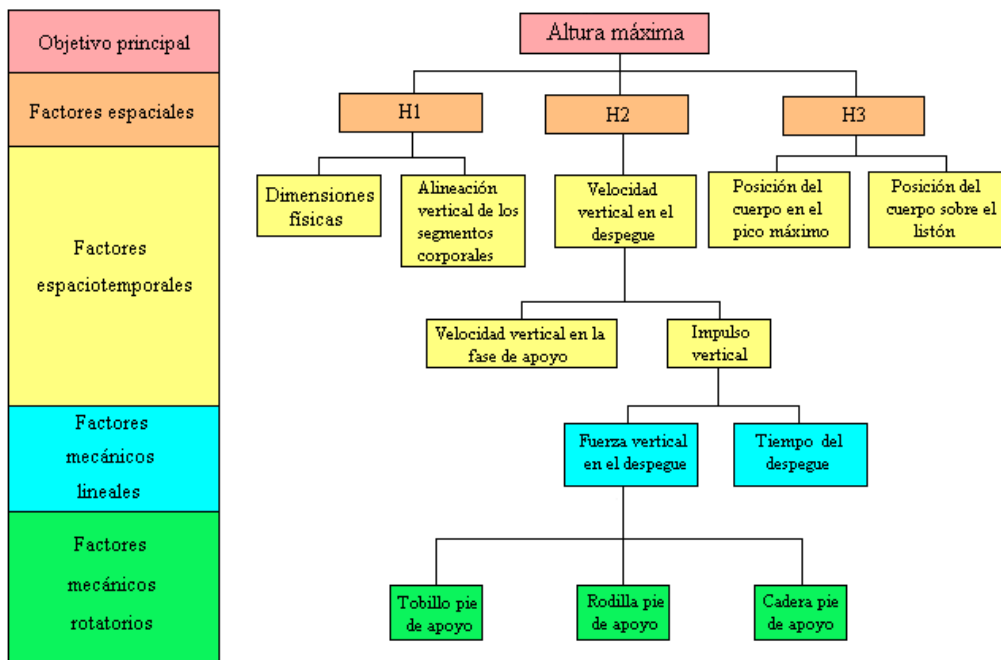


Gráfico 4. Modelo biomecánico del salto de altura propuesto por Hay (1993).

2.4.3.1. Altura de batida (H1)

Depende de parámetros antropométricos (distribución de las masas y longitud de los segmentos) y de la posición de los SL al final de la batida (Müller, 1986; Rodríguez, 1984) (gráfico 5). Los parámetros antropométricos están determinados genéticamente y su evolución depende del momento de desarrollo físico en que se encuentre el saltador. La posición adoptada al final de la batida se debe trabajar en el entrenamiento y tiene unas características determinadas (brazos elevados, la PL flexionada a la altura de la cadera, y la PB completamente extendida). Aunque esta posición permite una mayor altura de lanzamiento del CM respecto a la posición de parado (Langlade y Langlade, 1986), su nivel de mejora es muy pequeño.

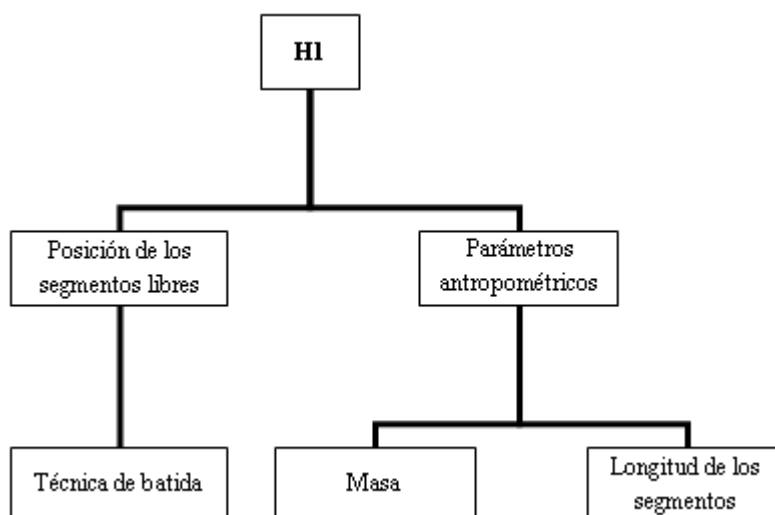


Gráfico 5. Esquema de los factores influyentes en la altura del CM al final de la batida, modificado de Hay (1993).

2.4.3.2. Altura de vuelo (H_2)

Es la altura sobre la que se puede intervenir más con el entrenamiento. Su valor depende de la componente vertical de la velocidad inicial, que a su vez está determinada por: (a) el porcentaje de masa magra y (b) el impulso vertical (Müller, 1986) (gráfico 6). En cuanto a la masa magra, se afirma que lo ideal es tener un valor de 400 g por centímetro en el caso de los hombres y 350 g por centímetro en mujeres (Bravo, Ruf, y Vélez, 2003). El impulso vertical tiene relación directa con la altura de vuelo ($H_2 = V_{0z}^2 / 2g$) y depende de: el recorrido vertical de aceleración (ΔS_z), la velocidad horizontal de batida (V_{0x}), la reducción de la velocidad horizontal en la batida (ΔV_{0x}), y del tiempo de batida (Δt) (Müller, 1986). De todos ellos, el más importante es V_{0x} (Primakov, Lazarev, y Konestiapin, 1986).

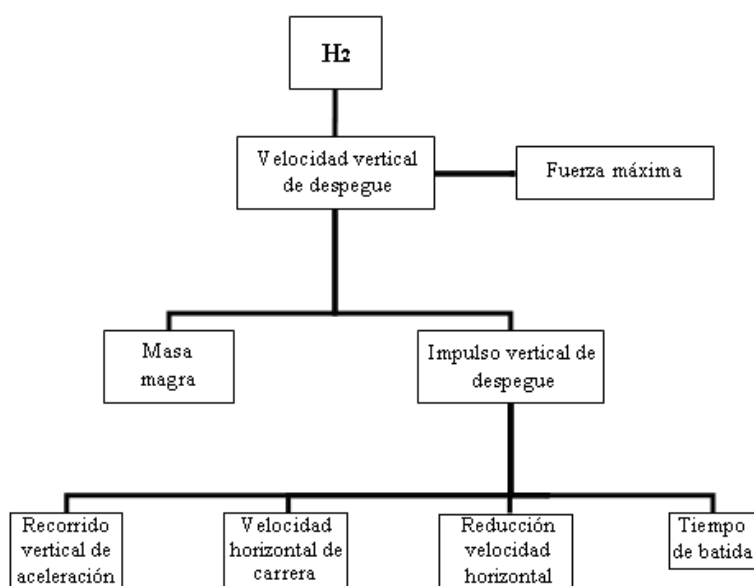


Gráfico 6. Esquema de los factores influyentes en la altura de vuelo, modificado de Müller (1986).

2.4.3.3. Eficacia de franqueo (H3)

Esta altura queda determinada al final de la batida (gráfico 7). El término más apropiado es “economía de salto”, ya que no siempre el salto eficaz es el más económico (Bravo, Ruf, y Vélez, 2003). Hay (1993) obtuvo un valor teórico de H3 de -0.09 m, pero en los análisis durante la competición este valor representa cero en el mejor de los casos. Esto hace pensar que el saltador tiene una mejora de hasta 0.09 m sólo en esta fase de paso por el listón. Dapena (1989) establece una categorización de los saltos en función de H3, denominando como “inefectivos” a aquellos saltos que realizan un franqueo del listón con el CM 0.06 m por encima de este, “técnica razonable” a aquellos que realizan un paso entre 0.03-0.06 m por encima del listón, y “técnica efectiva” cuando el CM realiza su paso por el listón a menos de 0.02 m de este.

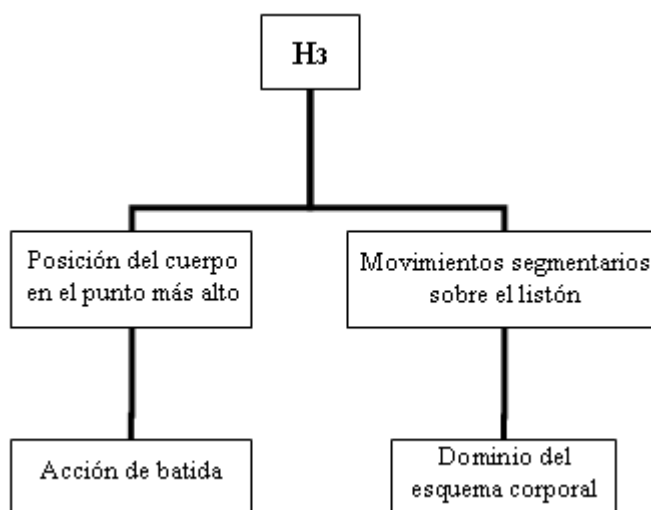


Gráfico 7. Esquema de los factores influyentes en la eficacia de franqueo, modificado de Hay (1993).

2.5. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DE LAS FASES DEL SALTO DE ALTURA

El salto de altura¹ se define como una habilidad cerrada y discreta (Kreighbaum y Brathels, 1988). Se trata de una habilidad de tipo acíclico, con un comienzo y final determinado, ejecutándose sólo una vez (Grosser y Neumaier, 1986). En las habilidades acíclicas se distinguen tres fases: fase preparatoria, fase principal, y fase final. Existe unanimidad en la bibliografía en denominar a estas fases: carrera de aproximación, batida, y vuelo, respectivamente (gráfico 8) (Ariel, 1977; Brüggemann y Loch, 1992; Chu, 1979; Dapena, 1981; Dapena, 1992; Dapena, 1995a; Dapena, 1996; Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990; Despina, 1980; Dmitriev, 1986; Hommel, 1993; Houvión, Prost, y Raffin-Peyloz, 1986; Isom, 1981; Jacoby, 1994; Keller, 1980; Kreighbaum y Brathels, 1988; Patrick, 2001; Ritzdorf, Conrad, y Loch, 1989; Tidow, 1993).

- Carrera de aproximación. Corresponde a la fase de preparación o inicial. Se define como el periodo de tiempo que transcurre desde que el saltador empieza a moverse hacia el listón hasta el instante de realizar el contacto con el pie de batida en el suelo.
- Batida. Corresponde a la fase de ejecución o principal. Se define como el periodo de tiempo que transcurre entre el instante en que el pie de batida toma contacto con el suelo hasta el momento en el que lo abandona.
- Vuelo. Corresponde con la fase final o de recuperación. Se define como el periodo temporal que transcurre desde que el pie de batida abandona el suelo, tras finalizar la batida, hasta que se produce el contacto con la colchoneta.

¹Según el modelo técnico establecido en 1968 por Dick Fosbury y para un saltador que realiza la batida con la pierna izquierda, describiendo una curva de aproximación que va desde la parte derecha hacia la izquierda de la colchoneta, en una visión frontal.

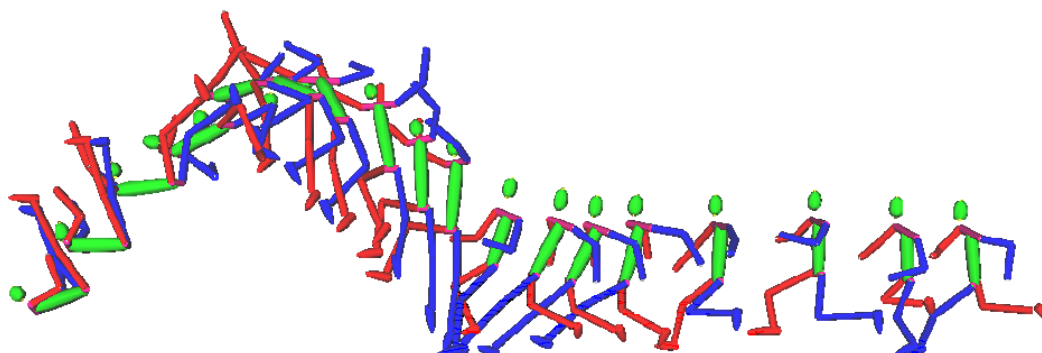


Gráfico 8. Fotoseriación del salto de altura.

2.6. PROPÓSITOS MECÁNICOS Y PRINCIPIOS BIOMECÁNICOS DEL SALTO DE ALTURA

2.6.1. Propósitos mecánicos

El propósito general del gesto técnico es la proyección del cuerpo a la máxima distancia vertical (Kreighbaun y Brathles, 1988). Es decir, se trata de conseguir la mayor altura de parábola en función de las características antropométricas y físico-técnicas. Por tanto, un buen salto se define como aquel que consigue una gran elevación del CM, una vez que se ha abandonado el suelo. El objetivo secundario es que la modificación de los segmentos alrededor del CM produzca un paso eficaz y eficiente.

El factor más determinante del salto propiamente dicho en el salto de altura es la V_{0z} , que depende en gran medida de la contribución de los SL (su acción provoca una reacción en la parte inferior que ayuda a presionar fuerte con la pierna de batida) (Dapena, 1988; Dapena y Chung, 1988; Dyatchkov, 1968). Teniendo como objetivo la maximización de esta velocidad, y sabiendo que la posición más eficiente de franqueo del listón es de espaldas, el saltador realiza una carrera de aproximación curva. Esta forma de aproximación, permite generar los momentos cinéticos frontal y lateral que favorecen la translación durante la fase de vuelo y permite aprovechar mayor V_x que se ha generado durante la carrera de aproximación.

2.6.1.1. *Propósitos mecánicos de la carrera*

Los objetivos de la carrera de aproximación son dos: a) generar los niveles óptimos de energía cinética (EC), o lo que es lo mismo, V_x durante la carrera de aproximación (Dapena, 1992); y b) preparar las condiciones idóneas para afrontar la batida, en la que la V_x es transformada en V_{0z} (Paolillo, 1989). En este sentido, se busca una relación óptima en la longitud de los dos últimos apoyos (Ritzdorf, 1986) y lograr una inclinación corporal adecuada durante la parte curva de la carrera (Gutiérrez y Soto, 1992; Tidow, 1993).

2.6.1.2. *Propósitos mecánicos de la batida*

El principal objetivo de la batida es que el saltador transfiera mayor V_x en V_{0z} . En esta fase, se busca la producción del ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) de la musculatura extensora del MI (Komi y Bosco, 1978) y la coordinación de los impulsos parciales provocados por todos los SL implicados en la generación de velocidad vertical (Hay, 1993; Luthanen y Komi, 1978; Dapena, 1987; Harman, Rosenstein y Fiykman, 1990).

Existen otros objetivos secundarios: a) despegar el cuerpo en α óptimo y generar el momento angular necesario para franquear el listón de espaldas (Donskoi y Zatsiorski, 1988); b) maximizar la altura a la que se encuentra el CM en el despegue (TO), que contribuye a minimizar los requerimientos de fuerza debido a que el saltador tiene que elevarse menos para pasar una misma altura (Dapena, 1988); c) maximizar la contribución de los SL, lo que produce una mayor velocidad vertical y, como consecuencia, una mayor altura de la parábola descrita por CM (Lees, Rojas, Ceperos, Soto, y Gutiérrez, 2000); d) conseguir aumentar la velocidad vertical aplicada sobre el CM del saltador.

2.6.1.3. *Propósitos mecánicos del vuelo*

El objetivo principal de la fase de vuelo es adoptar una posición eficiente de arqueo sobre el listón para conseguir un paso eficaz de los segmentos (Dyson, 1982; Hay, 1993). En el momento de perder el contacto con el suelo es importante que el eje longitudinal del saltador esté verticalmente alineado (Dyson, 1982; Paolillo, 1989; Tellez, 1993; Tidow, 1993).

2.6.2. Principios biomecánicos aplicados al salto de altura

Identificar los principios biomecánicos que se cumplen en las fases del salto de altura supone incrementar su comprensión teórica. De esta forma, es posible determinar los factores implicados en una ineficaz ejecución técnica.

2.6.2.1. Principios biomecánicos de la carrera

2.6.2.1.1. Principio de causa y efecto

En la prueba de salto de altura causa y efecto están separados (Luttgens y Wells, 1985). La batida es la causa del paso del listón y caída en la colchoneta, pero a su vez es el efecto de la carrera de aproximación (causa principal y más importante) (Hackett, 1989). La mayoría de los saltadores identifican el paso del listón como el aspecto más importante, pero no es así. La carrera de aproximación es posiblemente el factor más importante por su relación directa con la batida y el rendimiento en el salto (Ariel, 1977; Dapena, 1981; Dapena, 1992; Despina, 1980; Patrick, 2001; Tellez, 1993). Por este motivo, la mayor parte del entrenamiento debe dedicarse a trabajar este aspecto. Chu (1979) habla de una dedicación al entrenamiento de la carrera del 70% y de un 25% para la batida. Santos (1979) establece una mayor dedicación para la carrera de aproximación del total del entrenamiento técnico (80-90%).

2.6.2.1.2. Principio de conservación de la estabilidad dinámica y conservación del momento horizontal

El saltador necesita realizar la carrera de forma controlada y estable, evitando acciones desequilibrantes que interfieran en el resultado. Por este motivo, el posicionamiento del pie al inicio del apoyo se realiza delante del cuerpo (Schexnayder, 1994) y al final termina detrás del CM para reducir las acciones de frenado e incrementar la velocidad vertical. Al aproximarse al punto de batida, se produce un cambio en la relación de los tiempos de vuelo y apoyo, debido a la necesidad de acelerar el CM y preparar las condiciones óptimas para la batida. Los saltadores tienden a iniciar la carrera con una acción de suspensión, provocada por la acción de rodilla, altos tiempos de contacto, y luego hacer énfasis en la frecuencia del paso (Viitasalo, Aura, y Luthanen, 1982).

2.6.2.1.3. Principio de velocidad específica

En el salto de altura no se desarrolla la velocidad máxima durante la carrera (Schlek, 2002). Se debe dos aspectos: a) la preparación para la batida se realiza describiendo una curva en los últimos pasos (Tellez, 1993); y b) la batida requiere ángulos de proyección del CM mayores en relación a otros saltos (Locatelli, 1987). El incremento de la velocidad de carrera genera mayor EC y al posicionar el pie en la batida produce: mejor aprovechamiento del CEA y mayor velocidad final (Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990). Sin embargo, el saltador se beneficia de este aspecto hasta cierto límite individual (Dapena y Chung, 1988). La velocidad máxima de carrera no permite generar la potencia necesaria requerida en el salto (Helene y Yamashita, 2005; Jacoby y Farley, 1995), puesto que el incremento de la velocidad requiere mayores niveles de fuerza (Schexnayder, 1994). Además, el saltador necesita proyectar el CM verticalmente, por lo que el aumento de la velocidad produciría una tensión muscular insostenible (Bothmischel, 1990). Por tanto, se busca la máxima velocidad controlable, es decir, aquella que implique la menor pérdida al iniciar la batida (Bothmischel, 1990; Schexnayder, 1994).

2.6.2.1.4. Principio de aceleración positiva y transmisión de las fuerzas al impulso

Para incrementar la velocidad de carrera se debe generar una aceleración progresiva en la misma dirección y sentido que la velocidad. Se debe a que correlaciona positivamente con la altura de salto hasta cierto límite óptimo individual (Bothmischel, 1990). Los apoyos finales se realizan teóricamente encima de la línea que representa el arco de curva (Hubiche y Pradet, 1999). La justificación de este posicionamiento es transmitir correctamente las fuerzas de impulso a la batida (Vélez, 1992). De esta forma, se mejora la resistencia al hundimiento de la rodilla al salirse de la trayectoria y permite el paso rápido de la cadera (Paolillo, 1989). Sin embargo, la práctica indica otra cosa. El penúltimo apoyo se realiza más abierto. Aunque este distanciamiento del penúltimo apoyo se justifica por el menor dominio técnico o carencias en la capacidad de fuerza, el verdadero motivo es el de provocar el paso rápido de la PB hacia la posición final. Dapena (1997a) aconseja ignorar este apoyo.

2.6.2.1.5. Principio de fuerza centrípeta y fuerza centrífuga

Al final de la carrera, el saltador inicia un tramo en curva. Como consecuencia de correr describiendo esta trayectoria, se genera una fuerza que expulsa al saltador hacia fuera, denominada *fuerza centrífuga* (FC). Para evitar este desplazamiento hacia el exterior se produce una inclinación lateral del cuerpo hacia el centro de la curva, ya que correr recto requeriría un gran esfuerzo (Raffin-Peyloz, 1986). Esta acción permite al saltador correr la curva manteniendo una elevada velocidad de carrera y produce una fuerza de igual dimensión y dirección opuesta denominada *fuerza centrípeta* (Fcp) (Dapena, 1980a). Estas dos fuerzas (FC y Fcp) se pueden calcular ($F = m \cdot v^2 / r$, siendo **m**: la masa del saltador; **v**: la velocidad de carrera; y **r**: el radio de curva) (Goldstein, 1980). Permiten llegar al inicio de la batida con la inclinación lateral deseada, pudiendo generar *momento angular*.

2.6.2.1.6. Principio de conservación del momento angular

Al llegar a la batida inclinado hacia el centro de la curva se genera un concepto denominado momento angular o *momento rotatorio*. La mayoría se produce en la batida, aunque también una pequeña parte se genera durante la carrera, siempre durante la fase de apoyo del pie (Despina, 1980). Permite convertir la velocidad de carrera en V_0z , afrontar el listón de espaldas, e incrementar la velocidad de rotación durante el paso del listón (Dapena, 1995a). Cuanto mayor sea esta inclinación lateral mayor será el tiempo de aplicación de las fuerzas que producen la transferencia de velocidad y el giro sobre el eje transversal del saltador. Dapena, McDonald, y Cappaert (1990) explican que los atletas que corren con un radio más grande realizan un ángulo final de carrera más cerrado y necesitan un menor momento angular frontal (HF) y mayor momento angular lateral (HL).

2.6.2.2. Principios biomecánicos de la batida

2.6.2.2.1. Principio de aceleración negativa-positiva y fuerzas concéntricas-excéntricas

Cuando se posiciona el pie al inicio de la batida el CM frena su movimiento de avance y experimenta un ligero descenso. Se produce una *aceleración negativa* del CM y la musculatura de la pierna experimenta un estiramiento, denominado *fuerza excéntrica*. Se da como consecuencia de correr con una elevada velocidad de carrera, por resistencia de la pierna al movimiento de avance horizontal, y para proyectar el CM hacia arriba. Al llegar a la fase de sostén la aceleración vertical pasa a adquirir un valor de cero. A partir de este momento, el impulso que se genera contra el suelo por parte de la pierna de batida produce una *aceleración positiva* del CM y la musculatura de la pierna se contrae produciendo una *fuerza concéntrica* (Dapena, 1980a; Dapena y Chung, 1988).

2.6.2.2.2. Principio de fuerza-tiempo

La velocidad que se genera al final de la fase de batida se produce durante un tiempo (determinado por el tipo de salto) y aplicando mayor o menor fuerza (determinada por la capacidad física del saltador). Dependiendo de cómo se combinen estos dos parámetros (tiempo y fuerza) el resultado del salto puede variar. Sin embargo, es posible encontrar un resultado similar en dos saltadores que utilizan los dos parámetros de forma diferente. Se debe a que se puede aplicar mucha fuerza en un tiempo breve o menos fuerza pero durante un tiempo más prolongado (Sears y Zemansky, 1979). De cualquier forma, se trata de un aspecto que se debe adaptar a las características del saltador.

2.6.2.2.3. Principio de fuerza inicial

La fase de batida consta de tres subfases: amortiguación, sostén, e impulso. En la primera fase, la musculatura se estira en un movimiento de aceleración negativa, resistiendo el movimiento de avance del CM, y acumulando energía elástica. En la fase de sostén, el CM se encuentra más próximo al suelo, la flexión de rodilla es mayor, y la distancia radial es menor. En la fase de impulso, es cuando la pierna de batida y los segmentos libres pueden generar aceleración positiva sobre el CM. Debido a estas características, la batida del salto de altura se

clasifica como una acción de tipo balístico (Asmussen, 1974). Como tal, los niveles de velocidad vertical serán cero en un punto del movimiento. Este punto es la fase de sostén. Justo en este momento, al iniciar la fase de impulso, es cuando los músculos pueden ejercer mayor fuerza de contracción. Esta fuerza se denomina *fuerza inicial*.

2.6.2.2.4. Principio sumatorio de velocidad, velocidad secuencial, y coordinación de los impulsos parciales

El empuje sobre el CM está determinado principalmente por la fuerza aplicada por la pierna de batida contra el suelo y por la contribución de los segmentos libres (brazos y pierna libre). La capacidad de la pierna de batida para ejercer fuerza depende de la preparación física del saltador. La contribución de los segmentos libres depende de la capacidad técnica. Los segmentos libres realizan una acción de balanceo de atrás hacia delante y de abajo hacia arriba. Esta acción produce una acción-reacción sobre el CM y el tronco, que incrementa la altura de salto (Harman, Rosenstein, y Fiykman, 1990; Luthanen y Komi, 1978; Oddsson, 1989; Yu y Andrews, 1998). Produce un recorrido de aceleración que incrementa su aportación a la velocidad final cuanto mayor sea (Cheng y Li, 2000). La teoría es que para aumentar la contribución de los segmentos libres al incremento de la velocidad vertical es que su acción se realice de forma coordinada (Houvión, Prost y Raffin-Peyloz, 1986), logrando la máxima velocidad al final de la acción (Bashian, 1977). Sin embargo, la práctica indica otra cosa. La interacción entre los segmentos libres no es la óptima y persiguen objetivos diferentes. La pierna libre alcanza la máxima velocidad al 42% del tiempo de batida y su objetivo parece ser la generación de momento angular. Los brazos alcanzan la máxima velocidad al 78% del tiempo de batida y su objetivo parece ser incrementar la velocidad vertical (Lees et al. 2000; Rojas, Ceperos, Soto, y Gutiérrez-Dávila, 2002).

2.6.2.2.5. Principio de cantidad de momento angular

El objetivo del salto es pasar un listón que se encuentra ubicado a una elevada altura respecto al suelo. Para conseguir un paso eficaz, no sólo basta con lograr una gran velocidad vertical de batida, sino que el saltador necesita rotar su cuerpo (lateralmente hacia la colchoneta rotando sobre el listón, hacia delante, y

sobre el eje longitudinal para adoptar la posición de espaldas al listón) (Dapena, 1995a). Esta rotación se consigue durante la fase de batida y se basa en un principio biomecánico denominado momento angular. El momento angular se produce por la variación en el ángulo de inclinación lateral y hacia atrás entre el inicio y el final de la batida (Killing, 1997). Esta inclinación mantenida durante la fase de contacto del pie con el suelo determina las posteriores acciones de rotación del cuerpo en el aire (gráfico 9).

Los momentos angulares son dos: momento angular lateral (HL) y momento angular frontal (HF). La suma de ambos da como resultado el momento angular resultante (HS) (Dapena y Bahamonde, 1991). A estos se les puede añadir el momento cinético respecto al eje longitudinal del saltador (HT). El momento angular lateral se genera sobre un eje de rotación horizontal paralelo a la trayectoria final de carrera y contribuye a generar mayor elevación (Dapena, 1997b). El momento angular frontal se genera sobre un eje de rotación horizontal perpendicular al eje de rotación del momento angular lateral y su incremento se encuentra determinado por la mayor contribución de los segmentos libres (Dapena, 1995b). La rotación sobre el eje longitudinal del saltador (HT) se consigue por el balanceo de la pierna libre hacia fuera del listón y por acción de los hombros y los brazos (Despina, 1980).

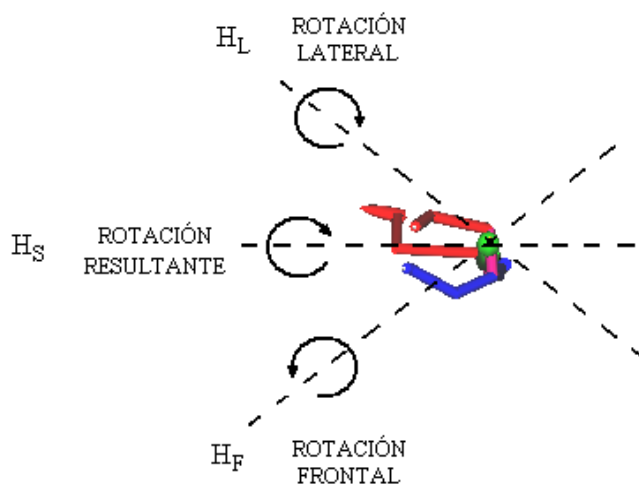


Gráfico 9. Momentos angulares generados en la batida.

El momento angular se incrementa en uno u otro eje de rotación para poner el cuerpo boca arriba (Dapena, 1980b). En mujeres, debido a la menor diferencia entre la altura del listón y la altura del CM al final de la batida, se produce mayor momento angular que permite girar más rápido en menos tiempo (Dapena, 1993b). Los resultados del estudio de Dapena (2002b) indican que los saltadores de altura con vectores momento angular más orientado a la inversa (sentido contrario a la agujas del reloj para un saltador que bate con la pierna izquierda), relativo al listón y en la vista aérea general, deben de girar a través de ángulos sustancialmente mayores para poder llegar a un nivel de posición adecuado de las caderas en la parte más alta del salto. Este mismo autor, en 1995, encontró que aquellos atletas con mayores niveles de rotación sobre el eje transversal (rotación resultante) presentan un mejor y efectivo paso del listón (Dapena, 1995a).

2.6.2.2.6. Principio de recorrido óptimo de aceleración

El recorrido vertical del CM es uno de los factores que determina la velocidad vertical que se puede generar al final de la batida, junto con la componente horizontal, la reducción de velocidad horizontal, y la duración de la batida (Müller, 1986). El mayor recorrido vertical del CM permite ejercer fuerza durante mayor tiempo, pudiendo obtener como resultado mayor velocidad vertical al final de la batida. Sin embargo, este recorrido del CM debe seguir una trayectoria óptima. Esta trayectoria debe ser lo más recta posible o curvilínea, pero en ningún caso ondulada (fluctuaciones verticales).

2.6.2.2.7. Principio de acción-reacción

Al posicionar el pie al inicio de la batida se frena la inercia acumulada durante la carrera y aumenta en la tensión en la musculatura extensora de la pierna de batida (Tancic, 1988). Se produce el CEA, permitiendo batir aplicando elevada fuerza contra el suelo. En esta fase del salto es muy importante tener un buen nivel de preparación física (Reid, 1989). Al progresar por la batida se llega a la fase de sostén y a partir de aquí comienza la fase impulso. En este punto del salto se aplica la *3ª ley de Newton de acción-reacción*. El empuje realizado por la pierna de batida contra el suelo produce una fuerza de igual magnitud, dirección, y sentido hacia arriba. Permite la aceleración vertical del CM (Ritzdorf, 1986).

2.6.2.3. Principios biomecánicos del vuelo

2.6.2.3.1. Principio de conservación de la cantidad de movimiento

Durante la batida, el saltador genera un impulso (velocidad horizontal y velocidad vertical) que determina la longitud y la altura de la parábola de salto. Este impulso continúa después de la batida por la ley de conservación del impulso (Beulke, 1977) y adquiere un principio denominado cantidad de movimiento. La cantidad de movimiento está determinada por las acciones de la batida y sólo se puede modificar por fuerzas externas. En este caso, la única fuerza externa que influye sobre el movimiento parabólico del saltador es la gravedad. Se trata de una fuerza de magnitud constante (9.8 m/s^2), dirección vertical, y sentido hacia abajo. Esta característica determina la formación de la parábola y que se produzca una pérdida constante de velocidad vertical hasta llegar al punto más alto del CM, donde su valor es cero (Sears y Zemansky, 1979).

2.6.2.3.2. Principio de centro de masas, acción-reacción segmentaria, y acción-reacción rotacional

Los movimientos de los segmentos se consideran fuerzas internas y sólo modifican la posición relativa de las partes del cuerpo respecto al CM para realizar un paso eficaz del listón (Despina, 1980). Cuando un segmento se mueve en una dirección el opuesto obtiene un movimiento contrario. Este principio se denomina *acción-reacción segmentaria*. Se afirma que al descender los segmentos por debajo de la altura del CM se produce como consecuencia una elevación del resto del cuerpo que facilita la acción de arqueo sobre el listón (Patrick, 2001). Además, es posible modificar la velocidad de rotación de los segmentos. Al disminuir la velocidad de una parte la opuesta compensa un movimiento incrementando la velocidad, y viceversa (Dyson, 1980). Se denomina *acción-reacción rotacional*. Estos dos principios son los que han determinado la evolución de paso del cuerpo por el listón.

2.6.2.3.3. Principio de momento inercia, brazo momento, y momento angular

El *momento inercia* en un salto de altura está definido por la masa del cuerpo y su distancia respecto al eje de rotación (Dapena, 1995a). La rotación de los segmentos depende de la distancia desde el eje de giro (eje longitudinal del

saltador) a la dirección de la fuerza. Se denomina *brazo momento*. Cuanto mayor sea la masa y el número de segmentos implicados y mayor sea la distancia con el eje de rotación, el momento inercia será mayor y disminuye la velocidad de giro. En salto de altura esto es deseable para saltadores con gran momento angular (Dapena, 1980b). Normalmente, estos saltadores mantienen la pierna libre más extendida al final de la batida y la posición del CM es más elevada respecto al suelo. Cuando se lleva la pierna más flexionada se produce una mayor velocidad de giro debido al menor momento angular, dándole más importancia al impulso excéntrico y/o frenado del movimiento lineal (Dyson, 1982).

2.7. ANTECEDENTES EN EL ESTUDIO CINEMÁTICO DEL SALTO DE ALTURA

En este punto se recogen los datos de los estudios teóricos y experimentales. Los estudios teóricos aportan información desde una perspectiva cualitativa (descripción teórica de los factores de tipo técnico). Los estudios experimentales aportan valores numéricos y conclusiones, resultado de la investigación. Las características de estos estudios se exponen en el apartado de anexos (anexo 1).

2.7.1. Estudios sobre la carrera de aproximación

2.7.1.1. Forma de aproximación

A diferencia del salto de longitud, triple salto, y salto con pértica, el salto de altura describe una curva al final (Patrick, 2001) (gráfico 10). Esta forma de aproximación se divide en dos partes: la primera parte en recta y la segunda en curva (Dapena, 1980a; Heinz, 1974; Jacoby y Farley, 1995; Lucas, 1986).

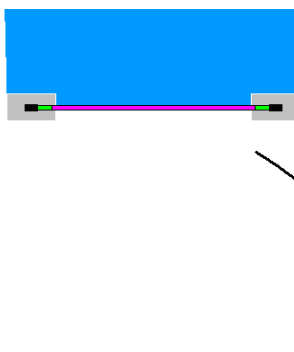


Gráfico 10. Representación de la curva "J".

2.7.1.1.1. Parte recta de la carrera de aproximación

La primera parte de la carrera se realiza perpendicular al plano del listón. El inicio se puede realizar de forma estática o dinámica (Despina, 1980). De forma estática, se empieza parado desde un punto predeterminado. De forma dinámica, se realizan pasos previos, haciendo coincidir el primer paso con un punto previamente entrenado (Houvión, Prost, y Raffin-Peyloz, 1986). Esta parte comienza con una inclinación del tronco hacia delante que permite acelerar (Schexnayder, 1994).

Las zancadas se realizan de forma amplia y progresiva, la rodilla de la pierna de impulso se extiende totalmente, y la PL sube flexionada con el muslo horizontal (carrera saltada). Esta forma de correr permite acumular EC en cada salto y utilizarla en la batida para aumentar el rendimiento (Cavagna, 1977). Es importante crear un modelo rítmico de carrera para cada saltador (Schweigert, 1992), de forma que no varíe el punto de batida (Tellez, 1993). En este sentido, Myers (1988) defiende la no utilización de marcas orientativas, argumentando que la mirada se dirige hacia delante en esta fase.

2.7.1.1.2. Parte curva de la carrera de aproximación

Esta parte consta de cuatro a cinco pasos (Strizhak, 1988). Es donde se produce el cambio de ritmo (aceleración) y la preparación para la batida. Jacoby y Farley (1995) y Schexnayder (1994) defienden el comienzo de esta fase en el 5º apoyo, ya que a partir del 6º existe la tendencia a ir hacia fuera del trazado de la curva. El propósito es el de generar una inclinación lateral al inicio de la batida (Lucas, 1986). Esta acción permite generar el momento angular necesario para pasar el listón de espaldas (Dapena, 1995a).

Hay dos formas de afrontar la curva: *Flop Americano* y *Flop Europeo* (Hegedüs, 1979). En el *Flop Americano*, la carrera se realiza apoyando en la parte delantera del pie, la perpendicular del CM está sobre los apoyos, y se aumenta la frecuencia de los mismos. En el *Flop Europeo*, la carrera se realiza apoyando el talón del pie y el movimiento es conducido por los hombros. Es importante conocer el radio de curva y el punto donde se realiza la batida.

2.7.1.2. Longitud de carrera

La fase de aproximación para la batida es corta en relación a otros saltos (Lundin y Berg, 1993). Su longitud es de 8 a 12 pasos utilizando una trayectoria curva (Aguado, González, e Izquierdo, 1990; Ariel, 1977; Bothmischel, 1990; Chu, 1984; Dapena, 1992; Despina, 1980; Nigg y Waser, 1974; Patrick, 2001, Ritzdorf, 1986; Tellez, 1993; Tidow, 1993). Depende de la edad, siendo la longitud de carrera de 6-8 pasos para saltadores con una edad de 12-14 años, 8-10 pasos para saltadores con una edad de 15-18 años, y 10-14 pasos para saltadores que tienen 19 años o más (Lundin y Berg, 1993).

2.7.1.3. Velocidad de aproximación

La velocidad de carrera oscila entre 7.5-8 m/s para hombres (tabla 7) y 6.5-7 m/s para mujeres (tabla 8). El motivo de que los hombres sean capaces de correr con mayor velocidad se asocia a una mayor longitud de pierna y mayores niveles de fuerza en la extremidad inferior (Alexander, 1990; Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990). Esta velocidad parece que depende del radio de curva (Tidow, 1993) y del tipo de salto (Reid, 1986) (anexo 2). Los mayores radios de curva y los saltadores en velocidad se asocian con una mayor velocidad de carrera. Tellez (1993) indica que esta velocidad se corresponde con el 80% de la máxima obtenida en la prueba de 20 m lanzados.

La mayor velocidad de carrera se asocia a los mejores saltadores y tiene correlación significativa con el resultado ($r = 0.679$) (Primakov, Lazarev, y Konestiapin, 1986). En este sentido, Dapena, McDonald, y Cappaert (1990) encuentran correlación estadísticamente significativa ($r = 0.79$) con la capacidad para incrementar la velocidad vertical de batida. Además, la tendencia a lo largo de los años es incrementar el valor de este parámetro (Dapena, 2000; Iiboshi 1993).

Tabla 7.

Velocidad horizontal final de carrera en hombres.

Autor/es	Año	Marca (m)	Mínimo (m/s)	Máximo (m/s)	Media (m/s)
Conrad y Ritzdorf	1986	2.19-2.25	6.8	8.2	7.65
Dapena, McDonald y Cappaert	1990	1.76-2.02	-	-	7.45
Dapena y Bahamonde	1991	2.20-2.33	6.9	8.1	7.5
Brüggeman y Loch	1992	2.28-2.38	6.7	7.3	7.04
Gutiérrez y Soto	1992	2.20-2.30	6.4	8.65	7.53
Liyang, Yang y Xin	1996	2.19-2.26	8.11	8.51	8.31
Mateos	2003	2.04-2.26	6.2	7.6	6.84
Bravo, Ruf, y Vélez	2003	2.34	6.7	8.3	7.36
Ae et al.	2008	2.35	7.41	7.75	7.63
Coh y Supej	2008	2.00-2.25	-	-	7.15

Tabla 8.

Velocidad horizontal final de carrera en mujeres.

Autor/es	Año	Marca (m)	Mínimo (m/s)	Máximo (m/s)	Media (m/s)
Conrad y Ritzdorf	1986	1.86-1.92	5.9	6.9	6.55
Ritzdorf, Conrad y Loch	1989	1.99-2.09	-	-	7.3
Dapena, McDonald y Cappaert	1990	1.67-1.86	-	-	6.62
Brüggeman y Loch	1992	1.90-2.05	5.9	7.3	6.58
Challis y Yeadon	1992	1.80-1.92	5.4	6.6	6.08
Mateos	2003	1.67-1.83	5.9	7.3	6.39
Antekolović, Blažević, Mejovšek y Coh	2006	1.80-2.00	5.73	6.5	6.13

Generalmente, la velocidad aumenta progresivamente hasta el penúltimo paso, produciéndose aquí las adaptaciones para preparar la batida. Sin embargo, existen saltadores que progresan hasta el último paso de carrera (Bothmischel, 1990). Aunque lo teórico incrementar su valor hasta la batida, en la práctica se experimenta una pequeña pérdida de velocidad que permite adecuarla a las necesidades de la batida (Primakov, Lazarev, y Konestiapin, 1986). A pesar de esta contradicción, ambas fórmulas son correctas siempre que dicha pérdida o ganancia sea mínima (Conrad y Ritzdorf, 1992; Dapena, 1988).

En el estudio realizado por Mateos (2003), con saltadores de altura nacionales de alto rendimiento, se muestra que los valores de la V_x final (6.85 ± 0.44 m/s en hombres y 6.39 ± 0.47 en mujeres) se encuentran lejos de los obtenidos por los mejores de todos los tiempos (diferencias de 0.40-0.50 m/s). La correlación que muestra este parámetro con el rendimiento de la prueba (altura saltada) es estadísticamente significativa ($p < 0.000$), aumentando cuando se compara con la H_{max} alcanzada por el CM en su parábola de salto ($r = 0.76$ para hombres y $r = 0.81$ para mujeres).

2.7.1.4. Radio de curva

Es importante conocer el valor de este parámetro y adecuarlo a las propias habilidades físicas y mecánicas (Lucas, 1986). Sin embargo, la mayoría de los saltadores lo desconocen. En la práctica, los resultados indican que el radio de curva (gráfico 11) se asume en función de los valores obtenidos en estudios de tipo observacional-descriptivo de la técnica (Dapena, 1997a; López, 1983). Estos estudios recomiendan utilizar el ensayo-error para determinar su valor. La realidad es que el radio de curva depende de las características físico-técnicas y de la edad del saltador (Bravo, Ruf, y Vélez, 2003).

En este sentido, Heinz (1974) propone radios con un valor correspondiente a 3-7 m para saltadores principiantes, 6-10 m para mujeres y jóvenes, y 8-10 m para saltadores de categoría masculina. López (1983) asume radios de 6-8 m para saltadores noveles y 8-10 m para saltadores de nivel avanzado. Dapena (1995b) establece radios que van de 7-10 m para mujeres de alto rendimiento que obtienen registros superiores a 1.80 m y 10-15 m para hombres de alto rendimiento que saltan más de 2.20 m.

El radio de curva se puede calcular. La fórmula relaciona la velocidad final de carrera (v) y el coeficiente medio de inclinación (q) en curva ($r = v^2 / 6.8 \text{ m/s}^2$ para hombres; $r = v^2 / 4.8 \text{ m/s}^2$ para mujeres). Se debe a que el radio de curva y la V_x con la que es saltador realiza la aproximación al punto de batida están directamente relacionados entre si (Bothmischel, 1990; Dapena, 1997a). En este sentido, Mateos (2003) sugiere establecer valores de “ q ” de referencia para cada grupo en función del sexo y el nivel de rendimiento. Encuentra valores de $5.94 \pm 1.20 \text{ m/s}^2$ para hombres y de $6.14 \pm 1.33 \text{ m/s}^2$ para mujeres.

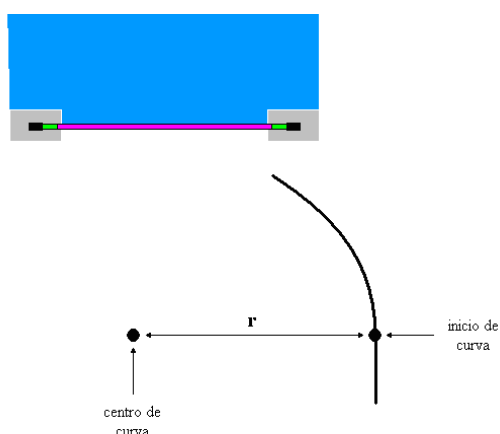


Gráfico 11. Representación del radio de curva.

Mateos (2003) intentó comprobar si los valores del radio son los mismos otorgando diferentes medidas a la V_x y los compara con los valores reales obtenidos en competición ($10.70 \pm 1.85 \text{ m}$ para hombres y $9.98 \pm 1.53 \text{ m}$ para mujeres). Esto se plantea porque el valor de la V_x no es mismo al final de la carrera (R1), a mitad de curva (R2), o cuando se inicia el cambio de trayectoria (R3). En este sentido, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en el caso de las mujeres. En el caso de los hombres, las diferencias aparecen al comparar R1 con R3 ($p < 0.002$) y R2 con R3 ($p < 0.004$), pero no cuando se compara R1 con R2. R3 es el valor que más se aproxima a los valores de referencia establecido por Heinz (1974), López (1983) y Dapena (1995b).

2.7.1.5. *Inclinación en la parte curva de la carrera*

Durante la parte curva de la carrera de aproximación se produce una inclinación hacia el centro de la curva, siendo mayor durante el penúltimo paso (Houvion, Prost, y Raffin-Peyloz, 1986). Esta inclinación se realiza para: compensar la fuerza que empuja al saltador hacia el exterior, descender el CM, y generar momento angular al llegar a la batida (Tidow, 1993). Su valor óptimo se puede estimar conociendo la masa del sujeto (m), el radio de curva (r), y la velocidad de carrera (v). Para ello, es necesario determinar la fuerza centrífuga ($FC = m \cdot v^2 / r$, donde “ m ” es la masa del atleta, “ v ” la velocidad de carrera, y “ r ” el radio de curva), el peso del sujeto ($P = m \cdot g$, donde “ m ” es la masa y “ g ” es la gravedad con un valor de 9.8 m/s^2), y la resultante [$R = \text{Raíz} (P^2 + FC^2)$] (Dapena, 1980a). A partir de estos valores se aplica una fórmula matemática: $\text{sen } \alpha = P / R \rightarrow \alpha = \text{arc sen} (P / R)$. Dapena (1997a) indica que los hombres se inclinan más que las mujeres, lo que se corresponde con un nivel más amplio de fuerzas horizontales sobre el suelo.

El valor de la inclinación lateral durante la curva se fija en unos $15\text{-}30^\circ$ respecto a la vertical (Houvion, Prost, y Raffin-Peyloz, 1986; Tellez, 1993). Esta inclinación aumenta con la velocidad o el radio (Dapena, 1995b). En este momento la línea de las caderas forma un ángulo con el listón en torno a los 45° y la línea de los hombros sobre los 90° (Reid, 1986; Tidow, 1993). Una excesiva inclinación lateral hacia el interior de la curva al inicio de la fase de batida puede no favorecer el logro de un óptimo HF al abandonar el suelo (Dapena, 1980b). Según Dapena y Bahamonde (1991) los atletas con mayor inclinación hacia atrás y lateral al inicio de la batida tienen una mayor tendencia a saltar más alto.

Conrad y Ritzdorf (1986) encuentran diferencias de hasta 10° entre hombres y mujeres. Durante el antepenúltimo contacto, los hombres se inclinan $57\text{-}61^\circ$, mientras que las mujeres lo hacen $65\text{-}71^\circ$. Estos valores suponen $29\text{-}33^\circ$ de inclinación desde la vertical en hombres y $19\text{-}25^\circ$ para mujeres. Para el penúltimo contacto los valores son similares, aunque se encuentra una tendencia a inclinarse más que para el contacto anterior. Los hombres registran $56\text{-}60^\circ$, mientras que las mujeres obtienen valores de $59\text{-}71^\circ$. Suponen inclinaciones de $30\text{-}34^\circ$ en hombres y

19-31° en mujeres. Challis y Yeadon (1992) obtienen registros de 60-79° para el antepenúltimo contacto y de 68-99° para el penúltimo contacto en mujeres.

2.7.1.6. Localización del punto de batida

Depende de la altura del listón, la estatura del saltador (diferente punto de proyección del CM), el ángulo entre el vector velocidad horizontal de la carrera y el plano vertical del listón, la velocidad de entrada, el momento angular generado, la altura del CM al final de la batida, de la capacidad de proyección (α), y el estilo de salto (Bothmischel, 1990; Dyson, 1982; Schexnayder, 1994). En este sentido, se deben desarrollar estrategias de ajuste. Existen dos puntos de referencia: *distancia lateral de batida* (DL) y *distancia frontal de batida* (DF). La distancia lateral se mide desde el poste más cercano y se establece en 0.6-1.00 m (Tellez, 1993). Se debe a que el objetivo es pasar el listón por la parte central, siendo este punto dónde las vibraciones se reparten de forma equitativa (Bravo, Ruf, y Vélez, 2003).

La distancia frontal se mide respecto a la frontal de la prolongación vertical del listón. Dapena (1980a) asume que este punto debe alejarse con el incremento de la altura del listón y aproximarse cuanto más inexperto sea el saltador. La bibliografía muestra valores para la DF que se mueven en rangos muy amplios (tabla 9), no llegando a ninguna conclusión relevante. En este sentido, Tellez (1993) propone unas medidas para la zona de batida que podrían tomarse como universales y a partir de las cuales la batida no es efectiva (gráfico 12). Además, hay autores que fijan la DF en función del nivel del saltador (tabla 10).

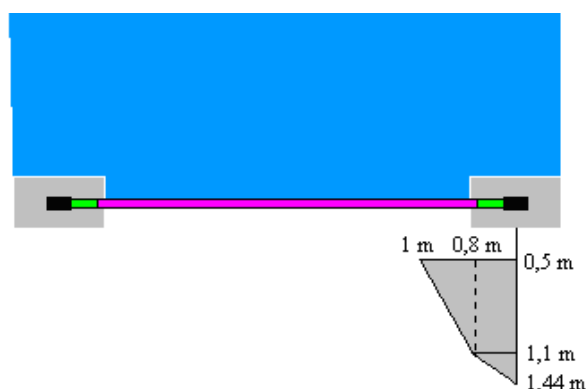


Gráfico 12. Zona de batida, modificado de Tellez (1993).

Tabla 9.
Distancia frontal de batida.

Autor/es	Año	Sexo	Marca (m)	Mínimo (m)	Máximo (m)
Conrad y Ritzdorf	1986	Hombres	2.19-2.25	1.03	1.23
		Mujeres	1.86-1.92	0.65	0.89
Bothmischel	1990	Hombres	Finalistas	0.48	1.44
		Mujeres		0.44	1.16
Dapena y Bahamonde	1991	Hombres	2.20-2.33	0.83	1.38
Gutiérrez y Soto	1992	Hombres	2.20-2.30	0.85	1.25
Dapena et al.	1993	Hombres	2.24-2.36	0.71	1.16
		Mujeres	1.81-2.04	0.65	1.11
Mateos	2003	Hombres	2.04-2.26	0.75	1.19
		Mujeres	1.67-1.83	0.80	1.11
Antekolović et al.	2006	Mujeres	1.80-2.00	0.74	1.02
Coj y Supej	2008	Hombres	2.00-2.25	1.02	1.02

Dapena, Angulo-Kinzler, Caubet, Turro, Balius, Kinzler, Escoda, y Prat (1993) y Mateos (2003) establecen la relación de este parámetro con la estatura del saltador. Para Dapena et al. (1993) la DF supone un valor del 36-63% de la estatura para hombres y del 53-58% de la estatura para mujeres. Para Mateos (2003), la DF supone un porcentaje sobre la estatura que representa el 39-62% para hombres y el 45-59% para mujeres.

Tabla 10.
Distancia frontal de batida.

Autor/es	Año	Nivel	Distancia frontal (m)
Houvion, Prost, y RaffinPeyloz	1986	Genérico	0.65-0.80
Tellez	1993	Genérico	0.61-1.07
		Principiantes	0.5-0.7
Bravo, Ruf, y Vélez	2003	Mujeres/jóvenes	0.6-0.9
		Hombres	0.9-1.1

2.7.1.7. Determinación del punto de inicio de curva

Conociendo el radio teórico o radio óptimo para cada saltador, el punto donde se realiza la batida, y en algunos casos el ángulo de la dirección final de carrera, se puede ubicar el punto donde el atleta teóricamente debe comenzar la curva para conseguir un óptimo resultado (López, 1983). De esta manera, queda delimitada la línea que el saltador teóricamente debe seguir en la parte curva de la carrera. Los principales métodos utilizados para la determinación del punto de inicio de la curva son los de López (1983), Lucas (1986), y Dapena (1997a). Se concluye que la distancia lateral (a), resultante de unir la prolongación del listón y la línea perpendicular donde se inicia la carrera (b), tiene una longitud de 4-6 m (gráfico 13). Tellez (1993) lo sitúa entre 14-16 pies (4.26-4.87 m). La distancia de la línea perpendicular (b) es de 15-25 m.

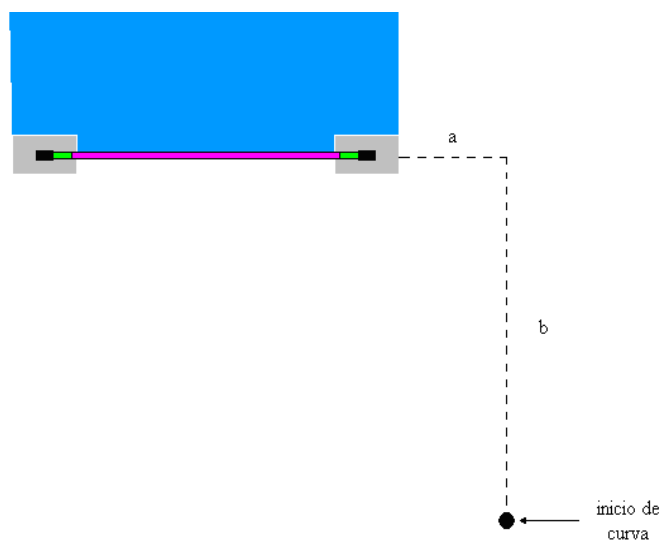


Gráfico 13. Separación lateral y frontal del punto de inicio de curva.

2.7.1.7.1. Método de López (1983)

A partir del punto de batida, se traza una línea paralela al listón de longitud igual al radio de curva. En cada extremo de la línea se dibujan dos arcos con el mismo radio (igual al radio de curva), estableciendo el centro de la curva en el punto donde ambos arcos se cruzan. Tomando como referencia de inicio este punto, se puede trazar una línea paralela al listón en cuyo final se encuentra situado el inicio de curva (gráfico 14).

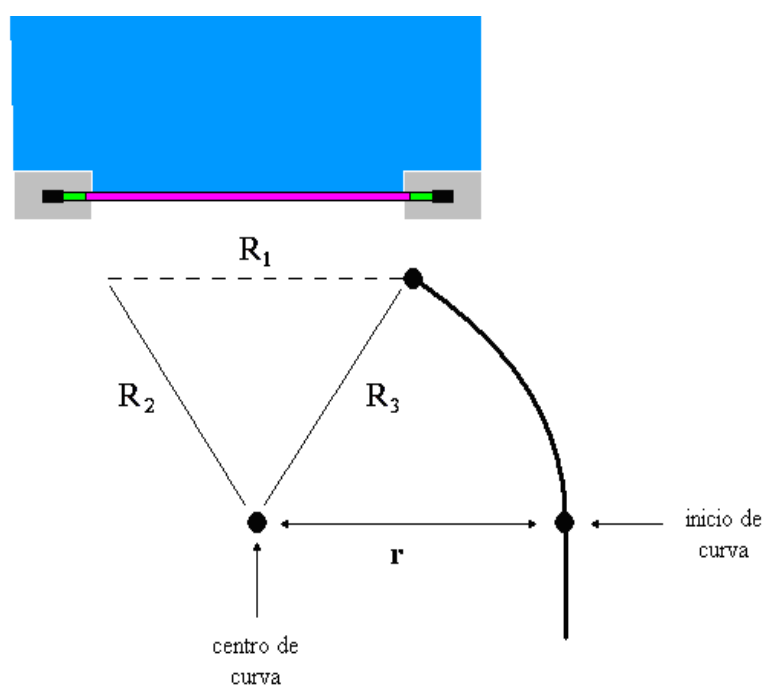


Gráfico 14. Cálculo del punto de inicio de la curva según el método de López (1983).

2.7.1.7.2. Método de Lucas (1986)

A partir del punto de batida, se forma un triángulo rectángulo (gráfico 15). La longitud de los catetos se calcula asumiendo un ángulo final de carrera. Es posible dibujar la trayectoria en curva con una tiza, utilizando como origen el centro de la curva y como longitud el radio:

- Para el cálculo del cateto "a" se utiliza la fórmula: $a = \text{sen } \beta \cdot r$.
- Para el cálculo del cateto "b" se utiliza la fórmula: $b = \text{cos } \beta \cdot r$.

Donde: $\beta = 90^\circ - \alpha$.

Para determinar la distancia lateral y frontal del punto de inicio de curva respecto al poste más cercano se hace utilizando las siguientes fórmulas:

- Distancia lateral (c): $c = DL + b - r$.
- Distancia frontal (d): $d = DF + a$.

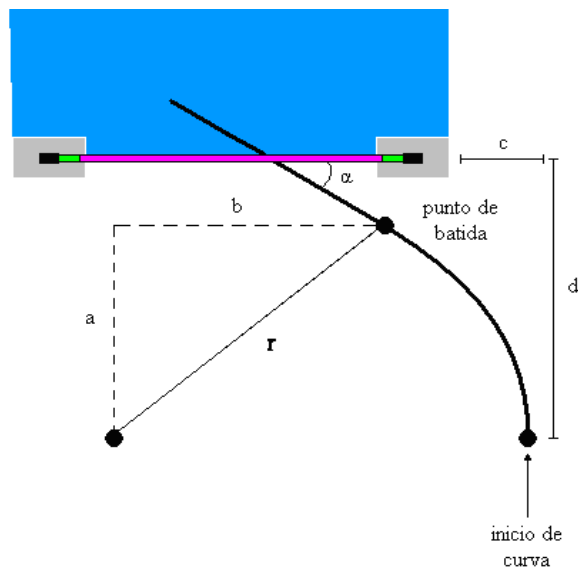


Gráfico 15. Cálculo del punto de inicio de la curva según el método de Lucas (1986).

2.7.1.7.3. Método de Dapena (1997a)

Estimando el valor de "b", que viene determinado por la diferencia entre los ángulos "P1" (ángulo que forma el listón con la trayectoria aérea del CM durante el último paso) y "t1" (ángulo que forma el listón con la línea que une el último apoyo con el anterior), se puede llegar a determinar el punto de inicio de la parte curva de carrera (tabla 11 y gráfico 16). Esta diferencia se utiliza para crear un cuadro que muestra diferentes valores de "t" una distancia "b".

Tabla 11.

Estimación del valor de "b".

Ángulo "P"	Ángulo "t"	Valor de "b"
25°	10°	1.75 m
30°	15°	2.70 m
35°	20°	3.65 m
40°	25°	4.65 m
45°	30°	5.75 m
50°	35°	7.00 m

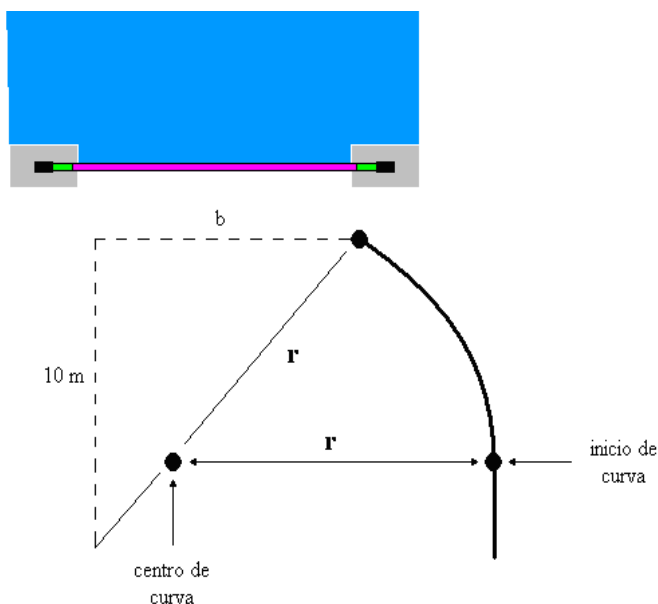


Gráfico 16. Ubicación del inicio de curva según la estimación del valor "b".

Desde el punto de batida se mide el valor de “b” en dirección al poste más lejano, se miden 10 m perpendiculares al listón, y se cierra el triángulo rectángulo uniendo este último punto con el punto de batida. El centro de la curva se encuentra en la hipotenusa y se puede marcar desde el punto de batida en función del valor “r” calculado. El punto de inicio de la curva se encuentra a la altura del punto que representa el centro de la curva y a una distancia lateral de este igual al radio.

2.7.1.8. Trayectoria final de carrera

Para determinar este parámetro se toma: el ángulo que forma el listón con la prolongación de los tres últimos apoyos antes de la batida (t) y la trayectoria de la fase aérea del CM anterior a la batida (P). Sus valores de referencia son de 10-15° y 40°, respectivamente (Vélez, 1992) De esta manera, se puede encontrar la siguiente denominación: t1, t2, y t3 para el ángulo que forma el listón con la línea que une el último con el penúltimo apoyo, el penúltimo con el antepenúltimo y el antepenúltimo con el anterior; P2 para el ángulo que forma el listón con la trayectoria del CM en el penúltimo paso, P1 para el último paso, y P0 para la fase aérea del CM al iniciar el vuelo (gráfico 17).

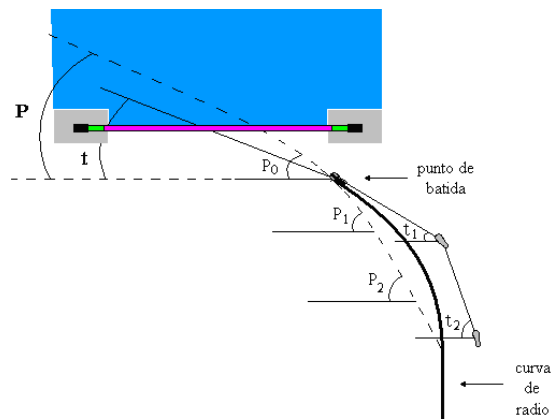


Gráfico 17. Ángulos del listón con la trayectoria del CM y los apoyos.

Como consecuencia de la inclinación hacia el centro de la curva las dos trayectorias se alejan. Sin embargo, al llegar a la batida se cruzan. Como resultado el ángulo formado por la trayectoria del CM (tabla 12) será mayor que el de los apoyos (tabla 13). Dapena (1988) habla de una relación deseable entre los

diferentes ángulos. Lo ideal es que se cumpla $P2 > P1 > P0$. Una relación $P0 = P1$ o $P0 > P1$ tiene como consecuencia un insuficiente HL. El valor medio de t1 es de 20-35° (Dyson, 1982), pudiendo llegar a los 40° (Houvi6n, Prost, y Raffin-Peyloz, 1986). Superando el valor de 40° lo normal es derribar el list6n con los hombros o describir una par6bola de salto excesivamente pronunciada (Dapena, 1995a). Reid (1986) a6ade que el 6ngulo de entrada se sitúa m6s cerca de uno u otro extremo en funci6n de que el saltador sea en velocidad o en potencia (m6s cerrado para saltadores en velocidad y m6s abierto para saltadores en potencia). Por su parte, Bothmischel (1990), Despina (1980), y Tellez (1993) opinan que los dos 6ltimos apoyos deben tener un 6ngulo de 25° respecto al list6n.

Tabla 12.

6ngulo del CM al final de la carrera.

Autor/es	A6o	Marca (m)	P2 (°)	P1 (°)	P0 (°)
Conrad y Ritzdorf	1986	♂ 2.19-2.25	52-70	42-63	43-53
		♀ 1.86-1.92	47-55	32-51	27-45
Dapena, McDonald y Cappaert	1990	♂ 2.16-2.38	46-73	46-61	27-38
Mateos	2003	♂ 2.04-2.26	42-61	34-49	31-47
		♀ 1.67-1.83	36-55	22-49	31-42

Tabla 13.

6ngulo de los apoyos al final de la carrera.

Autor/es	A6o	Marca (m)	t2 (°)	t1 (°)	e1 (°)
Dapena y Bahamonde	1991	♂ 2.20-2.33	-	18-36	-
Guti6rrez y Soto	1992	♂ 2.20-2.30	-	30-36	-
Challis y Yeadon	1992	♀ 1.80-1.92	14-26	10-27	22-34
Mateos	2003	♂ 2.04-2.26	43-60	17-31	4-33
		♀ 1.67-1.83	45-63	18-32	7-28
Antekolovi6c et al.	2006	♀ 1.80-2.00	-	31-38	-
Coh y Supej	2008	♂ 2.20-2.25	-	-	19

2.7.1.9. Características de los pasos finales

Se considera un aspecto determinante en la eficacia de la batida (Ritzdorf, 1986). En su ejecución se producen dos modificaciones principales (Myers, 1988): a) alargar el penúltimo paso y acortar el 3º último y el de batida; b) disminuir la elevación de la rodilla de la PL en relación a un paso normal con predominio de talón (Hegedüs, 1979; Jacoby y Farley, 1995). Estas acciones producen: a) disminución de la altura del CM para preparar la batida; b) una reducción de la fuerza de choque al apoyar el pie de batida e interrupción del movimiento de translación del CM (Schexnayder, 1994).

Schubin y Schustin (1993) afirman que las variaciones técnicas más importantes entre alturas bajas (las que el saltador tiene asimiladas y supera sin ningún problema) y alturas decisivas (las que el saltador supera en algunas ocasiones y en otras no, siendo un indicador de rendimiento personal) se dan en los dos últimos pasos de carrera: a) velocidad del último paso de la carrera de aproximación; b) velocidad del penúltimo paso; c) tiempo de las últimas zancadas; d) ritmo de las últimas zancadas antes de la batida.

En el penúltimo paso el pie se posiciona de talón y se produce una flexión de rodilla acentuada (Tidow, 1993). El apoyo debe ser activo y dirigido hacia delante, teniendo una duración dos veces mayor la fase de impulso con respecto a la amortiguación. Se trata del paso con mayor longitud (Tellez, 1993), 20-30 cm mayor que el paso de batida, y depende de la tipología de saltador (los saltadores en potencia registran las mayores variaciones) (Bothmischel, 1990). Sin embargo, algunos informes muestran que las tres últimas zancadas deben ser de longitud similar (Strizhak, 1988). Las tablas 14 y 15 recogen los datos de longitud, frecuencia, y velocidad que aportan los estudios de la bibliografía en hombres y mujeres, respectivamente. Además, se recogen los valores para el tiempo de vuelo y contacto para el penúltimo (tabla 16) y último paso (tabla 17). Lo que se concluye es que su duración se reduce al aproximarse a la batida, de forma que el incremento de velocidad final se produce por aumento de la frecuencia del paso (Hubiche y Pradet, 1999), siendo una característica de los mejores saltadores (Bothmischel, 1990; Strizhak, 1988).

Tabla 14.

Características del penúltimo paso de carrera en hombres.

Autor/es	Año	Marca (m)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)
Conrad y Ritzdorf	1986	2.19-2.25	7.20-8.40	1.64-2.35	4.00-4.30
Liyang, Yang y Xin	1996	2.19-2.26	7.48-7.60	-	-
Mateos	2003	2.04-2.26	7.20-8.50	1.96-2.53	2.23-4.16
Bravo, Ruf, y Vélez	2003	2.34	6.10-8.60	1.96-2.38	3.33-4.17

Tabla 15.

Características del penúltimo paso de carrera en mujeres.

Autor/es	Año	Marca (m)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)
Conrad y Ritzdorf	1986	1.86-1.92	6.50-7.20	1.81-2.26	3.12-5.26
Antekolović et al.	2006	1.80-2.00	6.14-7.54	1.96-2.46	-
Mateos	2003	1.67-1.83	5.10-6.92	1.75-2.12	3.13-3.85

Tabla 16.

Duración del penúltimo paso de carrera.

Autor/es	Año	Marca (m)	Contacto (s)	Vuelo (s)
Conrad y Ritzdorf	1986	♂ 2.19-2.25	0.130-0.150	0.100
		♀ 1.86-1.92	0.090-0.150	0.100-0.170
Schubin y Schustin	1993	♂ 2.28-2.37	0.130-0.141	-
Mateos	2003	♂ 2.04-2.26	0.240-0.300	-
		♀ 1.67-1.83	0.260-0.320	-

Tabla 17.

Duración del último paso de carrera.

Autor/es	Año	Marca (m)	Contacto (s)	Vuelo (s)
Conrad y Ritzdorf	1986	♂ 2.19-2.25	0.140-0.200	0.050-0.080
		♀ 1.86-1.92	0.150-0.160	0.060-0.080
Schubin y Schustin	1993	♂ 2.28-2.37	0.115-0.121	-
Isolehto et al.	2007	♂ 2.20-2.32	0.115-0.175	0.040-0.085
Mateos	2003	♂ 2.04-2.26	0.180-0.240	-
		♀ 1.67-1.83	0.180-0.240	-

El último paso es el más corto y rápido de todos (Patrick, 2001). Tellez (1993) justifica esta menor longitud argumentando que es necesario para posicionar el CM en una altura adecuada al inicio de la batida y transferir mayor velocidad de carrera a una velocidad vertical en la batida. Su longitud no se modifica por la utilización de una u otra variante técnica de brazos durante la batida. El impulso horizontal fuerte de la pierna derecha permite llegar con la pierna delante del tronco y con un marcado “split” (Tidow, 1993). La duración del apoyo es algo mayor en relación al antepenúltimo apoyo (Mihajlovic y Solaja, 2005). En las tablas 18 y 19 se exponen los resultados de algunos estudios en hombres y mujeres, respectivamente.

Tabla 18.

Características del último paso de carrera en hombres.

Autor/es	Año	Marca (m)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)
Conrad y Ritzdorf	1986	2.19-2.25	6.80-8.20	1.94-2.18	4.00-4.70
Dapena y Bahamonde	1991	2.20-2.33	-	1.87-2.33	-
Gutiérrez y Soto	1992	2.20-2.30	-	2.00-2.62	-
Liyang, Yang y Xin	1996	2.19-2.26	8.19-8.90	-	-
Mateos	2003	2.04-2.26	6.20-7.60	1.83-2.15	4.17-5.56
Bravo, Ruf, y Vélez	2003	2.34	6.70-8.30	1.95-2.31	4.29-5.00
Isolehto et al.	2007	2.20-2.32	-	1.92-2.30	-

Tabla 19.

Características del último paso de carrera en mujeres.

Autor/es	Año	Marca (m)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)
Conrad y Ritzdorf	1986	1.86-1.92	5.90-6.90	1.83-2.01	4.34-4.54
Challis y Yeadon	1992	1.80-1.92	5.40-6.60	-	-
Antekolović et al.	2006	1.80-2.00	6.23-7.57	2.00-2.34	-
Mateos	2003	1.67-1.83	5.90-7.30	1.70-1.87	4.17-5.56

Alargar el último paso se considera un error. Se debe a que afecta directamente a la efectividad de la batida. El motivo es que disminuye la capacidad para transferir velocidad desde el inicio al final de la batida, produce menor aprovechamiento del CEA debido al menor pre-estiramiento muscular, desciende en exceso la cadera provocando una excesiva tensión muscular en la pierna de batida, y aumenta la duración de la batida (Myers, 1989).

2.7.2. Estudios sobre la batida

Dentro de esta acción se pueden distinguir tres subperiodos (gráfico 18): a) *periodo negativo*, en el que el saltador debe frenar la velocidad horizontal; b) *fase de sostén*, en el que el saltador se encuentra en el momento del cambio de dirección de las fuerzas; c) *periodo positivo*, en el que el saltador realiza el empuje vertical. Su duración es breve (a penas 0.200 s en las batidas prolongadas). Esta característica determina la dificultad para analizarlo en vivo (Myers, 1989).

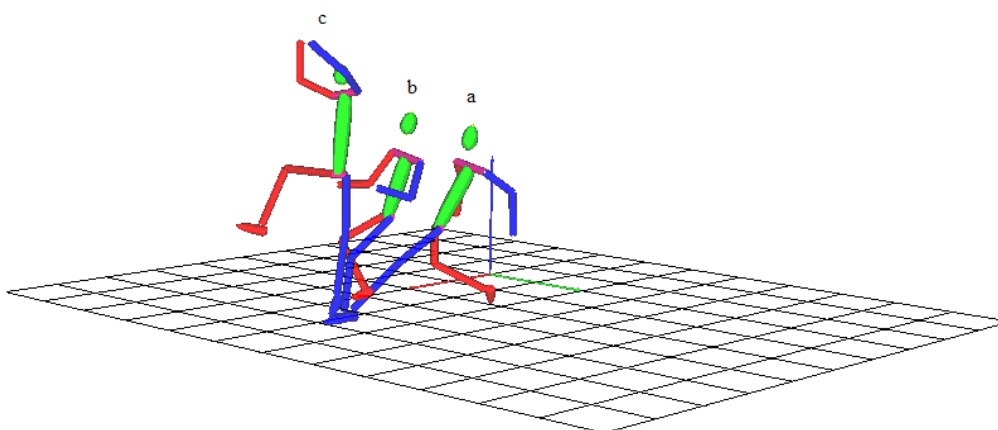


Gráfico 18. Representación de los instantes de la batida.

En la fase negativa, el saltador llega con una determinada velocidad, posiciona el pie delante del CM con la rodilla extendida, y mantiene una ligera inclinación del cuerpo hacia el centro de la curva y hacia atrás. Se produce un descenso del CM, incremento de la tensión en la PB (Tancic, 1988), pre-estiramiento muscular, y se produce el CEA (Cavagna, Dusman, y

Margaria, 1968; Komi y Bosco, 1978). Este mecanismo permite al músculo incrementar la fuerza de contracción en la fase positiva, produciendo mayor empuje sobre el CM. Se define como un factor importante que determina la máxima altura del CM (Dapena, 1980a; Ritzdorf, 1986). El incremento de la duración de esta fase produce mayor frenado del CM y mayor tensión muscular (Killing, 1997). Sin embargo, depende del nivel de preparación física del saltador.

En la fase de sostén, el CM se encuentra a una menor altura respecto al suelo y la rodilla experimenta el mayor grado de flexión. Se trata de un instante, más que de una fase. El nivel de preparación física del saltador sigue siendo un factor importante para soportar este momento de la batida (Reid, 1986). Se debe a que es aquí donde se produce el cambio de régimen de contracción muscular, por lo que un excesivo descenso del CM y excesiva flexión de rodilla pueden condicionar la efectividad para aprovechar los beneficios de la pre-activación muscular. En la fase positiva, la musculatura se contrae de forma enérgica, siendo el momento de mayor tensión al inicio de la fase.

Mateos (2003) analiza algunos estudios en los que se obtienen los tipos de fuerzas generadas durante la batida (Aura y Viitasalo, 1985; Deporte y Van Gheluwe, 1990; Primakov, Lazarev, y Konestiapin., 1986; Lazarev, Mijailov, Yakunin, y De la Paz, 1984; Isolehto y Komi, 2002). Éstos no son concluyentes, ya que los deportistas analizados no presentan las mismas características de rendimiento. De los estudios se desprenden unas ideas que enlazan con los objetivos de la batida. Lo más interesante para obtener una óptima batida es incrementar la V_x durante la carrera de aproximación, reducir el tiempo de duración de la batida, e incrementar el movimiento pendular de los SL, especialmente la PL.

Ozolín (1973) afirma que existen dos formas de incrementar la efectividad de la batida y ambas requieren un aumento de V_x en la carrera. Una forma es emplazando la PB más lejos delante del cuerpo y aumentando la inclinación del tronco. Esto aumenta la carga muscular y la producción de velocidad vertical se incrementa. Otra forma es aprovechando la EC que se almacena durante la carrera de aproximación utilizándola en un menor espacio de tiempo durante la batida. La PB no toma contacto tan lejos, el tronco lleva menos inclinación

corporal, la rodilla de la PB se encuentra menos flexionada en el sostén, y el tiempo de batida es menor.

2.7.2.1. Colocación del pie en la batida

El pie de batida entra en contacto con el suelo alejado del cuerpo, delante del CM de talón-planta, permitiendo generar la máxima V_{0z} , y conservando la mayor cantidad posible de V_x . El tronco se encuentra retrasado, las caderas bajas y se produce una amplia separación de muslos. Aunque lo normal es llegar con toda la planta del pie, los saltadores más rápidos lo realizan de talón. Esta acción hace posible el cambio de paso al final sin un elevado tiempo de vuelo (Tidow, 1993).

El apoyo del pie es abierto en relación al plano sagital del cuerpo, de modo que si los dos últimos apoyos forman un ángulo de 25° con el listón, el eje longitudinal del pie de batida forma un ángulo de $15-20^\circ$ (Despina, 1980; Bothmischel, 1990; Houvi6n, Prost, y Raffin-Peyloz, 1986; Reid, 1986; Tellez, 1993; Tidow, 1993; Bravo, Ruf, y V6lez, 2003). Este ángulo aumenta o disminuye proporcionalmente al ángulo formado por los dos últimos apoyos con el list6n.

A la hora de estudiar el comportamiento del pie de batida, en el momento de iniciar la batida, se pueden distinguir tres ángulos que simplifican y esclarecen la acción (gráfico 19). Estos ángulos toman como referencia el eje longitudinal del pie (Muraki, Sakamoto, Asito, y Shibukawa, 1982):

- e1 (eje longitudinal del pie y línea paralela al list6n), es un indicador que aporta informaci6n sobre la direcci6n de entrada de los apoyos. Un ángulo demasiado conlleva pronaci6n marcada que puede lesionar. Este ángulo suele estar en $15^\circ \pm 10^\circ$.
- e2 (eje longitudinal del pie y trayectoria de carrera), debe ser lo más cerrado posible, incluso nulo. Se debe a que cuando ambas líneas se encuentran alineadas favorece la transmisi6n del empuje horizontal. Sin embargo, en la práctica el pie se implanta alejando su eje longitudinal de la direcci6n final de carrera.

- e_3 (eje longitudinal del pie y trayectoria de la fuerza horizontal del pie), se toma como referencia para determinar la pronación del pie. Cuanta mayor separación exista entre ambas líneas aumenta el riesgo de sufrir una lesión por pronación del complejo articular del tobillo. Dapena et al. (1993) establece una clasificación diferenciando entre: ángulo seguro ($<20^\circ$), con cierto riesgo ($20-25^\circ$), y riesgo grave ($>25^\circ$).

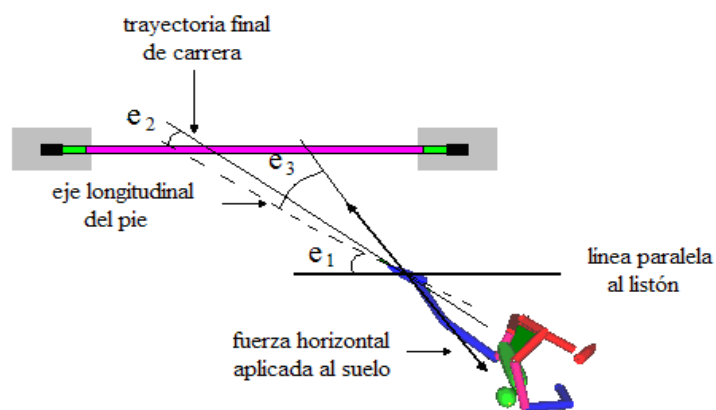


Gráfico 19. Ángulos del pie en el contacto para la batida (adaptado de, Muraki et al., 1982).

Los estudios con saltadores internacionales (Dapena et al., 1993) aportan valores de 12.77° en e_1 , 26.31° en e_2 , y 31.15° en e_3 para categoría masculina. Para categoría femenina, los valores de e_1 son mayores y suponen ángulos de 20.56° , para e_2 disminuye lo que representa 18.69° , y e_3 obtiene un valor de 21.81° . A nivel nacional, Mateos (2003) encuentra que para categoría masculina los ángulos del pie en la batida son de 17.9° para e_1 , 23.3° para e_2 , y 27.1° para e_3 . En categoría femenina, los resultados ofrecen valores de 19.3° para e_1 , 18.3° para e_2 , y 14.1° para e_3 . El comportamiento de los ángulos del pie en la batida parece no seguir un patrón comparando a saltadores nacionales e internacionales, aunque faltan estudios sobre este parámetro en cuestión.

2.7.2.2. *Altura del CM al iniciar la batida*

La altura del CM al inicio de la batida no revela tendencia con el resultado (Müller, 1986). Es diferente en hombres y mujeres, debido a diferencias en las capacidades físicas y características antropométricas. Dapena (1987) defiende que el descenso en el valor de H0 supone un incremento del recorrido vertical del CM y de la duración de la batida, mayor en hombres en relación a las mujeres (Bruggemann y Loch, 1992). Esto se puede aprovechar para producir una mayor cantidad de velocidad vertical final. Sin embargo, este descenso del CM ha de producirse por incremento de la inclinación corporal y no por el incremento de la flexión de rodilla. Se debe a que el aumento de la flexión de rodilla (posicionamiento defendido por Dapena y Chung, 1988; y Dimitriev, 1986) limita la producción del CEA (Greig y Yeadon, 2000).

El valor de H0 depende de las acciones realizadas en el ante-salto (dos últimos pasos), de la variación técnica de brazos (Tancic, 1988), y de las características antropométricas del saltador. En este sentido, la altura del CM al inicio de la batida no es generalizable. La bibliografía encuentra valores entre 0.77 m y 1.04 m en categoría masculina (Bruggemann y Loch, 1992; Coh y Supej, 2008; Conrad y Ritzdorf, 1986; Dapena y Bahamonde, 1991; Gutiérrez y Soto, 1992; Isolehto et al., 2007; Liying, Yang, y Xin, 1996; Mihajlovic y Solaja, 2005). Para la categoría femenina, estos valores son de 0.82 m a 1.00 m (Antekolovic, et al, 2006; Bruggemann y Loch, 1992; Conrad y Ritzdorf, 1986).

Mateos (2003), determina que el valor de H0 es relativamente alto al comparar saltadores nacionales e internacionales. En hombres, los resultados indican que el valor de H0 es de 0.87-1.05 m, lo que supone un 47-54% de la estatura del saltador. La muestra de saltadores internacionales (127 saltadores) sitúan el CM a 0.89 m de media (45.5% de la estatura). En mujeres, las saltadoras nacionales ubican CM a 0.84-0.97 m (48-54% de la estatura). Las saltadoras internacionales (60 saltadoras) adoptan una posición en la que el CM se encuentra a 0.88 m de media (49.22% de la estatura), similar a los valores de las saltadoras nacionales aunque discretamente inferior.

2.7.2.3. *Altura del CM al final de la batida*

Tomando como referencia la trayectoria del CM tras la batida y durante la fase de vuelo, la biomecánica deportiva define al salto de altura como un movimiento de tipo parabólico. Como tal, junto con la velocidad de salida y el ángulo de proyección, la altura del CM al final de la batida se define como un parámetro determinante del rendimiento (Dyson, 1982). Se debe a que permaneciendo constantes la velocidad de batida y el ángulo de proyección, el incremento en el valor de H1 produce una mayor altura de salto. En este sentido, para maximizar esta altura el atleta debe intentar situar mayor cantidad de masa corporal lo más alto posible. Se consigue con una gran contribución de los brazos elevándolos por encima de los hombros, manteniendo el tronco recto, y la PL flexionada con la rodilla a la altura de la cadera o más en aquellos casos en los que se pueda (Dapena, 1988).

La justificación para adoptar esta posición al final de la batida se basa en el incremento de la altura de lanzamiento del CM y se encuentra en Wirhed (1982). Este autor explica que al elevar un brazo la ubicación del CM se eleva 4 cm, si se elevan los dos brazos aumenta 8 cm, en el caso de subir la pierna flexionada a la altura de la cadera aumenta 8 cm, si se sube estirada y por encima de la cadera aumenta 10 cm, y si la persona se pone de puntillas aumenta de nuevo otros 8 cm. En este sentido, se puede afirmar que la posición de batida para el salto de altura otorga una ventaja mecánica de 20 cm sobre la altura del CM en posición de parado. Supone un incremento del 15-20% respecto al porcentaje inicial del CM en posición de parado (55% de la estatura).

Su localización depende de la variante de brazos utilizada durante la batida. Representa un 68% de la altura corporal total en el caso de emplear una técnica de brazos de continuación de la carrera, mientras que para el empleo de una técnica simultánea es de un 73% de la altura total (Arampatzis y Brüggemann, 1998; Brüggemann y Loch, 1992; Dapena, 1996; Gutiérrez y Soto, 1992; Mihajlovic y Solaja, 2005). Las tablas 20 y 21 muestran el valor real expresado en metros y su relación con la estatura expresada en porcentaje, respectivamente.

Tabla 20.
Valor de la altura del CM al iniciar la batida.

Autor/es	Año	Marca (m)	H1 (m)
Conrad y Ritzdorf	1986	♂ 2.19-2.25	1.30-1.38
		♀ 1.86-1.92	1.11-1.22
Ritzdorf, Conrad y Loch	1989	♀ 1.99-2.09	1.14-1.23
Gutiérrez y Soto	1992	♂ 2.20-2.30	1.29-1.37
		♂ 2.28-2.38	1.32-1.49
Bruggemann y Loch	1992	♀ 1.90-2.05	1.23-1.44
		♂ 2.19-2.26	1.27-1.38
Liyang, Yang y Xin	1996	♂ 2.04-2.26	1.24-1.51
		♀ 1.67-1.83	1.18-1.30
Mateos	2003	♂ 2.29-2.32	1.28-1.43
		♀ 1.80-2.00	1.31-1.38
Mihajlovic y Solaja	2005	♂ 2.29-2.32	1.28-1.43
Antekolović et al.	2006	♀ 1.80-2.00	1.31-1.38
Ae et al.	2008	♂ 2.35	1.40-1.45
Coh y Supej	2008	♂ 2.20-2.25	1.33

Tabla 21.
Altura de batida del CM respecto a la estatura.

Autor/es	Año	% estatura
Nigg y Waser	1974	71
Dapena	1980a	71
Viitasalo, Aura, y Luthanen	1982	66
Lazarev et al.	1984	73
Dapena	1987	70-75
Arampatzis y Brüggemann	1998	68-73
Mateos	2003	67-78 hombres
		67-73 mujeres
Mihajlovic y Solaja	2005	67-73
Isolehto et al.	2007	67-73
Coh y Supej	2008	68

2.7.2.4. *Inclinaciones del saltador durante la batida*

Durante la batida, el saltador registra dos tipos de inclinaciones: lateral y hacia atrás. La inclinación lateral se encuentra determinada por la trayectoria curva realizada en la parte final de la carrera. Su objetivo es descender el CM sin tener que correr con las rodillas flexionadas (Hay, 1977) y generar el momento angular lateral necesario para el desplazamiento del saltador hacia el listón sin necesidad de tener que inclinarse hacia él al final de la batida (Paolillo, 1989). La inclinación hacia atrás se encuentra determinada por el incremento de la frecuencia en los pasos finales de carrera y el posicionamiento del pie de batida delante del CM con la rodilla extendida. Su objetivo es favorecer la pre-activación muscular durante la fase de amortiguación (Laffaye, 2001), evitar el desplazamiento anterior del CM (Gutiérrez y Soto, 1992), y generar momento angular frontal que permita un paso eficaz del listón (Paolillo, 1989). Además, produce también un descenso del CM. Sin embargo, el incremento de su valor limita la eficacia del salto, ya que produce un aumento de las fuerzas radiales de reacción durante la primera parte de la batida. Estas inclinaciones permiten crear una misma cantidad de giro sobre el eje longitudinal del saltador que sin inclinación, resultando más efectivas para la consecución de mayor recorrido vertical del CM (Gutiérrez y Soto, 1992).

Lo normal es llegar al inicio de la batida con un ángulo de no más de 10° hacia atrás (Dapena, 1996; Gutiérrez y Soto, 1992) y de $15-30^\circ$ lateral (Houvion, Prost, y Raffin-Peyloz, 1986). Dapena (1995b) afirma que el ángulo óptimo de inclinación lateral al inicio de la batida es de 15° , incrementado por el aumento de la velocidad o el radio de curva. Bravo, Ruf, y Vélez (2003) añaden que al final de la acción la inclinación hacia atrás es de $5^\circ \pm 5^\circ$. Estas propuestas miden la inclinación respecto a la vertical, tomando como referencia el eje longitudinal del saltador. Sin embargo, la forma de medir el ángulo de inclinación lateral y hacia atrás en la bibliografía es variada, por lo que a la hora de comparar valores esto no es posible. En este sentido, se puede medir respecto a la horizontal tomando como referencia el eje vertical del saltador (Conrad y Ritzdorf, 1986; Dapena y Bahamonde, 1991). Algunas propuestas aconsejan utilizar el vector velocidad (partiendo del CM, uno de los vectores se dirige hacia la punta del pie de batida y

el otro lo hace perpendicularmente hacia el suelo) (Mateos, 2003). Esta última opción se cree la mejor, ya que existe la posibilidad de tener el tronco recto mientras que las piernas están inclinadas. Sin embargo, en este estudio se toma como referencia al ángulo entre la horizontal y el eje longitudinal del saltador.

La inclinación lateral al inicio de la batida es variada, pudiéndose encontrar saltadores de alto rendimiento que llegan casi verticales a la batida. Conrad y Ritzdorf (1986) registran valores que van de 80° a los 90°. Bothmischel (1990) obtiene inclinaciones de 70-85°. Dapena y Bahamonde (1991) miden registros de 64-85° (75.5° de media). Gutiérrez y Soto (1992) obtienen valores de 79-87° (83.8° de media). Challis y Yeadon (1992) obtienen rangos que oscilan entre 68-90° en mujeres. Dapena (1996) aporta que la inclinación lateral es de 10° respecto a la vertical. Por su parte, Mateos (2003) encuentra valores de 77-85° (80.7° de media) para hombres y de 72-91° (80.1° de media) para mujeres. Ae, Nagahara, Ohshima, Koyama, Takamoto, y Shibayama, (2008) registran valores de 75°.

Al final de la batida, el eje longitudinal del saltador se encuentra totalmente vertical o ligeramente inclinado hacia la colchoneta. Conrad y Ritzdorf (1986) obtienen valores de 86-92° en hombres y 89-92° en mujeres. Bothmischel (1990) expone los rangos más radicales, que van desde los 85° como valor mínimo a los 125° de valor máximo. Dapena y Bahamonde (1991) obtienen 82-105° en hombres. Por su parte, Gutiérrez y Soto (1992) registran 90-100°. Mateos (2003) obtiene rangos de 96-111° en hombres y 78-110° en mujeres.

En relación a la inclinación hacia atrás, Strizhak (1988) indica que dicha inclinación corresponde con un ángulo tronco-muslo inferior a 175°. Para Dapena (1980a) y Tidow (1993), esta inclinación hacia atrás tiene un valor de 75-80°. Dapena y Bahamonde (1991) encuentran inclinaciones de 72-88° al inicio y 79-102° al final. Gutiérrez y Soto (1992) encuentran una inclinación en el plano sagital de 72-90° y 90-108° respectivamente. Dapena (1996) encontró valores de 80° al iniciar la batida. Mateos (2003) indica valores de 73-87° al inicio de la batida en hombres y de 76-92° en mujeres. Al final de la batida la inclinación anterior es de 81-96° en hombres y 85-104° en mujeres.

2.7.2.5. Contribución de los segmentos libres

El factor que más influye sobre la máxima altura del CM es la velocidad vertical generada al final de la batida. Junto con la duración de la batida, el recorrido vertical del CM, y la velocidad horizontal de carrera, la contribución de los segmentos libres es uno de los parámetros que determina el incremento de esta variable. Se debe a que el balanceo inicial incrementa la tensión sobre la pierna de batida durante la fase negativa (mayor producción del CEA) y el movimiento de ascenso final aumenta la velocidad vertical dado por la pierna al CM. Además, el movimiento de los segmentos se utiliza para aumentar el control sobre el movimiento corporal y para producir el óptimo momento angular (Lees et al., 2000).

Existe una justificación mecánica para la utilización de los segmentos libres durante la batida con el fin de incrementar la velocidad vertical. Se denomina la *teoría del CM*. El cuerpo es un sistema de 14 segmentos con interacción mutua y en contacto con el suelo a través de la pierna de batida. Las aceleraciones de componente vertical del CM tienen una doble relación: a) directa (masas y aceleraciones de componente vertical producidas por cada segmento) y b) indirecta (masa total del cuerpo). Los brazos y la pierna libre representan nueve de los 14 segmentos corporales con una masa equivalente al 25.9% del total. Esto puede utilizarse para acelerar verticalmente al CM (Gutiérrez y Soto, 1992). Luhtanen y Komi (1978) fijan la contribución de los brazos en un 12% a la velocidad de batida y la de la pierna libre en un 56%. Rojas et al. (2002) encuentran que la contribución total es del 63.48% al total del salto.

La contribución de los SL a la V_{0z} se interpreta de tres formas diferentes en función del momento relativo: a) la contribución de un miembro libre a la V_{0z} en la batida está determinada por el incremento en el valor del momento positivo relativo entre el TD y el TO; b) cuando considerando a un solo miembro, el momento relativo negativo puede ser ignorado como que no hace una contribución directa al momento de impulso vertical; c) la contribución del momento relativo para un número de miembros juntos es el incremento en el valor positivo de la suma del momento relativo para todos los miembros entre el comienzo y final de la acción (Ae, Shibukawa, Tada, y Hashihara, 1983).

Despina (1980) define cuatro variantes técnicas de brazos. Dos de ellas utilizan más el empuje de un brazo (acción de carrera y acción simple de brazos) y las otras dos utilizan el empuje de los dos brazos de igual manera. Existe contradicción en cuanto a la técnica de brazos más efectiva. Unos autores defienden la utilización de la técnica simple (Ae et al., 1983). Otros argumentan que la utilización simultánea de los brazos es mejor (Dapena, 1987; Despina, 1980; Tidow, 1993). La realidad es que la técnica doble implica a más segmentos, puede producir una mayor velocidad vertical, y puede generar mayor momento angular. Existe un problema en relación al estudio de la contribución de los segmentos libres. Los estudios que analizan su velocidad son escasos y poco concluyentes (Dapena, 1980a; Lazarev et al., 1984; Mateos, 2003).

2.7.2.6. Duración de la batida

La duración de la batida es uno de los parámetros que condiciona la capacidad del saltador para producir mayor velocidad vertical (Müller, 1986). Se debe a que determina el tiempo de aplicación de la fuerza por parte de la pierna de batida y los segmentos libres. Sin embargo, no quiere decir que un tiempo de batida de menor duración sea menos efectivo que una batida de mayor duración. El principio de fuerza-tiempo explica que la aplicación de la fuerza se puede realizar de dos formas: mucha fuerza en poco tiempo o menos fuerza durante más tiempo, no siendo determinante en el resultado porque depende de las características físicas de cada saltador (Sears y Zemansky, 1979). La duración de la batida depende además de: la flexión inicial de rodilla, el recorrido vertical del CM, o la contribución de los segmentos libres. La tabla 22 expone los resultados de los estudios encontrados en la bibliografía.

Tabla 22.

Duración de la batida.

Autor/es	Año	Duración (s)
Ozolín	1973	0.12-0.13
Muraki et al.	1982	0.12-0.17
Zhukov y Yufrikov	1984	0.12-0.17
Conrad y Ritzdorf	1986	0.14-0.19
Locatelli	1987	0.15-0.21
Strizhak	1988	0.12-0.17
Ritzdorf, Conrad y Loch	1989	0.11-0.14
Dapena y Bahamonde	1991	0.15-0.22
Gutiérrez y Soto	1992	0.14-0.17
Schubin y Schustin	1992	0.13-0.14
Tidow	1993	0.12-0.17
Aguado et al.	1997	0.14-0.18
Lees et al.	2000	0.16-0.19
Mateos	2003	0.15-0.19
Mihajlovic y Solaja	2005	0.17
Antekolović et al.	2006	0.18-0.20
Isolehto et al.	2007	0.13-0.20
Ae et al.	2008	0.14-0.19
Coh y Supej	2008	0.16

2.7.2.7. Velocidad del CM en la batida

La determinación del CM permite la descripción y el análisis del movimiento resultante. En este sentido, el salto de altura se considera como un movimiento parabólico, del que se pueden obtener datos sobre el movimiento, posición, aceleración, vectores fuerza, y velocidad que actúan sobre el saltador (De Leva, 1996). La velocidad del CM es uno de los factores más importantes que determina el rendimiento del salto (Dyson, 1982). Se debe a que, independientemente del ángulo de proyección o la altura del CM al final de la batida, este parámetro determina la altura de vuelo (H_2). En este sentido, depende de la capacidad física del saltador. Sin embargo, existen algunos factores que determinan el valor de la velocidad resultante: la velocidad horizontal de

carrera (Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990), la contribución de los segmentos libres (Cheng y Li, 2000), y la duración de la batida (Müller, 1986). Al analizar el lanzamiento del CM en la batida de un salto de altura se produce el vector velocidad inicial (V_0). Este vector se descompone en dos velocidades (conocidas como V_{0x} y V_{0z}). A dichas velocidades se las denomina componentes. Dichos componentes no se afectan y se pueden estudiar por separado.

2.7.2.7.1. Velocidad horizontal de batida

La velocidad horizontal al comienzo de la batida es alta, ya que depende de la velocidad adquirida durante la carrera de aproximación, pero debe reducirse en la parte final para conseguir una velocidad vertical adecuada. Dapena (1980a) fija el descenso en 2.30 m/s para salir con una V_x final de 3.70-3.90 m/s (Dapena, 1987; Dapena, 1993c). Dapena, McDonald, y Cappaert (1990) hablan de una disminución hasta los 2.77 m/s. Según Dapena et al. (1993), la disminución de V_x al final de la batida es de 3-4 m/s. Slamka y Moravec (1999) afirman que la V_x desciende 2.5 m/s en mujeres. Killing (1996) fija el descenso de la V_x en 2.5 m/s. Para Bravo, Ruf, y Vélez (2003), esta disminución es de 3.9 m/s en el caso de los hombres y de 2.7 m/s en el caso de las mujeres.

Tabla 23.

Velocidad horizontal del CM durante la batida en hombres.

Autor/es	Año	Marca (m)	VhTD (m/s)	VhTO (m/s)
Conrad y Ritzdorf	1986	2.19-2.25	6.8-8.2	3.6-4.1
Dapena y Bahamonde	1991	2.20-2.33	6.9-8.1	3.6-4.7
Bruggemann y Loch	1992	2.28-2.38	6.7-7.3	-
Gutiérrez y Soto	1992	2.20-2.30	6.4-8.6	2.5-4.7
Papadopoulos et al.	1995	2.36	6.8	4.6
Liyang, Yang y Xin	1996	2.19-2.26	8.1-8.5	3.6-4.1
Mateos	2003	2.04-2.26	6.2-7.6	3.6-4.1
Mihajlovic y Solaja	2005	2.29-2.32	7.78	4.3
Isolehto et al.	2007	2.20-2.32	7.2-8.2	3.2-4.8
Ae et al.	2008	2.35	7.5-7.8	3.6-3.8
Coh y Supej	2008	2.00-2.25	6.6	2.1

Leyenda: VhTD= velocidad horizontal del CM al inicio de la batida; VhTO= velocidad horizontal del CM al final de la batida.

Tabla 24.

Velocidad horizontal del CM durante la batida en mujeres.

Autor/es	Año	Marca (m)	VhTD (m/s)	VhTO (m/s)
Conrad y Ritzdorf	1986	1.86-1.92	5.9-6.9	3.2-4.0
Bruggemann y Loch	1992	1.90-2.05	5.9-7.3	-
Challis y Yeadon	1992	1.80-1.92	5.4-6.6	-
Mateos	2003	1.67-1.83	5.9-7.3	3.6-4.0
Antekolović et al.	2006	1.80-2.00	5.7-6.5	4.1-5.0

Leyenda: VhTD= velocidad horizontal del CM al inicio de la batida; VhTO= velocidad horizontal del CM al final de la batida.

2.7.2.7.2. Velocidad vertical de batida

A diferencia de la V_x , la V_z aumenta desde que el pie toma contacto con el suelo al iniciar la batida hasta que se produce la pérdida de contacto con el suelo. Es negativa cuando el pie contacta con el suelo (Dapena, 1993c) y aumenta hasta los 4-4.5 m/s (Reid, 1986). Dapena (1980a) fija este valor en 3.60-4.10 m/s. Aceptando el valor negativo inicial de la V_z , este no debe ser muy elevado para evitar hundimientos excesivos que condicionen la eficacia de la batida. Durante el tiempo que dura la batida, las fuerzas contra el suelo se reducen y la reacción da un empuje vertical, siendo el factor más importante para la altura de la parábola del CM (Dapena, 1993c). La V_z aplicada al CM al final de la batida es el factor más importante que determina cuánto se eleva (Dapena, 1996; Tancic, 1988). Müller (1986) destaca que aumentos de 0.1 m/s en la V_{0z} producen mejoras en la máxima altura alcanzada por el CM de 4-6 cm.

Tabla 25.

Velocidad vertical del CM durante la batida en hombres.

Autor/es	Año	Marca (m)	VvTD (m/s)	VvTO (m/s)
Conrad y Ritzdorf	1986	2.19-2.25	-0.2 a -0.7	4.2-4.7
Dapena y Bahamonde	1991	2.20-2.33	-1 a 0	3.9-4.6
Bruggemann y Loch	1992	2.28-2.38	-	4.0-4.5
Gutiérrez y Soto	1992	2.20-2.30	-0.4 a 0	4.2-4.6
Papadopoulos et al.	1995	2.36	-	4.6
Liyang, Yang y Xin	1996	2.19-2.26	-0.3 a -0.7	4.2-4.6
Lees et al.	2000	2.32-2.44	0.4-0.8	4.0-4.5
Mateos	2003	2.04-2.26	-0.1 a -0.9	3.6-4.5
Mihajlovic y Solaja	2005	2.29-2.32	-0.3	4.3
Isolehto et al.	2007	2.20-2.32	-0.6 a -0.07	4.0-4.6
Ae et al.	2008	2.35	-0.11 a 0.09	4.3-4.6
Coh y Supje	2008	2.00-2.25	0.17	4.3

Leyenda: VvTD= velocidad horizontal del CM al inicio de la batida; VvTO= velocidad horizontal del CM al final de la batida.

Tabla 26.

Velocidad vertical del CM durante la batida en mujeres.

Autor/es	Año	Marca (m)	VvTD (m/s)	VvTO (m/s)
Conrad y Ritzdorf	1986	1.86-1.92	-0.5 / -0.6	3.6-3.9
Ritzdorf, Conrad y Loch	1989	1.99-2.09	-	4.1-4.4
Bruggemann y Loch	1992	1.90-2.05	-	3.2-3.8
Challis y Yeadon	1992	1.80-1.92	-	3.3-3.6
Mateos	2003	1.67-1.83	-0.1 / -0.6	3.1-3.8
Antekolović et al.	2006	1.80-2.00	0.0-0.4	3.0-3.7

Leyenda: VvTD= velocidad horizontal del CM al inicio de la batida; VvTO= velocidad horizontal del CM al final de la batida.

Entre los aspectos que influyen en la producción de Vz destacan la trayectoria de aceleración del CM (Müller, 1986) y la duración de la batida (Hegedüs, 1979). De estos factores se desprende la fórmula para el cálculo de la velocidad vertical ($V_{0z} = 2H / T$), siendo **H**: diferencia entre H1-H0; y **T**: tiempo de batida. Sin embargo, los factores más importantes para la mejora del rendimiento son: velocidad de aproximación elevada (7 m/s), adecuado ángulo de la pierna de batida respecto a la vertical al inicio de la batida (34°), y ángulo de la rodilla al inicio de la batida próximo a los 180° (Alexander, 1990; Despina, 1980; Greig y Yeadon, 2000). Greig y Yeadon (2000) afirman que modificaciones en la velocidad de aproximación de 0.2 m/s y modificaciones en el ángulo de la rodilla al inicio de la batida de 4° producen una variación significativa del rendimiento (2 cm).

2.7.2.8. Ángulo de batida

Junto con la V0 y H1, se trata de uno de los tres aspectos determinan la altura máxima de la parábola (Dyson, 1982; Tancic, 1988). El ángulo de proyección del CM puede oscilar entre los 45-55° (tabla 27), siendo más próximo al valor inferior para las mujeres y al superior para los hombres (Myers, 1989). Dependiendo del tipo de saltador el ángulo de salida puede sufrir variaciones. Los autores fijan un ángulo de 45-55° para saltadores en velocidad y de 55-63°

para saltadores en potencia (Nigg y Waser, 1974; Viitasalo y Bosco, 1982). Además, se afirma que en función de la longitud de la pierna este ángulo puede verse modificado (Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990). Esto es, a menor longitud de pierna se necesita mayor α . Este ángulo depende de la ubicación del punto de batida, la velocidad de batida, el valor de H1, y la altura que se pretende franquear. A mayor H se necesita mayor α y, por tanto, las pérdidas de V_x serán mayores.

Tabla 27.
Ángulo de proyección del CM al final de la batida.

Autor/es	Año	α (°)
Nigg y Waser	1974	45-55 velocidad
Dapena	1980a	40-48
Viitasalo y Bosco	1982	55-63 potencia
Conrad y Ritzdorf	1986	45-52 hombres 44-48 mujeres
Locatelli	1987	55-65
Myers	1989	45-55
Ritzdorf, Conrad y Loch	1989	46
Dapena y Bahamonde	1991	28-45
Challis y Yeadon	1992	33-43 mujeres
Gutiérrez y Soto	1992	35-42
Tidow	1993	40-48
Jacoby y Farley	1995	48-52
Mateos	2003	34-48 hombres 38-49 mujeres
Antekolović et al.	2006	32-40 mujeres
Isolehto et al.	2007	46-56
Ae et al.	2008	50 hombres

2.7.2.9. Evolución del ángulo de la rodilla

Al llegar a la batida, el saltador mantiene una elevada velocidad horizontal y posiciona el pie delante del cuerpo para frenar el movimiento de avance del CM y transferir a velocidad vertical. En este momento la musculatura de la pierna de

batida actúa de forma excéntrica y se produce una aceleración negativa del CM (Bravo, Ruf, y Vélez, 2003). La rodilla de la pierna de batida adquiere un ángulo que depende del nivel de preparación física y el CM disminuye su altura respecto al suelo, siendo el factor más determinante la variante técnica de brazos utilizada que la capacidad física (Arampatzis y Brüggemann, 1997; Iiboshi, 1993). En torno al ángulo inicial de la rodilla existe un doble posicionamiento. Algunos autores defienden el aumento de esta flexión (Dapena y Chung, 1988; Dimitriev, 1986) y otros afirman que es mejor que su valor sea próximo a 180° (Greig y Yeadon, 2000). La realidad es que flexionar la rodilla no beneficia el aprovechamiento del CEA (Cavagna, Dusman, y Margaria, 1968). La tabla 28 expone los valores encontrados en la bibliografía.

Tabla 28.

Ángulo de flexión de la rodilla al inicio de la batida.

Autor/es	Año	Marca (m)	Flexión inicial (°)
Conrad y Ritzdorf	1986	♂ 2.19-2.25	155-173
		♀ 1.86-1.92	157-171
Schubin y Schustin	1993	♂ 2.28-2.37	128-144
Papadopoulos et al.	1995	♂ 2.36	168
Mateos	2003	♂ 2.04-2.26	156-176
		♀ 1.67-1.83	156-163
Bravo, Ruf, y Vélez	2003	♂ 2.34	128-152
Mihajlovic y Solaja	2005	♂ 2.29-2.32	168
Isolehto et al.	2007	♂ 2.20-2.32	161-173
Ae et al.	2008	♂ 2.35	151-170
Coh y Supej	2008	♂ 2.00-2.25	162

Al progresar en la batida, la rodilla modifica su ángulo reduciéndolo hasta llegar a la fase de sostén, dónde alcanza su menor valor (mayor nivel de flexión). En este momento la cadera y los segmentos libres se encuentran a la altura del pie de batida y los músculos se someten a la máxima tensión. Durante el tiempo que transcurre entre la fase de amortiguación y sostén se frena el avance del CM. En este periodo de tiempo el CM experimenta la máxima disminución de altura respecto al suelo y la velocidad vertical registra valores negativos (Liyang, Yang, y

Xin, 1996). Para saltadores en velocidad, la flexión de rodilla es más ligera (Locatelli, 1987). La tabla 29 expone los valores para el ángulo de la rodilla en la fase de sostén.

Tabla 29.
Máximo ángulo de flexión de la rodilla durante la batida.

Autor/es	Año	Marca (m)	Máxima flexión (°)
Conrad y Ritzdorf	1986	♂ 2.19-2.25	136-143
		♀ 1.86-1.92	140-150
Papadopoulos et al.	1995	♂ 2.36	160
Mateos	2003	♂ 2.04-2.26	126-146
		♀ 1.67-1.83	132-151
Bravo, Ruf, y Vélez	2003	♂ 2.34	107-145
Mihajlovic y Solaja	2005	♂ 2.29-2.32	143
Isolehto et al.	2007	♂ 2.20-2.32	127-163
Ae et al.	2008	♂ 2.35	133-145
Coh y Supej	2008	♂ 2.00-2.25	141

Tras la fase de sostén, el saltador comienza la aceleración positiva del CM en una fase que se denomina de impulso. La musculatura extensora de rodilla realiza una acción concéntrica y permite que el CM describa una curva creciente de derecha a izquierda y hacia arriba-delante (Bravo, Ruf, y Vélez, 2003). En esta fase se realiza el cambio de dirección de las fuerzas. Lo importante es conseguir un gran empuje en los primeros instantes, donde el valor de la Vz es cero. Esto es debido a que los músculos son capaces de trabajar de forma más intensa (Asmussen, 1974). La velocidad horizontal generada en la carrera de aproximación se transforma en velocidad vertical, experimentando una pequeña pérdida (Ozolín, 1973). Aunque lo ideal es que el saltador termine la acción con la rodilla totalmente extendida, la práctica indica otros valores (tabla 30).

Tabla 30.
Ángulo de la rodilla al final de la batida.

Autor/es	Año	Marca (m)	Flexión final (°)
Conrad y Ritzdorf	1986	♂ 2.19-2.25	170-177
		♀ 1.86-1.92	163-176
Papadopoulos et al.	1995	♂ 2.36	175
Mateos	2003	♂ 2.04-2.26	162-174
		♀ 1.67-1.83	150-177
Bravo, Ruf, y Vélez	2003	♂ 2.34	126-155
Mihajlovic y Solaja	2005	♂ 2.29-2.32	173
Isolehto et al.	2007	♂ 2.20-2.32	168-178
Ae et al.	2008	♂ 2.35	172-177
Coh y Supej	2008	♂ 2.00-2.25	177

2.7.3. Estudios sobre el vuelo

Después de la batida, el saltador comienza la fase de vuelo. En esta fase, el saltador necesita rotar el cuerpo sobre el CM para lograr un paso eficaz por el listón (Dapena, 1995a) (gráfico 20). Se producen dos giros: a) sobre el eje longitudinal (twist) para posicionar al saltador de espaldas al listón; y b) sobre el eje transversal (somersault) para que los hombros vayan hacia abajo y las rodillas hacia arriba adoptando la posición de arqueo (Dapena, 1988). Estos giros permiten superar alturas cercanas a la máxima del CM.

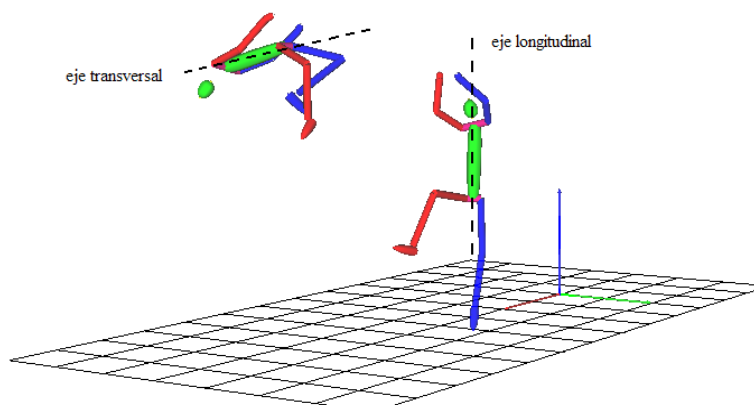


Gráfico 20. Rotaciones del saltador durante el vuelo.

Durante la fase de vuelo, la parábola descrita por el CM está fijada y el momento angular del cuerpo se mantiene constante. Sin embargo, el saltador puede realizar una serie de acciones para lograr un paso eficaz del cuerpo por el listón. Dapena (1974) resume estas acciones en tres posibilidades: 1) puede descender algunas partes del cuerpo (como el CM no modifica la trayectoria de la parábola, otras partes del cuerpo se elevan en compensación); 2) puede hacer que algunas partes del cuerpo roten más lentamente que el resto (como el momento angular total no se puede modificar en el aire, otras partes del cuerpo deben rotar más rápidamente como compensación); 3) puede alterar la posición de los segmentos para modificar el momento de inercia sobre el eje de rotación y así girar a diferentes velocidades.

2.7.3.1. Acción sobre el listón

Durante el paso del listón el saltador adopta un arqueado hacia atrás (Hay, 1993) (gráfico 21). Los brazos se sitúan abiertos en forma de cruz, la pierna libre se queda con la de impulso con una flexión de rodilla de 90° o menos, aumenta la lordosis lumbar para adoptar la posición de “herradura”, y la mirada se dirige hacia atrás (Tidow, 1993). Se pueden dar dos inconvenientes: a) generación de un insuficiente momento angular y b) falta de coordinación a la hora de realizar-deshacer el arqueado (Bravo, Ruf, y Vélez, 2003). Si se pasan los hombros y las caderas, pero el listón es derribado con las piernas, es posible que sea porque se llevan demasiado extendidas, aumentando el momento inercia, y disminuyendo la rotación al franquear el listón. Se asocia a una falta de inclinación en curva y una posición enderezada temprana del tronco (Dapena, 1995a). Si la velocidad de rotación sobre el eje transversal es demasiado rápida el atleta derriba el listón con los hombros, porque precipita el movimiento.



Gráfico 21. Posición de paso del listón.

Esta posición sobre el listón se puede mejorar con descenso de hombros y rodillas (Despina, 1980; Strizhak, 1988) (gráfico 22). Al mismo tiempo que se produce el arqueado, el atleta flexiona las rodillas llevando la mitad baja cerca del CM, lo que hará que el tronco realice la rotación de forma rápida. Incrementando la velocidad de rotación se pueden superar alturas más elevadas (Dapena, 1995a). Al igual que la cadera de la PL se bloquea en la acción de empuje, debe hacer un pequeño descenso para marcar el arqueado. Suele ocurrir como reflejo de la acción de extensión de cadera y tronco. En saltos con una baja altura del listón en que el tiempo de vuelo es menor, la acción de descenso de la pierna comienza justo al terminar la batida (Tidow, 1993).

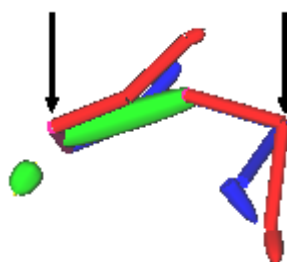


Gráfico 22. Descenso de hombros y rodillas en la posición de arqueado.

Existe una técnica en la que se realiza primero una extensión, seguida de una pequeña flexión, y posteriormente una sobreextensión. Es utilizada por saltadores de estatura baja. Se trata de un movimiento de salto como sentado seguido de la hiperextensión de tronco. Con ello se logra evitar el derribo del listón con el tronco por anticipación del movimiento (Killing, 1989). Una vez franqueado el listón con las caderas, toca el paso de las piernas. Hay que

aprovecharse de la conservación de cantidad de movimiento, haciendo descender unas partes del cuerpo por debajo del CM con una velocidad superior a la que éste lo hace. La forma es descendiendo las caderas mediante una flexión de tronco y caderas, con lo que se conseguirá una elevación de las piernas.

2.7.3.2. Ubicación del CM sobre el listón

La eficacia de paso puede estimarse en relación a la masa del cuerpo que se halla por encima y debajo del listón en ese momento. A mayor porcentaje de masa por debajo del listón en el punto más alto del salto y más cerca del suelo se encuentre, mayor es la altura que se puede superar (Dyson, 1982). Debido a la posición del cuerpo encima del listón y a los movimientos segmentarios coordinados, es posible sobrepasar alturas levemente superiores a la máxima elevación del CM, aunque no es algo que se dé en la totalidad de saltos. Se debe a que se sobrepasa el listón segmento por segmento de tal forma que en ningún momento toda la masa corporal se encuentra por encima de éste. A través de movimientos segmentarios sobre el CM se puede modificar su posición relativa (Locatelli, 1987), adoptando un arqueado, e incluso conseguir el paso de su trayectoria por debajo del listón (Aguado, González, e Izquierdo, 1990, 1997; Tellez, 1993).

Basado en cálculos teóricos es posible obtener valores negativos de altura sobre el listón (Hay, 1993). La práctica muestra valores positivos de 0.09, 0.08 m (Mateos, 2003; Van Gheluwe y Van Doninck, 1979), 0.07 m (Gutiérrez y Soto, 1992; Nigg y Waser, 1974), 0.06 m (Bruggemann y Loch, 1992), 0.05 m (Antekolović et al., 2006; Dapena y Bahamonde, 1991; Mihajlovic y Solaja, 2005), 0.03 m (Ritzdorf, Conrad y Loch, 1989), o 0.00 m (Dapena, 1980b) por encima de la altura del listón.

2.8. ASPECTOS CLAVE PARA EL ENTRENAMIENTO

La observación es un método útil para el seguimiento de la adquisición y perfeccionamiento de las técnicas deportivas. Esta es utilizada como “técnica” de recogida de datos o como un método de análisis por parte de los entrenadores (Campos y Ramón, 2003). El análisis técnico a través de la observación directa ofrece objetividad y permite el registro de conductas donde predomina el componente perceptivo sobre el interpretativo. Sin embargo, en el salto de altura

la velocidad de ejecución del gesto es tan rápida que su observación se encuentra sujeta a la apreciación del observador.

Ante una misma ejecución técnica, dos entrenadores pueden diagnosticar dos formas diferentes de intervención. Obviando las características individuales y el proceso de formación del entrenador a nivel de observación, estas diferencias pueden deberse a que el modelo conceptual del gesto técnico que subyace a cada entrenador determina el ámbito de focalización y entendimiento de lo observado (Proença, 1990). El entrenador necesita, por tanto, un modelo objetivo de evaluación de la técnica. Este modelo de evaluación ha de permitir la observación y el diagnóstico de los aspectos más importantes para la mejora del resultado del salto.

A nivel de entrenamiento, diversos autores (Tellez, 1993; Tidow, 1993; Carr, 1999; Bravo, Ruf, y Vélez, 2003) han propuesto una serie de aspectos sobre los que centrar la atención cuando se ejecuta un salto de altura (tabla 31). Estas propuestas definen un gran número de aspectos claves a observar. El elevado número de aspectos propuestos a observar representa un problema para el entrenador y el atleta, por la cantidad de información a procesar. Las capacidades de observación y cognitivas del ser humano son reducidas (Knudson y Morrison, 2002). Por otro lado, el hecho de que el listado de aspectos sea tan elevado puede hacer que la atención se focalice en aspectos que no tienen influencia directa sobre el rendimiento. Es necesario definir los aspectos claves que mayor influencia tienen sobre el rendimiento del salto de altura.

Houvion, Prost, y Raffin-Peyloz (1986) también proponen una ficha de observación de la técnica *fosbury* para el salto de altura. Sin embargo, este listado de aspectos clave tiene un inconveniente: la mayoría de los puntos que se exponen representan aspectos de la técnica muy genéricos y no aporta datos cualitativos que los apoyen (por ejemplo, en la fase de carrera y preparación de la batida menciona como aspecto clave la preparación de los brazos, pero no aclara cómo realizar la acción). Esta característica no permite focalizar la atención a la hora de realizar la observación de la técnica, por lo que este listado de aspectos clave es difícilmente aplicable a la observación durante el entrenamiento y la competición. Por este motivo no se incluye en la tabla 31.

Tabla 31.

Propuestas de aspectos claves para la observación de la técnica (Tellez, 1993, Tidow, 1993, Carr, 1999 y Bravo, Ruf, y Vélez, 2003).

Aproximación	
Medición de la carrera y las fases ³	Apoyo de metatarso ⁴
Ligera inclinación del tronco inicial ^{1 2 4}	Desplazamiento horizontal al suelo ⁴
Ejecución rítmica de los primeros pasos ¹	Enderezamiento en el tercer paso ¹
Rodilla de la pierna libre delante y arriba ⁴	Mirada hacia el listón a partir del tercer paso ¹
Extensión completa de la pierna en el empuje ⁴	Aceleración e inclinación tras el cuarto paso ^{1 3 4}
Penúltimo paso	
Mantener la velocidad en los dos últimos pasos ¹	Contacto plantar del pie de apoyo ²
Mantener el cuerpo alejado del listón ^{2 3}	Ligera flexión de rodilla ²
Sincronización de brazos en los últimos apoyos ^{2 3}	Descenso del CM ¹
Penúltimo paso con mayor amplitud ¹	Entrada del pie de batida de talón ²
Último paso	
Caderas delante del tronco ^{3 4}	Balaneo de los brazos hacia atrás ^{2 4}
Tronco casi en posición vertical ^{2 4}	Ligera inclinación del tronco hacia atrás ^{2 4}
Empuje horizontal y extensión casi total ^{2 4}	Ejecución con menor amplitud que el paso anterior ¹
Pierna de batida rápida y activa ²	Pie de batida se planta delante del cuerpo ^{1 3}
Pie de la pierna libre en flexión dorsal ⁴	Mirada dirigida al listón ⁴
Batida	
Inclinación interior al inicio de la batida ¹	Pierna de batida extendida al final de la batida ⁴
Pie de batida delante del cuerpo y apoyo plantar ^{1 4}	Brazos hacia arriba junto con la pierna libre ^{1 2 3 4}
Pierna de batida extendida al inicio de la batida ⁴	Brazos doblados/bloqueados al final de la batida ^{2 4}
Pierna libre atrás y oscila hacia delante ⁴	Bloqueo de pierna libre y muslo paralelo al suelo ⁴
Brazos oscilando de abajo hacia delante y arriba ⁴	Rotación del muslo de la pierna libre ³
Rodilla de batida con mínima y pasiva cesión ^{2 4}	Rodilla de la pierna libre guía el movimiento ²
Posición final de batida lo más alto posible ^{1 3}	Ascenso vertical del cuerpo paralelo al poste ²
Vuelo	
Cabeza mirando abajo en el listón ^{2 4}	Rodilla de la pierna libre delante de su cadera ⁴
Brazo exterior guía movimiento adelante-arriba ^{2 4}	Pie de la pierna libre en flexión dorsal ⁴
Rotación del cuerpo sobre el eje longitudinal ²	Posición de la cabeza en línea con el tronco ⁴
Pierna de batida extendida ⁴	
Arqueo	
Brazos extendidos y abiertos ^{2 4}	Movimiento de la cabeza hacia atrás ^{2 4}
Descenso pierna libre y elevación de caderas ^{1 2 3 4}	Arqueo de la espalda ^{2 4}
Flexión de rodillas con la punta del pie hacia abajo ²	Flexión de las caderas y rodillas al superar el listón ³
Piernas fijadas ⁴	
Caída	
Descenso activo de la pelvis ²	Extensión de piernas con pies apuntando arriba ^{2 4}
Movimiento de la cabeza se flexiona al pecho ^{2 4}	Flexión de los brazos ²
Extensión de los brazos en cruz ⁴	Posición de "L" del cuerpo ²
Flexión activa y bloqueo de las caderas ^{2 4}	Caída sobre los hombros con brazos abiertos ^{2 3 4}
Extensión sincronizada de las rodillas ²	

Leyenda: 1= Tellez, 1993; 2= Tidow, 1993; 3= Carr, 1999; 4= Bravo, Ruf, y Vélez, 2003.

En un artículo muy reciente sobre la técnica del salto de altura, Ritzdorf (2009) concluye una serie de elementos clave para la ejecución eficaz de la técnica del salto de altura. Los aspectos clave que se concluyen son siete y hacen referencia a las fases de carrera de aproximación, batida, y vuelo. Para la carrera de aproximación, se destaca el incremento en la frecuencia del paso, el descenso de los tiempos de vuelo al final de la carrera, y la inclinación lateral hacia el centro de la curva. Para la fase de batida, la aceleración de la cadera antes de realizar el contacto del pie de batida con el suelo, la inclinación hacia atrás con el cuerpo recto, y la extensión total del cuerpo al final de la batida. Para la fase de vuelo, se incide sobre la acción de arqueado o rotación sobre el listón.

Al comparar las propuestas teóricas realizadas a los entrenadores con los estudios de investigación recientes, se observan discrepancias en las variables de ejecución a considerar al analizar el gesto. Tomando de referencia el estudio de Blažević, Antekolović, y Mejovšek (2006), realizado con una saltadora de alto rendimiento analizando siete saltos en diferentes competiciones (1.80-2.00 m), este estudio establece 25 parámetros de eficacia técnica que mayor correlación tienen con la altura alcanzada por el CM (tabla 32).

Tabla 32.

Resumen de los 25 parámetros de eficacia técnica con mayor correlación con la altura alcanzada por el CM (Blažević, Antekolović, y Mejovšek, 2006).

Parámetro de eficacia	Unidad
Altura del listón	cm
Longitud del penúltimo paso de carrera	cm
Longitud del último paso de carrera	cm
Distancia entre el punto de batida y la proyección del listón	cm
Distancia entre el CM y la proyección del listón en el momento del posicionamiento del pie de batida	cm
Duración de la batida	s
Velocidad horizontal del CM en el tercer paso de la carrera	m/s
Velocidad horizontal del CM en el segundo paso de la carrera	m/s
Velocidad horizontal del CM en el momento del posicionamiento de la pierna de batida	m/s
Velocidad horizontal del CM al final de la batida	m/s
Velocidad vertical del CM en el momento del posicionamiento de la pierna de batida	m/s
Velocidad vertical del CM al final de la batida	m/s
Velocidad resultante	m/s
Altura del CM en el tercer paso durante la carrera	cm
Altura del CM en el segundo paso durante la carrera	cm
Altura del CM en el momento del posicionamiento del pie de batida	cm
Altura del CM en el amortiguamiento	cm
Altura del CM al final de la batida	cm
Máxima altura del CM al pasar el listón	cm
Altura de la cadera sobre el listón	cm
Ángulo de amortiguamiento	°
Ángulo en el momento de entrada en la batida	°
Ángulo de batida	°
Altura de vuelo del CM	cm
Altura de franqueo del CM	cm

De acuerdo con el estudio de Blažević, Antekolović, y Mejovšek (2006) las variables que presentan mayor correlación con la altura de salto fueron: altura de vuelo del CM ($r = 0.91$), velocidad vertical del CM al final de la batida ($r = 0.90$), altura de la cadera sobre el listón ($r = 0.90$), ángulo de batida ($r = 0.90$), duración de la batida ($r = -0.89$), ángulo en el momento de la entrada en la batida ($r = -0.82$), altura máxima del CM en el momento del franqueo del listón ($r = 0.80$), y velocidad horizontal del CM en el penúltimo paso antes de la batida ($r = 0.79$). Todos estos aspectos incrementan con la altura de salto (correlación positiva),

excepto la duración de la batida y el ángulo en el momento de la entrada en la batida que disminuyen (correlación negativa).

Al intentar comparar las propuestas de los aspectos claves para los entrenadores de la bibliografía con las variables del estudio de Blažević, Antekolović, y Mejovšek (2006) se observa que no son comparables. La terminología utilizada por los entrenadores es diferente a la utilizada por los investigadores. Los primeros hablan de aspectos cualitativos, mientras que los investigadores hablan de aspectos cuantitativos. Este aspecto supone diferencias en la aplicabilidad. En los entrenadores, los aspectos son observables y modificables mediante directrices verbales. En los investigadores, los aspectos registrados son variables cinemáticas del movimiento (ángulos, velocidades, etc.). Esta falta de conexión hace que la información de los estudios de investigación de la técnica de los saltadores de altura no llegue al mundo del entrenamiento.

La observación de la técnica admite dos tipos de valoraciones: cualitativa y cuantitativa (Hamilton y Luttgens, 2002). La valoración cualitativa analiza la semejanza de la ejecución realizada con el modelo ideal establecido (entrenador). La valoración cuantitativa se hace sobre el resultado, prescindiendo de la proximidad de la ejecución con el modelo ideal (investigación). En el salto de altura, es difícil la realización de una adecuada valoración cualitativa de saltadores que no pertenecen a la categoría senior, ya que se carece de un modelo ideal en las etapas de formación. Este problema se agrava cuando se acepta como válido el modelo ideal para los hombres en las mujeres, siendo dos grupos con características totalmente diferentes.

2.8.1. Diferencias entre hombres y mujeres

Existen una serie de características fundamentales que diferencian a los hombres de las mujeres y que van a influir sobre el rendimiento durante la práctica deportiva (Malina, 1991). Estas diferencias evolutivas entre hombres y mujeres son: 1) características antropométricas (estatura y peso), y 2) características físicas. Estas características representan rendimientos diferentes en competición. Las diferencias entre hombres y mujeres justifica el por qué no se

pueden comparar estos dos sexos y el por qué de la necesidad de establecer diferentes modelos ideales de eficacia en función de la edad.

2.8.1.1. Características antropométricas (estatura y peso)

En general, las mujeres tienen menor estatura y peso que los hombres de la misma edad. La estatura de los hombres es una media de 15 cm mayor que en las mujeres y el peso lo es una media del 15% (Gustafsson y Lindenfors, 2004). La estatura varía un 20% dentro de la misma población y en España el promedio de estatura para la edad de 16-29 años es de 1.71-1.75 m en hombres y 1.61-1.65 m en mujeres (Instituto Nacional de Estadística, 2009) (tabla 33). Para el peso no se han encontrado estudios en España, posiblemente se deba a que el peso se encuentra condicionado por diferentes factores: aspectos de tipo genético, salud, nutrición, práctica deportiva, entorno social, etc. Sin embargo, el Instituto Nacional de Estadística si ha publicado unas tablas indicando el índice de masa corporal (IMC) en función del sexo y la edad (tabla 34). Dentro de la bibliografía específica del atletismo se encuentra el estudio de Mironenko (1995), en el que se establecen los rangos de crecimiento según la edad entre 1 y 18 años (tabla 35).

Tabla 33.

Adultos por sexo, edad, y estatura (INE, 2009).

Edad	N (miles)	- 1.50	1.51-1.60	1.61-1.65	1.66-1.70	1.71-1.75	1.76-1.80	+ 1.80
Hombres								
Todos	15664.4	-0.6	6.9	13.9	23.5	20.8	16.1	11.2
16-29	4489.5	-	-1.3	8.9	16.3	24	21.1	21.1
30-44	4244.5	-	4.6	9.3	22.2	24.8	19.5	12.8
45-64	4181.7	-	8.3	17.1	30.2	18.6	12.5	5.2
65 o +	2748.8	-	17.4	24.1	27.1	12.8	8.2	-
Mujeres								
Todos	16982.8	6.9	39.4	23.6	15	4.7	1.3	-
16-29	4284.8	-	25.2	27.8	24.8	10.6	3	-
30-44	4492.8	3.7	40.2	24.7	17	5.3	-	-
45-64	4447.1	8.2	43.5	25.9	11.3	-2	-	-
65 o +	3758.1	15.7	49.9	14.8	5.8	-	-	-

Tabla 34.
Índice de masa corporal según sexo y grupo de edad (INE, 2009).

Edad	Total	Insuficiente < 18.5 kg/m ²	Normopeso 18.5-24.9 kg/m ²	Sobrepeso 25.0-29.9 kg/m ²	Obesidad > = 30 kg/m ²	No consta
Hombres						
Todos	18304.9	116.5	6408.1	7993.5	3039.6	747.2
18-24 años	1741.9	59.7	1103.7	379.4	96.2	102.8
25-34 años	3833.4	19.2	1736.8	1514.1	454.4	108.9
35-44 años	3899.7	8.8	1334.8	1796.9	670.7	88.5
45-54 años	3183.5	3.9	882.5	1590.1	619.6	87.3
55-64 años	2411.1	3.4	552.1	1205.2	583.8	66.6
65-74 años	1741.2	5	391.9	860.3	394.4	89.6
75 o + años	1494.1	16.6	406.3	647.4	220.5	203.4
Mujeres						
Todos	19072.3	612.9	9210.3	5288.7	2606	1354.4
18-24 años	1650	213	1096.7	221.2	70.9	48.2
25-34 años	3616.3	185	2292	741.3	250.1	148.1
35-44 años	3723.2	112.6	2125.9	935.1	412.1	137.5
45-54 años	3207.3	37.5	1629.9	941.9	452	146
55-64 años	2555.6	14	917.3	948.7	488.5	187.1
65-74 años	2051.6	10.7	519.3	795	499.6	226.9
75 o + años	2268.3	40.1	629.2	705.5	432.8	460.7

Tabla 35.

Porcentaje sobre el valor final de la estatura en función de la edad y del sexo (Mironenko, 1995).

Edad (años)	% estatura hombres	% variación	% estatura mujeres	% variación
1	42.66	-	45.24	-
2	49.62	6.96	52.58	7.34
3	54.47	4.85	58.41	5.83
4	58.58	4.11	63.19	4.78
5	62.36	3.78	67.35	4.16
6	65.94	3.58	71.17	3.82
7	68.67	2.73	74.22	3.05
8	71.79	3.12	77.60	3.38
9	75.18	3.39	81.17	3.57
10	78.17	2.99	84.64	3.47
11	80.88	2.71	88.50	3.86
12	84.13	3.25	92.50	4
13	87.94	3.81	95.91	3.41
14	95.41	7.47	99.10	3.19
15	96.54	1.13	99.36	0.26
16	97.64	1.1	99.53	0.17
17	98.89	1.25	99.71	0.18
18	99.59	0.7	100.00	0.29

Los hombres y las mujeres tienen diferentes ritmos de crecimiento a nivel de estatura, los cuales son también diferentes en función de la edad. Las categorías que empiezan a ir a los campeonatos de España pertenecen al rango de edad de 13-14 años. En este rango de edad los hombres experimentan un aumento de la estatura (8%) mayor que el de las mujeres (4%). A partir de esta edad, y hasta los 18 años, los hombres aumentan un 1% cada año, mientras que las mujeres han alcanzado ya un valor de estatura casi definitivo (variación máxima de un 1%). El crecimiento de la estatura no aumenta a partir de la edad de 18 años. Este aspecto significa que, para los hombres, la modificación en la longitud de las palancas puede conllevar a cambios en la percepción del esquema corporal y posiblemente se deriven problemas a nivel de técnica mayor que en las mujeres.

En la bibliografía específica para el atletismo, existen tablas referidas a la prueba de salto de altura en las que queda reflejada la relación entre el peso, la estatura, y el rendimiento. Estos valores generales no son aplicables. Sin embargo, se pueden tomar como una referencia en el proceso de selección y control de los saltadores de altura de alto rendimiento. Los autores Xur, Ekimov, y Pogdol (1993) indican unos valores de referencia en función de la edad (tabla 36).

Tabla 36.
Indicadores antropométricos en hombres y mujeres (Xur, Ekimov y Pogdol, 1993).

Variable	13-14 años	15-16 años	17-18 años	19-22 años	
		Hombres			
Resultado (m)	1.80-1.90	1.95-2.08	2.10-2.18	2.19-2.24	
Estatura (m)	1.82-1.88	1.85-1.92	1.86-1.94	1.91-1.96	
Peso (kg)	52-58	58-66	65-75	75-78	
IMC (kg/m ²)	15.69-16.41	16.94-17.90	18.78-19.92	20.55-20.30	
		Mujeres			
Resultado (m)	1.50-1.60	1.65-1.80	1.78-1.85	1.86-2.00	
Estatura (m)	1.70-1.74	1.72-1.75	1.76-1.83	1.78-1.85	
Peso (kg)	48-52	50-55	55-60	56-62	
IMC (kg/m ²)	16.60-17.17	16.90-17.95	17.75-17.91	17.67-18.11	

2.8.1.2. Características físicas

De media, los hombres son físicamente más fuertes que las mujeres. Estas diferencias de fuerza en las mujeres se deben a una menor cantidad total de masa muscular. Tienen menos masa muscular en comparación con el peso corporal total. En hombres, la proporción de tejido muscular en relación con el peso corporal aumenta del 25% al nacer hasta el 50% en edad adulta. La mayor parte de este incremento ocurre en la pubertad, coincidiendo con el aumento en la concentración de testosterona. En mujeres, sus músculos siguen creciendo durante todo su desarrollo hasta alcanzar aproximadamente el 40% de su peso corporal total (McComas, Sica, y Petito, 1973).

La masa muscular pico en las mujeres se alcanza antes que en los hombres. La mayor masa muscular se alcanza entre los 16-20 años en las mujeres, y entre los 18-25 años en los hombres (López Chicharro y Fernández Vaquero, 2006). Los niveles de fuerza de la parte superior del cuerpo son una media del 40-50% mayor en hombres y un 30% para la parte inferior. La fuerza de las mujeres representa un 42-63% la de los hombres (Miller, MacDougall, Tarnopolsky, y Sale, 1993). El incremento de la fuerza depende del entrenamiento, ya que puede alterar la producción hormonal en jóvenes atletas (Mero, Jaakkola, y Komi, 1990). Además, los hombres de media tienen mayor densidad y fortaleza en los huesos y tienen tendones y ligamentos más fuertes.

Durante la pubertad, la pituitaria anterior comienza a segregar dos hormonas: hormona foliculostimulante (FSH) y hormona luteinizante (LH). La secreción suficiente de estas dos hormonas provoca la secreción de estrógeno en las mujeres y la secreción de testosterona en los hombres. El estrógeno influye sobre el crecimiento corporal ensanchando la pelvis, incrementa la deposición de grasa en muslos y caderas (mayor actividad de la lipoproteína lipasa), e incrementa el ritmo de crecimiento de los huesos adquiriendo la longitud final 2-4 años tras el inicio de la pubertad (crecimiento más rápido tras la pubertad). La testosterona produce una mayor formación ósea (huesos más grandes), mayor síntesis proteica (mayor masa muscular), y fase de crecimiento más prolongada. Esto quiere decir que las mujeres maduras en relación a los hombres son: 13 cm más bajas, 14-18 kg más ligeras en peso total, 18-22 kg más ligeras en masa magra, 3-6 kg más pesadas en masa grasa, y 6-10% más de porcentajes de grasa corporal. (Wilmore y Costill, 2000).

Desde el punto de vista biomecánico, las mujeres tienen las pelvis más anchas, con una mayor angulación del fémur y mayor lordosis de la columna lumbar, lo que dificulta el trabajo con cargas. Las extremidades inferiores son más cortas, lo que equivale a un brazo de palanca más pequeño, que puede limitar el rendimiento en algunas especialidades deportivas. Por otra parte, el centro de gravedad se sitúa un 6% más bajo que en los hombres, lo que para algunas especialidades deportivas aporta una mayor estabilidad (López Chicharro y Fernández Vaquero, 2006).

Al igual que ocurre con las características antropométricas de peso y estatura, existen modelos de control físico específicos para saltadores de altura de alto rendimiento en función de la edad. Los autores Xur, Ekimov, y Pogdol (1993) (tabla 39) presentan los valores de control en función de test de velocidad (60 m y 100 m) y potencia (triple parado, pentasalto alterno, y longitud) para hombres y mujeres, respectivamente.

Tabla 39.

Pruebas de control en hombres y mujeres (Xur, Ekimov y Pogdol, 1993).

Prueba	13-14 años	15-16 años	17-18 años	19-22 años
Hombres				
Resultado (m)	1.80-1.90	1.95-2.08	2.10-2.18	2.19-2.24
60 m (s)	7.8-8.1	7.5-7.7	7.1-7.3	6.9-7.2
Triple parado (m)	7.50-8.20	8.00-8.50	8.80-9.30	9.10-10.00
Pentasalto alterno (m)	15.00	14.00	15.00	16.00
100 m (s)	12.2-12.4	11.8-12.0	11.8-11.9	11.2-11.5
Longitud (m)	5.60-6.00	5.80-6.30	6.30-6.70	6.40-7.00
Mujeres				
Resultado (m)	1.50-1.60	1.65-1.80	1.78-1.85	1.86-2.00
60 m (s)	8.3-8.6	8.1-8.2	7.6-7.9	7.5-7.8
Triple parado (m)	7.00-7.20	7.15-7.30	7.30-8.20	7.60-8.50
Pentasalto alterno (m)	13.00	13.00	14.00	15.00
100 m (s)	13.3-13.5	12.9-13.2	12.6-13.0	12.3-12.7
Longitud (m)	4.80-5.10	4.90-5.20	5.10-5.50	5.20-5.70

Otros autores (Taranov y Nikitin, 1987, en Bravo, Ruf, y Vélez, 2003) hacen referencia a test de campo, los cuales permiten a partir de diferentes índices (fuerza, fuerza-velocidad, velocidad, y físico-técnico) estimar el rango de altura teórica franqueable. Las tablas 37 y 38 exponen los valores de los test.

Tabla 37.

Predicción de altura franqueable en función de test de campo de fuerza, físico-técnicos y de velocidad.

Resultado (cm)	Flexión plantar relativa	Sentadilla relativa	Salto vertical con 3 pasos (cm)	Salto vertical con carrera completa (cm)	Velocidad 30 metros (s)
Hombres					
180-184	2.51 ± 0.23	1.20 ± 0.09	89 ± 3.9	83 ± 4.2	4.55 ± 0.14
185-189	2.64 ± 0.19	1.30 ± 0.11	93 ± 3.7	88 ± 4.0	4.50 ± 0.13
190-194	2.79 ± 0.23	1.39 ± 0.09	96 ± 3.9	92 ± 4.3	4.45 ± 0.12
195-199	2.90 ± 0.21	1.46 ± 0.09	99 ± 3.6	96 ± 3.8	4.40 ± 0.11
200-204	3.01 ± 0.24	1.52 ± 0.09	101 ± 4.0	101 ± 4.3	4.35 ± 0.11
205-209	3.11 ± 0.21	1.57 ± 0.08	102 ± 3.9	105 ± 4.2	4.30 ± 0.11
210-214	3.21 ± 0.20	1.64 ± 0.09	103 ± 4.2	109 ± 4.5	4.25 ± 0.11
215-219	3.29 ± 0.17	1.70 ± 0.09	105 ± 3.8	114 ± 4.1	4.20 ± 0.12
220-224	3.35 ± 0.21	1.75 ± 0.08	107 ± 3.9	119 ± 4.3	4.15 ± 0.12
225-229	3.39 ± 0.19	1.78 ± 0.10	109 ± 3.5	123 ± 3.7	4.10 ± 0.10
230-234	3.47	1.85	111	127	4.05
235-239	3.54	1.92	112	131	4.00
240-244	3.69	2.02	114	134	3.95
Mujeres					
145-149	2.68 ± 0.23	0.77 ± 0.09	63 ± 3.5	56 ± 3.8	4.90 ± 0.23
150-154	2.76 ± 0.19	0.82 ± 0.08	66 ± 3.1	61 ± 3.2	4.85 ± 0.20
155-159	2.84 ± 0.23	0.87 ± 0.12	70 ± 3.9	66 ± 4.1	4.80 ± 0.19
160-164	2.91 ± 0.21	0.91 ± 0.08	73 ± 3.5	69 ± 3.7	4.75 ± 0.17
165-169	2.99 ± 0.24	1.02 ± 0.13	77 ± 4.9	74 ± 5.1	4.70 ± 0.17
170-174	3.07 ± 0.21	1.12 ± 0.09	80 ± 4.2	80 ± 4.5	4.65 ± 0.16
175-179	3.11 ± 0.20	1.17 ± 0.10	82 ± 4.7	85 ± 5.4	4.60 ± 0.15
180-184	3.20 ± 0.17	1.26 ± 0.15	84 ± 3.8	89 ± 4.0	4.55 ± 0.12
185-189	3.31 ± 0.21	1.35 ± 0.20	86 ± 3.7	94 ± 3.8	4.50 ± 0.12
190-194	3.37 ± 0.19	1.45 ± 0.19	88 ± 4.3	98 ± 4.5	4.45 ± 0.11
195-199	3.42	1.52	90	101	4.40
200-204	3.44	1.56	92	105	4.35
205-209	3.57	1.69	95	110	4.30

Tabla 38.

Predicción de altura franqueable en función de test de campo de fuerza-velocidad.

Resultado (cm)	Salto vertical con brazos (cm)	Salto vertical sin brazos (cm)	Salto horizontal a pies juntos (cm)	Triple salto a pies juntos (cm)	Salto vertical con brazos (cm)
Hombres					
180-184	61.0 ± 4.7	52.9 ± 4.5	269 ± 15	827 ± 41	61.0 ± 4.7
185-189	63.4 ± 4.4	55.2 ± 4.3	276 ± 13	843 ± 37	63.4 ± 4.4
190-194	65.9 ± 4.2	57.6 ± 4.0	283 ± 10	857 ± 36	65.9 ± 4.2
195-199	68.4 ± 3.9	59.9 ± 3.8	288 ± 12	863 ± 33	68.4 ± 3.9
200-204	70.8 ± 4.1	61.9 ± 3.8	294 ± 9	879 ± 31	70.8 ± 4.1
205-209	73.3 ± 3.4	63.9 ± 3.2	300 ± 11	894 ± 29	73.3 ± 3.4
210-214	75.9 ± 3.7	65.8 ± 3.5	306 ± 9	908 ± 26	75.9 ± 3.7
215-219	78.6 ± 3.3	68.4 ± 3.1	312 ± 8	923 ± 26	78.6 ± 3.3
220-224	81.2 ± 3.1	71.6 ± 2.9	318 ± 10	938 ± 27	81.2 ± 3.1
225-229	84.0 ± 2.8	75.8 ± 3.1	323 ± 9	953 ± 23	84.0 ± 2.8
230-234	86.7	78.4	328	967	86.7
235-239	89.4	81.2	333	980	89.4
240-244	92.0	83.1	338	992	92.0
Mujeres					
145-149	48.4 ± 3.3	40.9 ± 3.4	216 ± 13	647 ± 42	48.4 ± 3.3
150-154	50.9 ± 2.9	42.8 ± 2.7	224 ± 12	662 ± 40	50.9 ± 2.9
155-159	52.4 ± 2.5	44.2 ± 1.4	231 ± 10	679 ± 38	52.4 ± 2.5
160-164	53.7 ± 2.7	45.2 ± 2.0	237 ± 11	694 ± 39	53.7 ± 2.7
165-169	55.5 ± 3.7	46.8 ± 2.7	242 ± 9	709 ± 38	55.5 ± 3.7
170-174	57.3 ± 3.0	48.3 ± 3.0	247 ± 10	724 ± 36	57.3 ± 3.0
175-179	58.7 ± 3.6	49.6 ± 3.1	250 ± 8	739 ± 37	58.7 ± 3.6
180-184	61.2 ± 3.8	51.6 ± 3.0	256 ± 6	757 ± 34	61.2 ± 3.8
185-189	63.6 ± 3.5	53.7 ± 2.2	262 ± 6	772 ± 29	63.6 ± 3.5
190-194	66.1 ± 2.7	55.9 ± 2.6	268 ± 5	786 ± 22	66.1 ± 2.7
195-199	68.7	58.1	274	802	68.7
200-204	71.2	60.2	279	819	71.2
205-209	73.6	62.4	284	839	73.6

2.8.2. El rendimiento en competición en hombres y mujeres

Como consecuencia de las diferencias entre hombres y mujeres, en los aspectos abordados en los apartados anteriores, se pueden observar en la práctica rendimientos diferentes para estos dos sexos (Gärderud, Särndal, y Söderlind, 2007) (tabla 40). Estas diferencias se pueden concretar en aquellas disciplinas comparables (mismas reglas para hombres y mujeres). Dentro de esta comparativa quedan fuera las disciplinas de lanzamiento, donde el peso del artefacto cambia en función de la edad y el género, y las disciplinas de vallas, donde su altura y separación difieren en función del sexo. En la tabla 41 se

especifica la marca y la diferencia entre los hombres y mujeres poseedores del record del mundo.

Tabla 40.

Diferencias en los rendimientos de los poseedores de los récords mundiales en hombres y mujeres en las disciplinas comparables (IAFF, 2009).

Prueba	Hombres	Mujeres	Diferencia
100 m	9.58 s	10.49 s	0.91 s
200 m	19.19 s	21.34 s	2.15 s
400 m	43.18 s	47.60 s	4.42 s
800 m	1:41.01 min	1:53.28 min	12.27 s
1500 m	3:26.00 min	3:50.46 min	24.46 s
3000 m	7:20.67 min	8:06.11 min	45.44 s
5000 m	12:37.35 min	14:11.15 min	1:34.80 min
10000 m	26:44.00 min	29:31.78 min	2:47.78 min
Salto de altura	2.45 m	2.09 m	0.36 m
Salto de longitud	8.95 m	7.52 m	1.43 m
Triple salto	18.29 m	15.50 m	2.79 m
Salto con pértiga	6.14 m	5.06 m	1.08 m

Tabla 41.

Diferencias porcentuales en los rendimientos de hombres y mujeres (Gärderud, Särndal, y Söderlind, 2007).

Prueba	Diferencia entre géneros
100-200 m	10 %
400-800 m	12 %
1500-3000 m	13 %
5000-10000 m	14 %
Salto de altura	15 %
Salto de longitud	16 %
Triple salto	16 %

Estas diferencias en el rendimiento a favor de los hombres es consecuencia directa de las diferencias en las características antropométricas y físicas entre los dos sexos. Esto implica que el entrenamiento se enfoque en distintas direcciones

dependiendo del sexo del saltador y del momento de desarrollo en el que se encuentre. En muchas ocasiones los entrenadores copian el modelo de entrenamiento del atleta de máximo nivel del momento. Sin embargo, esto es un error porque todos los saltadores no son iguales (diferentes características antropométricas y físicas), ni tienen la misma edad biológica, ni los mismos años de entrenamiento previo. En necesario, por tanto, conocer qué contenidos trabajar y cuándo trabajarlos en función del género del atleta y el momento de su proceso de formación.

Es necesario diferenciar entre la edad biológica y la edad cronológica. La edad cronológica, es la edad en función del tiempo transcurrido desde el nacimiento (edad en años). Es un criterio que marca hechos trascendentales como puede ser la pertenencia a una categoría dentro de un deporte. Tiene, por tanto, un valor social más que biológico. La edad biológica, es la que se corresponde con el estado funcional de los órganos comparados con patrones estándar para una edad. Es por tanto un concepto fisiológico y su conocimiento es más informativo sobre el crecimiento y desarrollo real. El tiempo no tiene ningún efecto biológico sino mas bien los cambios ocurren en el tiempo. En ocasiones se pueden ver deportistas que pertenecen a un grupo de edad determinado pero que su desarrollo físico (edad biológica) no se corresponde con la media.

2.8.3. El entrenamiento del salto de altura en función de la edad

Al revisar la literatura específica es posible encontrar diferentes propuestas de entrenamiento en función de la edad de los saltadores. En estas se realiza una propuesta de los contenidos de entrenamiento que cambia en función de la categoría de edad (gráfico 23). El número de contenidos a trabajar y la dedicación necesaria para su correcto desarrollo, expresada en tanto por cien, son diferentes en función de la edad (Inkina, 1985). En las primeras etapas de formación se le da más a importancia a los aspectos de condición física y a los aspectos de tipo técnico y potencia específica. Posteriormente, se le suman otros contenidos: ejercicios de imitación, ejercicios con carrera, y trabajo sobre el listón. Sin embargo, el principal problema de estas propuestas es que se mezclan los conceptos masculino y femenino.

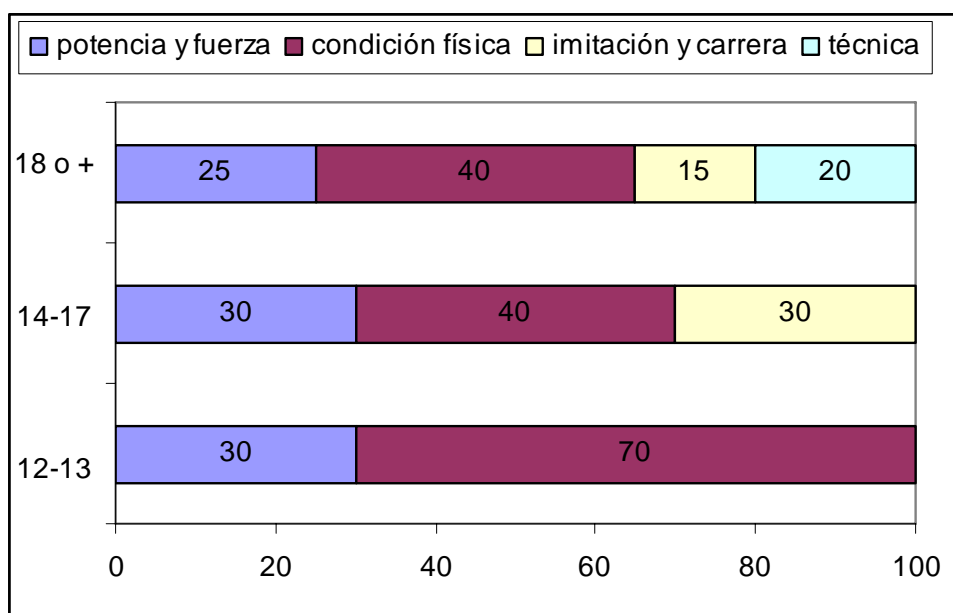


Gráfico 23. Organización de los contenidos de entrenamiento según la edad.

El trabajo de los contenidos de entrenamiento se realiza a través de la utilización de medios de entrenamiento. Estos medios de entrenamiento pueden ser: carreras, saltos, ejercicios técnicos, trabajo de fuerza, u otros. Su planificación y distribución durante la temporada determina el resultado en competición. La distribución de estos medios de entrenamiento se realiza en función de la edad del deportista (tabla 42). Estas propuestas son específicas para saltos (Zotko, 1992, en Vélez, 1999). Al igual que ocurre con los contenidos de entrenamiento, no se hace diferenciación entre sexos y se asume la misma distribución y los mismos volúmenes de entrenamiento para hombres y mujeres.

En saltadores de 11-13 años de edad, las carreras lisas se utilizan en forma de juego, pudiendo incluir pequeños obstáculos. Sólo se utilizan los saltos alternativos con distancias cortas. La técnica no se trabaja de forma de forma específica y se dedican algunas sesiones utilizando la colchoneta saltando a tijera y utilizando otras técnicas diferentes. Para trabajar la fuerza se utiliza el “circuit training” y las auto-cargas. Se utilizan otros medios de entrenamiento como son el cross, gimnasia o juegos deportivos.

En saltadores de 14-15 años de edad, las carreras se utilizan de forma sistemática (series y repeticiones). Su trabajo se realiza a diferentes velocidades y combinando salidas de pie y de tacos. Se utilizan las vallas como medio fundamental para el trabajo de la velocidad. Aparecen los talonamientos como medio de aprendizaje. Hay un predominio de los saltos alternando la pierna sobre los sucesivos a pies juntos. Los multisaltos son primero horizontales y después verticales (20-40 cm). El entrenamiento de la técnica es un medio de base y en su aprendizaje aparecen diferentes longitudes de carrera de aproximación. El "circuit training" aparece al comienzo de la temporada y en el trabajo de fuerza predominan las auto-cargas sobre los ejercicios de musculación. Se pueden utilizar otras disciplinas de saltos en el entrenamiento.

En saltadores de 16-17 años de edad, las carreras lisas se trabajan igual que en la etapa anterior, pero las salidas de pie pierden importancia para utilizar de forma más específica las salidas con tacos. El trabajo con vallas se sigue utilizando. Los talonamientos son un medio complementario de entrenamiento. En el trabajo de multisaltos hay mayor número de saltos verticales y la altura de éstos aumenta (40-60 cm). En el trabajo técnico se siguen utilizando carreras de aproximación de diferente longitud y se utiliza el estilo fosbury y el rodillo ventral. El trabajo con pesas se encuentra ya presente y las auto-cargas van perdiendo importancia paulatinamente.

En saltadores de 18-19 años de edad, El trabajo de carreras continúa como en la etapa anterior, pero modificando el volumen de trabajo. Los talonamientos son un medio fundamental de entrenamiento. Los multisaltos verticales se utilizan para el trabajo de potencia y se pueden utilizar cajones con una altura de 40-80 cm. Se dedican sesiones específicas al trabajo de la técnica y a la musculación en el gimnasio. Los medios de entrenamiento alternativos (cross, otras modalidades atléticas) aparecen al comienzo de la temporada o como medio de recuperación.

En saltadores de 20 años y más, es necesaria una correcta planificación del entrenamiento teniendo en cuenta: los años de entrenamiento previos, nivel de desarrollo de las capacidades físicas, nivel de dominio técnico de la prueba, y capacidad para soportar las cargas de entrenamiento. Vélez (1999) propone la

evolución de los volúmenes de entrenamiento en función de la edad del saltador, desde las etapas iniciales de desarrollo hasta la categoría senior. La tabla 43 es un resumen de la propuesta de Vélez (1999) de cómo evoluciona esta carga de trabajo en relación al proceso de formación.

Tabla 45. Distribución de los medios de entrenamiento en función de la edad (Zotko, 1992, en Vélez, 1999).

EDAD (años)		11-13	14-15	16-17	18-19	20 y más
CARRERAS	1	Ejercicios de carrera				
	2	Carrera (diferente velocidades)				
	3	Salidas (de pie / tacos-B)		B B B		
	4	Carrera con vallas				
	5	Talonamientos				
SALTOS	1	A pies juntos				
	2	Alternos (A) y sucesivos (B)	A	A	A B	A B
	3	Multisaltos alternos				
	4	Multisaltos sucesivos				
	5	Multisaltos mixtos				
	6	Sobre vallas diferentes alturas				
	7	Pliométricos diferentes alturas		20-40 cm 20-40 cm	40 cm 60 cm	40-80 cm
TÉCNICA	1	Imitaciones técnicas				
	2	Salto de altura	Tijeras	9 12 Flop	9 12 9	
FUERZA	1	Potencia general cuerpo libre				
	2	Potencia general sobrecargas				
	3	Pesas: general y específico				
	4	Circuit training				
	5	Multilanzamientos				
OTROS	1	Flexibilidad y estiramientos				
	2	Cross				
	3	Acrobacia		Pértiga		
	4	Gimnasia			Pértiga	Pértiga Pértiga
	5	Juegos predeportivos y deportivos				

ESTUDIO INICIAL (FAMILIARIZACIÓN)
 APRENDIZAJE Y DESARROLLO TÉCNICO
 MEDIO DE ENTRENAMIENTO FUNDAMENTAL
 MEDIO DE ENTRENAMIENTO COMPLEMENTARIO
 MEDIO DE ENTRENAMIENTO FUNDAMENTAL A ALTA INTENSIDAD
 MEDIO DE ENTRENAMIENTO COMPLEMENTARIO A ALTA INTENSIDAD

Tabla 43. Volúmenes de entrenamiento en función de la edad (modificado de Vélez, 1999).

MEDIOS			14 años	15 años	16 años	17 años	18 años	19 años	20-22 años
Sesiones anuales	núm	± 20	170	=	+ 30	+ 30	+ 60	+ 60	+ 90
Semanas anuales	núm	± 4	40	=	+ 4	+ 4	+ 8	+ 8	+ 8
Sesiones semanales	núm		4	+ 1	+ 1	+ 2	+ 2	+ 3	+ 2-5
Competiciones	núm	± 4	18	=	+ 4	+ 4	+ 6	+ 6	+ 8
- De saltos	núm	± 2	10	=	+ 4	+ 4	+ 8	+ 8	+ 10
- Otras	núm	± 2	8	=	=	=	- 2	- 2	- 2
TÉCNICA	Saltos carrera completa	núm	± 50	200	+ 200	+ 400	+ 650	-	-
	Intensidad alta	núm	± 50	-	-	-	-	600	+ 200
	Intensidad media	núm	± 50	-	-	-	-	550	- 100
	Saltos carrera media	núm	± 50	700	+ 250	- 200	- 100	- 250	- 350
	Saltos y ejercicios c. corta	núm	± 50	700	+ 250	+ 100	+ 150	- 250	- 350
	Talonamientos	núm	± 50	250	+ 50	+ 50	+ 75	+ 75	+ 100
SALTOS	Multisaltos alternos	núm	± 500	1500	+ 1000	+ 2000	+ 3500	+ 4500	+ 3500
	Multi. sucesivos y mixtos	núm	± 500	1000	+ 500	+ 1000	+ 1500	+ 2000	+ 3000
	Botes pies juntos vallas	núm	± 1000	7000	+ 5000	+ 7000	+ 9000	+ 9000	+ 9000
	Botes pliométricos	núm	± 50	-	350	+ 25	+ 50	+ 450	+ 650
FUERZA	Fuerza con pesas	Tm	± 25	-	150	+ 50	+ 100	-	-
	F. máxima	Tm	± 50	-	-	-	-	250	+ 50
	F. explosiva	Tm	± 50	-	-	-	-	200	+ 30
	Potencia general y circuit training	h	± 10	80	+ 10	+ 20	+ 20	+ 20	+ 20
	Multilanzamientos	núm	± 500	3000	+ 500	+ 1000	+ 2000	+ 500	- 500
CARRERA	Distancias cortas	km	± 2	12	+ 8	+ 13	+ 18	+ 21	+ 21
	Distancias largas	km	± 10	40	+ 10	+ 15	+ 20	+ 30	+ 40
	Vallas	km	± 0.5	2	+ 2	+ 3	+ 3	+ 4	+ 4
COMPL.	Gimnasia, acrobacia	h	± 5	30	- 5	+ 5	+ 15	+ 15	+ 15
	Juegos deportivos, natación	h	± 5	55	- 30	- 20	- 20	- 20	- 20
	Cross	km	± 10	40	+ 10	+ 25	+ 25	+ 25	+ 25
	Teoría	h	± 5	30	30	=	=	- 5	- 10

Estos valores de referencia del trabajo a nivel físico y de entrenamiento se encuentran muy estructurados y se hace referencia a cada edad cronológica del proceso de formación del saltador. Sin embargo, no hay una guía de cómo se estructura y evoluciona la enseñanza/aprendizaje/entrenamiento de los diferentes aspectos técnicos del gesto. Se toma de referencia el valor de los parámetros cinemáticos de los saltadores de máximo nivel internacional, pero no hay ninguna guía o referencia de cómo evoluciona la técnica a lo largo del proceso de formación. Esto representa un problema a nivel de aplicación práctica, ya que esos valores se alejan de los saltadores de altura de inferior edad y que pertenecen al alto rendimiento.

2.8.4. Problema de investigación

En categoría senior, el modelo de eficacia técnica se encuentra construido a partir de los modelos individuales de los saltadores de máximo nivel internacional. Sin embargo, no se tiene referencia de los abordajes progresivos de la técnica para llegar a este modelo de eficacia. Esta carencia podría ser la causa de los defectos técnicos de los saltadores de categoría senior (Bothmischel, 1990). Se debe a que el modelo de eficacia de categoría senior se asume como válido para todas las edades, sin tener en cuenta que los atletas pertenecientes a categorías inferiores no son adultos en miniatura, sus músculos son más pequeños, sus extremidades proporcionalmente más cortas, y su control motor puede no estar desarrollado (Brown, 1995).

En la revisión realizada no se ha encontrado ningún estudio que analice la evolución de la técnica. Únicamente se ha encontrado un estudio en el que se analizan a los finalista en el Campeonato del Mundo junior de salto de altura (Conrad y Ritzdorf, 1986). Se trata de cuatro hombres y cuatro mujeres con un rendimiento comprendido entre 2.19-2.25 m y 1.86-1.92 m, respectivamente. Las principales características que se concluyen son: la disminución en la longitud del paso al aproximarse a la batida, la elevada velocidad horizontal al final de la carrera de aproximación, la reducción significativa de la velocidad horizontal durante el último paso, y el descenso del CM en el momento de iniciar el contacto para la batida. Además, se afirma que la efectividad de la batida aumenta cuando se inicia y se finaliza la acción con la pierna de batida extendida.

El principal problema encontrado en este estudio es el número reducido de saltadores estudiados. Además, se trata de los saltadores y saltadoras de máximo nivel internacional y no se disponen de referencias a los modelos técnicos utilizados por otras categorías de edad. Este estudio concluye unas características en la forma de ejecutar la técnica del salto de altura que no son ni aplicables ni comparables con otros saltadores debido a las características mencionadas. Los resultados del estudio que a continuación se desarrolla aportaran valores reales para cada variable de rendimiento, pudiendo establecer diferencias entre categorías de edad y sexos.

La presente tesis doctoral busca describir la forma de salto y saber cómo evoluciona, lo que permite definir los aspectos claves que debe cumplir un salto de altura para obtener como resultado una buena ejecución técnica. El objetivo de este estudio es poder determinar la evolución del modelo técnico de rendimiento y cuáles son los aspectos claves que más influencia tienen sobre la altura saltada en diferentes categorías de edad. Se estudian las diferentes fases del salto: ante-salto (dos últimos pasos de carrera), batida, y vuelo (fase aérea más el paso del listón).

3. OBJETIVOS

A partir de la problemática actual sobre el modelo de rendimiento para la prueba de salto de altura surgen los siguientes objetivos:

1. Determinar cómo evoluciona el modelo de eficacia técnico para la prueba de salto de altura en las diferentes categorías de edad (cadete, junior, y senior) en hombres y en mujeres de máximo rendimiento nacional.
2. Determinar cuáles son los aspectos claves que más influyen sobre la altura saltada en relación al proceso de formación en saltadores y saltadoras de altura de élite nacionales.
3. Establecer los valores para los parámetros cinemáticos que definen el modelo técnico de rendimiento del salto de altura en función de la categoría de edad, del sexo, y del nivel de rendimiento.

4. MÉTODO

4.1. PARTICIPANTES

Se analizaron 69 modelos técnicos individuales pertenecientes a saltadores de altura de tres grupos de edad: cadete (nacidos entre los años 1994 y 1995), junior (nacidos entre los años 1990 y 1991), y senior (de cualquier edad hasta los 35 años). De todos ellos, 37 pertenecían a hombres (11 en cadete, 13 en junior, y 13 en senior) y 32 a mujeres (11 en cadete, 9 en junior, y 12 en senior). Sus características resumidas se exponen en la tabla 44. En los anexos 3 y 4 se exponen de forma individualizada en hombres y mujeres, respectivamente. Estos modelos técnicos, seleccionados por muestreo intencionado, correspondían al mejor salto válido y fueron ejecutados en la final del Campeonato de España en pista cubierta (2008/2009), cuya participación queda determinada por una marca mínima impuesta por la RFEA (tabla 45). El objetivo fue definir el modelo cinemático de eficacia a partir del análisis de los modelos técnicos individuales.

Tabla 44.

Características de los participantes.

Categoría	Edad	Estatura (m)	MMP (m)	Resultado (m)
Hombres (n=37)				
Cadete (n=11)	14.18 ± 0.75	1.70 ± 0.04	1.74 ± 0.03	1.70 ± 0.06
Junior (n=13)	17.69 ± 0.48	1.80 ± 0.04	1.97 ± 0.09	1.95 ± 0.11
Senior (n=13)	25.38 ± 5.67	1.89 ± 0.05	2.13 ± 0.07	2.10 ± 0.09
Mujeres (n=32)				
Cadete (n=11)	13.72 ± 0.46	1.63 ± 0.06	1.57 ± 0.04	1.55 ± 0.03
Junior (n=9)	17.88 ± 0.60	1.67 ± 0.07	1.61 ± 0.03	1.59 ± 0.05
Senior (n=12)	22.50 ± 5.82	1.69 ± 0.10	1.76 ± 0.08	1.73 ± 0.08

Tabla 45.

Marca mínima para el Campeonato de España en pista cubierta 2008/2009.

Género	Cadete	Junior	Senior
Hombres	1.72 m	1.90 m	2.08 m
Mujeres	1.53 m	1.57 m	1.70 m

4.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Por la existencia de seguimiento, se define como una investigación transversal-puntal. Se trata de un estudio de tipo observacional-descriptivo de la técnica del salto de altura y correlacional-causal de los parámetros de eficacia técnica. Se analizan las fases de ante-salto, batida, y vuelo y se establece una categorización de las variables cinemáticas más importantes en función de la edad y el género. Se estableció un diseño intra-grupo.

4.2.1. Variables de estudio

De cada salto se calcularon 46 variables cinemáticas de eficacia técnica. La organización de estas variables queda establecida de forma que se analizan: cinco duraciones, cinco distancias, siete alturas, 12 velocidades, y 17 ángulos. En el apartado de anexos (anexo 5) se expone una tabla resumen con el nombre, carácter, y abreviatura utilizada para cada variable. La variable edad permite diferenciar entre modelos técnicos de diferente categoría. La variable género permite diferenciar entre grupos de saltadores de diferente sexo (hombres y mujeres).

4.2.1.1. Duraciones

- **Duración del antepenúltimo apoyo (TCAPA):** Tiempo que transcurre entre el fotograma en el que el pie toma contacto con el suelo y un fotograma anterior a su despegue, dos apoyos anteriores a la realización de la batida. Se mide en segundos (s).
- **Duración de la penúltima fase aérea de carrera (TVPP):** Tiempo que transcurre entre el fotograma en el que se produce el despegue y un fotograma anterior al momento en el que el otro pie inicia el contacto, dos fases aéreas anteriores a la batida. Se mide en segundos (s).
- **Duración del penúltimo apoyo (TCPA):** Tiempo que transcurre entre el fotograma en el que el pie toma contacto con el suelo y un fotograma anterior a su despegue, un apoyo anterior a la realización de la batida. Se mide en segundos (s).
- **Duración de la última fase aérea de carrera (TVUP):** Tiempo que transcurre entre el fotograma en el que se produce el despegue y un fotograma anterior al momento en el que el otro pie inicia el contacto para la batida. Se mide en segundos (s).
- **Duración de la batida (TB):** Tiempo que transcurre entre el fotograma en el que el pie toma contacto con el suelo en la batida y un fotograma anterior a su despegue. Se mide en segundos (s).

La precisión en el cálculo de las duraciones se encuentra limitada por la sensibilidad de las cámaras (50 Hz). Esta frecuencia es suficiente para asegurar que la señal pueda ser reconstruida con precisión a partir de los valores discretos. Sin embargo, presenta un error al registrar acciones muy rápidas (error relativo). La forma de calcular este error es con la fórmula de porcentaje o coeficiente de variación. El porcentaje de error relativo (% ER) es el resultado de dividir la sensibilidad de registro (0.02 s) entre el valor calculado (VR) y multiplicar el resultado por 100. Se calcula que para tiempos de contacto en la batida el error relativo que se asume es del 16.6% (0.120 s) al 25% (0.200 s). Este error es lo suficientemente significativo como para que las afirmaciones realizadas en relación a esta variable no sean concluyentes, sino orientativas.

4.2.1.2. Distancias

- **Longitud del penúltimo paso (LPP):** Longitud de la línea recta que une el antepenúltimo apoyo y el penúltimo anterior a la realización de la batida, tomando como referencia el punto anatómico denominado pie. Se mide en metros (m).
- **Longitud del último paso (LUP):** Longitud de la línea recta que une el penúltimo apoyo y el contacto en el momento de iniciar la batida, tomando como referencia el punto anatómico denominado pie. Se mide en metros (m).
- **Distancia frontal de batida (DF):** Distancia entre el punto de batida y la proyección vertical del listón. Se toma como referencia el valor de la coordenada Y en el punto anatómico del pie de batida, donde el listón representa el valor de 0 en el sistema de referencias. Se mide en metros (m).
- **Distancia entre el CM y el apoyo en la batida (CM-AP):** Diferencia entre el valor de la coordenada X del centro de masas y el punto anatómico del pie de batida. Se mide en metros (m).
- **Recorrido vertical del CM durante la batida (ΔH):** Diferencia entre el valor de la coordenada Z del centro de masas en el fotograma anterior al despegue y el fotograma en el que se inicia el contacto para la batida. Se mide en metros (m).

4.2.1.3. Alturas

- **Altura del listón (H):** Valor de la coordenada Z tomando como referencia el punto medio del listón. Se mide en metros (m).
- **Altura del CM al inicio de la batida (H0):** Valor de la coordenada Z del centro de masas en el fotograma en el que el pie de batida inicia el contacto con el suelo. Se mide en metros (m).
- **Altura del CM al final de la batida (H1):** Valor de la coordenada Z del centro de masas en el fotograma anterior a la pérdida de contacto con el suelo. Se mide en metros (m).
- **Altura de vuelo (H2):** Diferencia entre el valor de la coordenada Z del centro de masas en el fotograma en el que se inicia el despegue tras la batida y la máxima altura alcanzada. Se mide en metros (m).
- **Eficacia de franqueo (H3):** Diferencia entre el valor máximo de la coordenada Z del centro de masas y la altura del listón. Se mide en metros (m).
- **Máxima altura del CM (Hmax):** Máximo valor de la coordenada Z para el centro de masas durante la acción de vuelo. Se mide en metros (m).
- **Altura del CM sobre el listón (HCML):** Diferencia entre el valor de la coordenada Z del centro de masas y la altura del listón cuando el valor de la coordenada Y registra un valor de 0. Se mide en metros (m).

4.2.1.4. Velocidades

- **Frecuencia del penúltimo paso (FPP):** Es el resultado de dividir uno entre la suma de los tiempos de contacto y vuelo del penúltimo paso de carrera (antepenúltimo contacto y penúltima fase aérea). Se mide en pasos por segundo (p/s).
- **Frecuencia del último paso (FUP):** Es el resultado de dividir uno entre la suma de los tiempos de contacto y vuelo del último paso de carrera (penúltimo contacto y última fase aérea). Se mide en pasos por segundo (p/s).
- **Velocidad horizontal del CM en el penúltimo paso (VhPP):** Velocidad instantánea del centro de masas en su eje de desplazamiento X en el fotograma en el que el pie pierde contacto con el suelo en el penúltimo paso. Se mide en metros por segundo (m/s).
- **Velocidad horizontal del CM en el último paso (VhUP):** Velocidad instantánea del centro de masas en su eje de desplazamiento X en el fotograma en el que el pie pierde contacto con el suelo en el último paso. Se mide en metros por segundo (m/s).
- **Velocidad angular del brazo de la pierna libre al final de la batida (VBPL):** Velocidad angular del segmento correspondiente al brazo de la pierna libre (hombro-codo) con eje de giro en la articulación del hombro, un fotograma anterior al despegue de la batida. Se mide en grados por segundo ($^{\circ}/s$).
- **Velocidad angular del brazo de la pierna de batida al final de la batida (VBPB):** Velocidad angular del segmento correspondiente al brazo de la pierna de batida (hombro-codo) con eje de giro en la articulación del hombro, un fotograma anterior al despegue de la batida. Se mide en grados por segundo ($^{\circ}/s$).

- **Velocidad angular de la pierna libre al final de la batida (VPL):** Velocidad angular del segmento correspondiente al muslo de la pierna libre (cadera-rodilla) con eje de giro en la articulación de la cadera, un fotograma anterior al despegue de la batida. Se mide en grados por segundo ($^{\circ}/s$).
- **Velocidad horizontal del CM al inicio de la batida (VhTD):** Velocidad instantánea del centro de masas en su eje de desplazamiento X en el fotograma en el que el pie toma contacto con el suelo para iniciar la batida. Se mide en metros por segundo (m/s).
- **Velocidad vertical del CM al inicio de la batida (VvTD):** Velocidad instantánea del centro de masas en su eje de desplazamiento Z en el fotograma en el que el pie toma contacto con el suelo para iniciar la batida. Se mide en metros por segundo (m/s).
- **Velocidad horizontal del CM al final de la batida (VhTO):** Velocidad instantánea del centro de masas en su eje de desplazamiento X en el fotograma anterior en el que el pie pierde el contacto con el suelo al finalizar la batida. Se mide en metros por segundo (m/s).
- **Velocidad vertical del CM al final de la batida (VvTO):** Velocidad instantánea del centro de masas en su eje de desplazamiento Z en el fotograma anterior en el que el pie pierde el contacto con el suelo al finalizar la batida. Se mide en metros por segundo (m/s).
- **Velocidad resultante (VR):** Velocidad instantánea del centro de masas correspondiente a la línea resultante de desplazamiento en el fotograma anterior en el que el pie pierde el contacto con el suelo al finalizar la batida. Se mide en metros por segundo (m/s).

4.2.1.5. Ángulos

- **Inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo (ILCAPA):** Ángulo formado entre el eje longitudinal del saltador y la horizontal del suelo desde un plano de visión frontal, en el fotograma en el que se produce el contacto del pie con el suelo en el penúltimo apoyo anterior a la batida. Se mide en grados (°).
- **Inclinación lateral en el penúltimo apoyo (ILCPA):** Ángulo formado entre el eje longitudinal del saltador y la horizontal del suelo desde un plano de visión sagital, en el fotograma en el que se produce el contacto del pie con el suelo en el último apoyo anterior a la batida. Se mide en grados (°).
- **Ángulo del antepenúltimo apoyo (t2):** Ángulo formado entre el eje longitudinal del pie y el listón en el fotograma en el que se produce el contacto del pie con el suelo en el penúltimo apoyo anterior a la batida. Se mide en grados (°).
- **Ángulo del penúltimo apoyo (t1):** Ángulo formado entre el eje longitudinal del pie y el listón en el fotograma en el que se produce el contacto del pie con el suelo en el último apoyo anterior a la batida. Se mide en grados (°).
- **Ángulo del apoyo en la batida (e1):** Ángulo formado entre el eje longitudinal del pie y el listón en el fotograma en el que se produce el contacto del pie con el suelo en la batida. Se mide en grados (°).
- **Ángulo del CM en la fase aérea del penúltimo paso (P2):** Ángulo que forma el listón con la fase aérea del centro de masas en el penúltimo paso. Se utiliza el fotograma correspondiente al inicio de la fase aérea. Se mide en grados (°).
- **Ángulo del CM en la fase aérea del último paso (P1):** Ángulo que forma el listón con la fase aérea del centro de masas en el último paso. Se utiliza el fotograma correspondiente al inicio de la fase aérea. Se mide en grados (°).

- **Ángulo de entrada a la batida (P0):** Ángulo que forma el listón con la fase aérea del centro de masas en el fotograma en el que se produce el despegue tras la batida. Se mide en grados (°).
- **Ángulo de la rodilla al inicio de la batida (KTD):** Ángulo formado entre los segmentos del muslo y la pierna en el fotograma en el que se produce el contacto del pie en la batida. Se mide en grados (°).
- **Ángulo de la rodilla en el sostén (KL):** Menor ángulo formado entre los segmentos del muslo y la pierna durante la batida. Se mide en grados (°).
- **Ángulo de la rodilla al final de la batida (KTO):** Ángulo formado entre los segmentos del muslo y la pierna en el fotograma anterior al despegue tras la batida. Se mide en grados (°).
- **Ángulo del apoyo al inicio de la batida (ATD):** Ángulo formado entre la línea que une talón con centro de masas y un plano vertical perpendicular a la dirección de la velocidad del centro de masas, en el fotograma en el que se produce el contacto del pie con el suelo en la batida. Se mide en grados (°).
- **Inclinación lateral al inicio de la batida (ILTD):** Ángulo formado entre el eje longitudinal del saltador y la horizontal del suelo desde un plano de visión frontal, en el fotograma en el que se produce el contacto del pie con el suelo en la batida. Se mide en grados (°).
- **Inclinación antero-posterior al inicio de la batida (IATD):** Ángulo formado entre el eje longitudinal del saltador y la horizontal del suelo desde un plano de visión sagital, en el fotograma en el que se produce el contacto del pie con el suelo en la batida. Se mide en grados (°).
- **Inclinación lateral al final de la batida (ILTO):** Ángulo formado entre el eje longitudinal del saltador y la horizontal del suelo desde un plano de visión frontal, en el fotograma anterior a la pérdida de contacto del pie con el suelo al final de la batida. Se mide en grados (°).

- **Inclinación antero-posterior al final de la batida (IATO):** Ángulo formado entre el eje longitudinal del saltador y la horizontal del suelo desde un plano de visión sagital, en el fotograma anterior a la pérdida de contacto del pie con el suelo al final de la batida. Se mide en grados (°).
- **Ángulo de proyección en la batida (α):** Ángulo formado entre la trayectoria del centro de masas en el momento del despegue y la horizontal. Se mide en grados (°).

4.3. MATERIAL

Se distingue entre el material de campo, utilizado en las filmaciones de los campeonatos, y el material de laboratorio, utilizado en el análisis de los saltos y obtención de las variables. Además, se detallan los recursos humanos que han colaborado en el trabajo de campo, ya que las filmaciones requieren que diferentes personas participen en el proceso.

4.3.1. Material de campo

- 2 niveles.
- 2 escuadras.
- 2 postes de aluminio de 2,92 m de longitud, con base cuadrada de 0.36 m², y marcas de 0.02 m de ancho cada 0.5 m.
- 3 trípodes.
- 2 cámaras digitales mini dv **Sony Handycam DCR-SR30E** y 1 cámara digital de disco duro **JVC Everio CU-VC3U**.
- 12 cintas mini dv Fuji.
- 1 cinta métrica de 15 m.

4.3.2. Material de laboratorio

- Hardware:
 - Disco duro multimedia grabadora **Peekbox 200**, con capacidad de 750 giga bites (GB).
 - Televisión **Sony Bravia KDL-40V**.
 - Ordenador **Compaq Presario** con procesador **Intel Pentium 4** a 3.4 GHz, 512 Mb de RAM y tarjeta gráfica **NVIDIA GeForce FX 5500** con resolución de 1024 x 728 pixeles.
 - Disco duro **Trekstor 3.5''** con capacidad de 1000 GB.

- Software:
 - VirtualDub mpg ver. 2.0 (VirtualDub Org.).
 - Adobe Premiere ver. 6.0 (Adobe Systems Inc., U.S.).
 - Kwon 3D ver. 3.1 (Visol Inc., Korea).
 - Kinematic Data Analyzer ver. 1.0 (creación propia).
 - Microsoft Office Excel 2003 (Microsoft Inc., Redmond, Wash).
 - SPSS ver. 15.0 (SPSS Inc, Chicago, IL).

4.3.3. Recursos humanos

Este tipo de estudio requiere la colaboración de personas. Se contó con la participación de dos alumnos internos de la Universidad Católica San Antonio de Murcia, pertenecientes al departamento de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Estos alumnos fueron informados del propósito del estudio, así como funciones que iban a desempeñar en el trabajo de campo. Su función en la investigación fue la de operadores de cámara y ayudantes en la ubicación del marco de calibración.

4.4. PROCEDIMIENTO

El procedimiento de investigación se divide en tres fases: fase previa a la grabación de los campeonatos, fase de grabación de los saltos, y finalmente fase de análisis de los modelos técnicos individuales.

4.4.1. Fase previa a la grabación

Se requirió de una autorización por parte de la RFEA: a) para obtener las acreditaciones que permitieran entrar la pista, y b) para poder filmar a los participantes. Se establecieron contactos telefónicos y vía e-mail, a través de la Federación Murciana de Atletismo (FAMU) y la Universidad Católica San Antonio de Murcia (UCAM). En estos contactos se comunicó el propósito y los objetivos que se perseguían, así como condiciones bajo las cuales se iba a realizar el estudio y acciones que se iban a desarrollar en la pista. Se obtuvieron las acreditaciones que daban acceso a las zonas del recinto en las que sólo tenían acceso los jueces y atletas, así como información sobre la instalación.

4.4.2. Fase de grabación

Los saltos fueron grabados en pista cubierta, que ofrece condiciones ambientales continuas e iluminación constante y a la misma intensidad. Se realizó durante los Campeonatos de España cadete, junior, y senior. Las fechas de celebración, así como el listado de atletas inscritos, fueron comunicadas por la RFEA en su página web oficial (tabla 46).

Tabla 46.

Información sobre la celebración de los campeonatos.

Campeonato	Lugar	Fecha
Cadete	Oviedo	21 y 22 de marzo
Junior	San Sebastián	14 y 15 de febrero
Senior	Sevilla	21 y 22 de febrero

4.4.2.1. Sistema de registro

Se utilizaron tres cámaras de vídeo digital. La calidad de la imagen en todas las cámaras tenía una resolución de 720 x 576 píxeles. La distancia focal de las cámaras fue incrementada para maximizar el tamaño del fotograma e incrementar la distancia por píxel (máximo de 1.5 cm/píxel).

4.4.2.2. Ubicación de las cámaras

Las cámaras estaban estáticas y con el campo de visión inmóvil. Se ubicaron alrededor del listón en posiciones elevadas, estables, y compactas, separadas lateralmente 30 m (gráfico 24). Este valor no se tuvo en cuenta en la fase de análisis por no ser significativo en la exactitud del cálculo de las coordenadas 3D utilizando Transformación Linear Directa (DLT) (Wood y Marshall, 1986). El ángulo formado entre el eje óptico de la cámara central y las cámaras laterales era próximo a los 90°, tal y como aconsejan Soto (1995) y Wood y Marshall (1986). Esta orientación permite obtener una reconstrucción espacial precisa mediante DLT, ya que es la situación geométrica adecuada para la determinación de las coordenadas 3D de un punto (Abdel-Aziz y Karara, 1971). Además, se encuentra dentro del rango de 35° (Chen, Armstrong, y Raftopoulos, 1994) y 140° (Soto, 1995), a partir del cual se producen errores estadísticamente significativos en la reconstrucción de la profundidad. El criterio para seleccionar esta orientación fue reducir el número de puntos ocultos (Gruen, 1997).

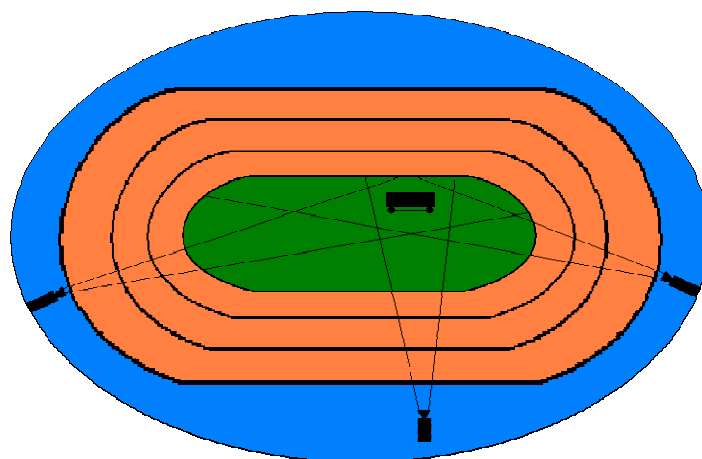


Gráfico 24. Esquema, en visión cenital, de la ubicación de las cámaras.

4.4.2.3. Frecuencia de muestreo y velocidad de obturación

La frecuencia de muestreo utilizada fue de 50 fotogramas por segundo (fps), máximo permitido en el sistema europeo (PAL). Esta frecuencia se encuentra en el límite de lo aceptable para el salto de altura (Nolan y Patrilli, 2008). El ajuste de la velocidad de obturación se realizó de forma manual a 1/1000 s. Esta situación del obturador se muestra válida para el salto de altura ejecutado en condiciones indoor (Van Gheluwe, Roosen, y Desloovere, 2003).

4.4.2.4. Calibración de la cámara

El marco de calibración utilizado se grabó antes y después de la competición. Se trataba de un prisma rectangular formado por cuatro barras verticales independientes y tenía unas medidas de 10 m de ancho \times 5 m de profundidad \times 2.92 m de altura (gráfico 25). Este objeto control 3D cubría el espacio necesario para realizar los dos últimos pasos de carrera, la batida, y el vuelo. De esta manera, se cumple el criterio establecido por Challis (1995), Challis y Kerwin (1992), y Gazzani (1993) de que la región de control abarque toda la acción técnica analizada. El prisma rectangular tenía un total de 28 puntos de control. Su distribución perimetral se fijó tomando como referencia el estudio de Challis y Kerwin (1992), que concluyen esta distribución espacial como la mejor alternativa entre otras opciones. Aunque el límite de puntos a partir del cual no se producen mejoras estadísticamente significativas se fija en 24 (Chen et al., 1994), en este estudio se opta por añadir cuatro puntos adicionales.

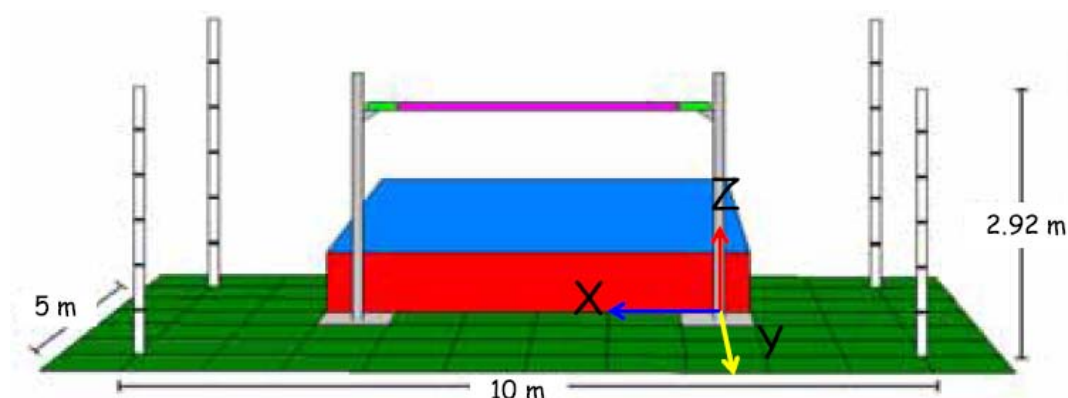


Gráfico 25. Sistema de referencias.

4.4.2.5. Grabación de los saltos y desarrollo de la competición

Las cámaras se encontraban conectadas por cable directamente a la red eléctrica. Se grabó intermitentemente. La cámara se ponía en marcha cuando el saltador iniciaba la carrera y se detenía cuando contactaba con la colchoneta. Para evitar movimientos en las cámaras, cada operario accionaba su cámara con un mando a distancia.

Se realizó una toma de datos de forma manual mediante una planilla (anexo 6), especificando el número de salto, dorsal del saltador, altura a franquear, número de intento sobre la altura, y registrando si franquea o no exitosamente. Con la utilización de esta planilla se pudo verificar la correspondencia de las secuencias de imágenes grabadas con el desarrollo de la competición. Las hojas de desarrollo de la competición (anexos 7-12) permiten establecer la clasificación final. Se filmaron un total de 540 saltos, 285 en categoría masculina (86 en cadete, 116 en junior, y 83 en senior) y 255 en categoría femenina (88 en cadete, 84 en junior, y 83 en senior).

4.4.3. Fase de laboratorio

La fase de laboratorio tuvo los siguientes pasos: visionado de las imágenes a través de conexión directa desde la cámara a la televisión (comprobando la correspondencia de las hojas de registro con la información de las cintas de vídeo, la estabilidad de la imagen, y su claridad), captura de las imágenes grabadas y edición de los vídeos, análisis de los saltos realizando digitalización manual, obtención de las variables a través del procesamiento de las coordenadas 3D, y tratamiento estadístico de los resultados.

4.4.3.1. Captura de imágenes y edición de los vídeos

Las imágenes filmadas se transfirieron directamente de las cámaras al disco duro. Fue necesario procesar todos los videos en el programa *VirtualDub mpg2* para modificar su formato y convertirlo en una extensión "avi". La edición de los vídeos se realizó con el programa *Adobe Premiere 6.0*. Este programa tiene la capacidad de reproducir a 50 fotogramas por segundo mediante un proceso automático de desentrelazado de la imagen. En los saltos almacenados quedaba

registrado el salto completo de cada atleta. Se guardaron también las secuencias de imágenes correspondientes al marco de calibración.

4.4.3.2. Modelo mecánico del saltador

Se utilizó un modelo generalizado de segmentos rígidos articulados (Soto y Gutiérrez, 1996). De esta forma, el cuerpo quedaba representado como un sistema de palancas (Nordin y Frankel, 2001). Se trataba de un modelo inalámbrico habitual a partir de 14 segmentos formados por 22 puntos (utilizado por Alcaraz, Palao, Elvira, y Linthorne, 2008) (gráfico 26 y 27), de los cuales 20 son reales (los que se marcan en los fotogramas para digitalizar al saltador) y dos auxiliares (centro de hombros y centro de caderas), que se crean automáticamente por el programa de análisis al unir dos puntos reales. Para determinar los puntos anatómicos se utilizó un modelo humano basado en centros de rotación articulares y puntos anatómicos (tabla 47 y 48). La localización de los centros de rotación articular se realizó siguiendo la recomendación propuesta por De Leva (1996), determinar el eje longitudinal medial de los segmentos implicados en la articulación y localizar la intersección de las dos líneas.

Para la representación del saltador fue necesario conocer la masa, el vector posición del centro de masas, y los momentos inercia (I_{xx} , I_{yy} , e I_{zz}) (Yeadon y King, 2008). Se utilizaron los parámetros inerciales corporales aportados por De Leva (1996), adaptados de los datos de Zatsiorsky y Seluyanov (1985). Se diferenció entre el modelo masculino y femenino, que tienen parámetros ligeramente diferentes. Estos parámetros corrigen el error de estudios anteriores con cadáveres (Clauser, Mc Conville, y Young, 1986) o con grandes muestras que toman como referencia las marcas óseas en vez de centros articulares y puntos anatómicos (Zatsiorsky, Seluyanov, y Chugunova, 1990).

Tabla 47.

Descripción de los puntos que componen el modelo mecánico del saltador.

Nº	Nombre	Tipo	Nº	Nombre	Tipo
1	Vertex	Punto anatómico	12	Cadera Der.	Centro articular
2	Mandíbula	Punto anatómico	13	Rodilla Der.	Centro articular
3	Hombro Der.	Centro articular	14	Tobillo Der.	Centro articular
4	Codo Der.	Centro articular	15	Talón Der.	Punto anatómico
5	Muñeca Der.	Centro articular	16	Pie Der.	Punto anatómico
6	Mano Der.	Punto anatómico	17	Cadera Izq.	Centro articular
7	Hombro Izq.	Centro articular	18	Rodilla Izq.	Centro articular
8	Codo Izq.	Centro articular	19	Tobillo Izq.	Centro articular
9	Muñeca Izq.	Centro articular	20	Talón Izq.	Punto anatómico
10	Mano Izq.	Punto anatómico	21	Pie Izq.	Punto anatómico
11	Centro hombros	Unión 3 y 7	22	Centro caderas	Unión 12 y 17

Tabla 48.

Definición de los segmentos que forman el modelo mecánico.

Nº	Segmento	Punto proximal	Punto distal
1	Cabeza	Vértex	Mandíbula
2	Tronco	Centro entre hombros	Centro entre caderas
3	Brazo Derecho	Hombro derecho	Codo derecho
4	Antebrazo Derecho	Codo derecho	Muñeca derecha
5	Mano Derecho	Muñeca derecha	Articulación dedo medio
6	Brazo Izquierdo	Hombro izquierdo	Codo izquierdo
7	Antebrazo Izquierdo	Codo izquierdo	Muñeca izquierda
8	Mano Izquierdo	Muñeca izquierda	Articulación dedo medio
9	Muslo Derecho	Cadera derecha	Rodilla derecha
10	Pierna Derecho	Rodilla derecha	Tobillo derecho
11	Pie Derecho	Tobillo derecho	Punto distal metatarsiano
12	Muslo Izquierdo	Cadera izquierda	Rodilla izquierda
13	Pierna Izquierdo	Rodilla izquierda	Tobillo izquierdo
14	Pie Izquierdo	Tobillo izquierdo	Punto distal metatarsiano

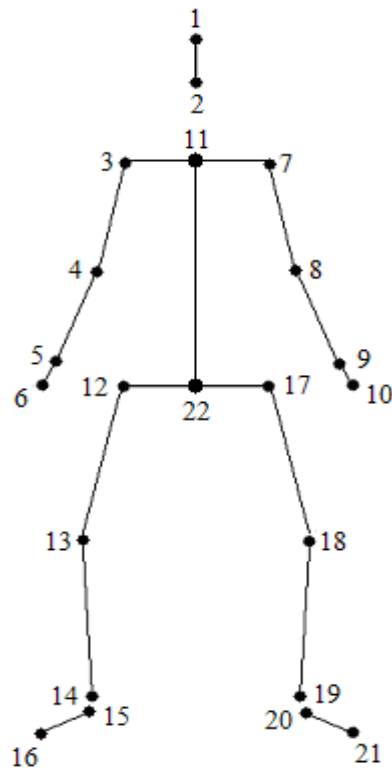
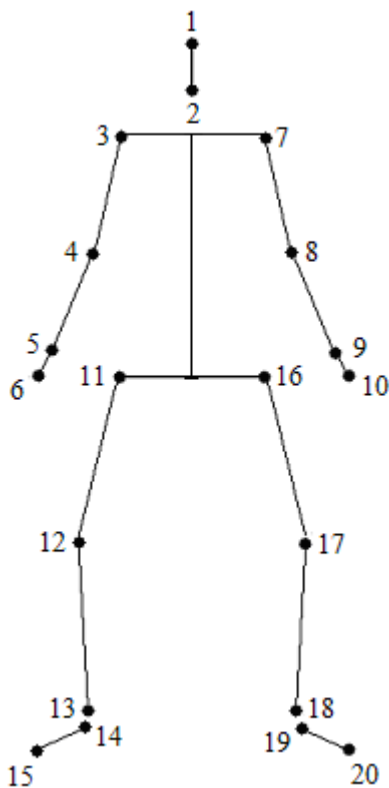


Gráfico 26. Modelo mecánico digitalizado. Gráfico 27. Modelo mecánico reconstruido.

La digitalización de este modelo se realizó de forma manual con ausencia de marcadores. El método utilizado se basaba en el seguimiento de un solo punto a lo largo de toda la secuencia de imágenes, ya que resulta más preciso (menos error al marcar fuera del punto real, necesitando menos suavizado) en comparación con el marcado de todos los puntos fotograma a fotograma (Bahamonde y Stevens, 2006). Fueron efectuadas por un único especialista, el investigador principal, estableciendo un criterio al comienzo de la tarea (entrenamiento/aprendizaje previo) y manteniéndolo durante todo el proceso. Este tipo de digitalización es menos precisa y produce una estimación menos fiable de la variabilidad del movimiento que la realizada de forma automática (Wilson, Smith, Gibson, Choe, Gaba, y Voelz, 1999) o de forma manual utilizando marcadores (Bartlett, Bussey, y Flyger, 2006). Sin embargo, en este tipo de estudios resulta imposible colocar marcadores corporales.

4.4.3.3. *Calibración del espacio*

Se digitalizaron todos los puntos del sistema de referencias correspondiente a cada campeonato y categoría, creando un fichero. Para poder digitalizar se introdujeron en el programa los valores expresados en centímetros correspondientes a los ejes de coordenadas X, Y, y Z (tabla 49). Este fichero era la base sobre la cual se digitalizaban los saltadores. Se digitalizó un total de cinco veces, de forma que el programa calculaba el error medio en la reconstrucción. Para hombres, este error de calibración fue de 8.6 mm para el campeonato cadete, 9.3 mm para el junior, y 8.8 mm para el senior. En mujeres, el error fue de 8.6 mm para el campeonato cadete, 8.9 mm para el junior, y 9.9 mm para el senior.

Tabla 49.

Coordenadas 3D de los puntos que forman el sistema de referencias.

Punto	X	Y	Z
1	0.00	-150.00	0.00
2	0.00	-150.00	50.00
3	0.00	-150.00	100.00
4	0.00	-150.00	150.00
5	0.00	-150.00	200.00
6	0.00	-150.00	250.00
7	0.00	-150.00	292.00
8	0.00	350.00	0.00
9	0.00	350.00	50.00
10	0.00	350.00	100.00
11	0.00	350.00	150.00
12	0.00	350.00	200.00
13	0.00	350.00	250.00
14	0.00	350.00	292.00
15	1000.00	350.00	0.00
16	1000.00	350.00	50.00
17	1000.00	350.00	100.00
18	1000.00	350.00	150.00
19	1000.00	350.00	200.00
20	1000.00	350.00	250.00
21	1000.00	350.00	292.00
22	1000.00	-150.00	0.00
23	1000.00	-150.00	50.00
24	1000.00	-150.00	100.00
25	1000.00	-150.00	150.00
26	1000.00	-150.00	200.00
27	1000.00	-150.00	250.00
28	1000.00	-150.00	292.00

4.4.3.4. Sincronización de las cámaras

En este estudio las cámaras no estaban sincronizadas mecánicamente entre sí porque no tienen esa posibilidad. Sin embargo, el programa de análisis utilizado era capaz de realizar una sincronización por software. Se utilizó la unión con series de eventos sincronizados y posteriormente la interpolación de datos a través de las funciones *Splines de 5º orden*. La correspondencia entre los fotogramas de las cámaras se determinó por el momento de ocurrencia de los mismos (Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990). Los instantes tomados en la investigación abarcaban: el inicio de la acción técnica cuatro fotogramas anteriores al contacto del pie en el antepenúltimo apoyo (Sync Event 0), contacto antepenúltimo apoyo (CAPA), contacto penúltimo apoyo (CPA), contacto batida (CB), despegue batida (DB), y contacto colchoneta (CC).

4.4.3.5. Criterios de fiabilidad

Se realizó un estudio de la reproducibilidad del proceso de digitalización. Puesto que no existe un modelo de referencia con el que comparar las digitalizaciones, lo que se hizo fue comparar el nivel de estabilidad en las marcaciones ante una medida repetida. Para ello, se seleccionó un salto al azar y se digitalizó repitiendo el proceso siete veces, utilizando las cinco últimas para calcular la fiabilidad. Se comprobaron los valores de las coordenadas 3D sin suavizar a través del análisis del índice de correlación intraclase (tabla 50), de la varianza (tabla 51), y desviaciones típicas máximas (tabla 52). Esta fase sirvió como entrenamiento al investigador.

Tabla 50.

Coeficiente de correlación intraclase (ICC).

Medidas	Correlación <i>Intraclase(a)</i>	Intervalo de confianza 95%		Pueba F valor verdadero 0			
		<i>Límite superior</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Valor</i>	<i>gl1</i>	<i>gl2</i>	<i>Sig.</i>
individuales	1.000(b)	1.000	1.000	174021.543	65	260	.000
promedio	1.000	1.000	1.000	174021.543	65	260	.000

Nota: (a) Coeficientes de correlación intraclase de tipo C utilizando una definición de coherencia, la varianza inter-medidas se excluye de la varianza del denominador; (b) El estimador es el mismo, ya esté presente o no el efecto de interacción.

Tabla 51.

Resultados del análisis de la varianza (ANOVA).

Evento	Grupos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CAPA	Inter-grupos	19.519	4	4.880	.000	1.000
CAPA	Intra-grupos	7289126.743	325	22428.082	-	-
CAPA	Total	7289146.263	329	-	-	-
CPA	Inter-grupos	4.106	4	1.027	.000	1.000
CPA	Intra-grupos	1026659.035	325	3158.951	-	-
CPA	Total	1026663.142	329	-	-	-
CB	Inter-grupos	43.356	4	10.839	.001	1.000
CB	Intra-grupos	2370983.227	325	7295.333	-	-
CB	Total	2371026.583	329	-	-	-
DB	Inter-grupos	21.467	4	5.367	.000	1.000
DB	Intra-grupos	5047385.486	325	15530.417	-	-
DB	Total	5047406.953	329	-	-	-
CC	Inter-grupos	14.933	4	3.733	.000	1.000
CC	Intra-grupos	27472017.782	325	84529.285	-	-
CC	Total	27472032.714	329	-	-	-

Leyenda: CAPA= contacto antepenúltimo apoyo; CPA= contacto penúltimo apoyo; CB= contacto para la batida; DB= despegue tras la batida; CC= contacto con la colchoneta.

En la tabla 52 se muestran los resultados pertenecientes a las SD máximas de los ejes de coordenadas en los puntos que definen al saltador. Se realiza con las cinco digitalizaciones del mismo salto y tomando como referencia los cinco instantes característicos del salto (contacto del antepenúltimo apoyo, contacto del penúltimo apoyo, contacto para la batida, despegue de la batida, y contacto con la colchoneta).

Tabla 52.

Valores de las desviaciones típicas máximas (cm) en los cinco instantes a partir de cinco digitalizaciones del mismo salto.

Nº	Punto	CAPA	CPA	CB	DB	CC
1	Vértex	0.80	0.63	1.09	1.07	0.36
2	Mandíbula	0.62	0.36	0.63	0.64	0.74
3	Mano D	1.08	0.85	1.02	0.82	1.37
4	Muñeca D	1.39	0.97	0.81	1.33	1.61
5	Codo D	1.19	0.86	1.27	0.80	1.18
6	Hombro D	1.08	0.87	0.89	0.71	0.67
7	Hombro I	0.58	1.23	1.41	1.94	0.80
8	Centro H.	0.67	0.71	0.97	1.32	0.37
9	Codo I	1.66	1.15	1.16	0.85	1.30
10	Muñeca I	0.66	0.42	0.55	1.11	0.86
11	Mano I	1.05	0.52	0.65	0.99	1.21
12	Punta Pie D	2.13	1.39	1.18	0.85	0.88
13	Talón D	2.61	0.99	0.83	0.90	1.60
14	Tobillo D	1.01	0.54	0.71	0.60	1.14
15	Rodilla D	0.78	0.96	0.68	0.75	0.80
16	Cadera D	0.54	0.86	0.89	1.11	1.02
17	Cadera I	0.59	0.48	0.83	0.69	0.66
18	Centro C.	0.56	0.46	0.85	0.90	0.39
19	Rodilla I	0.66	0.71	0.69	0.74	0.47
20	Tobillo I	0.53	0.80	0.76	0.88	0.40
21	Talón I	0.62	0.46	0.58	0.62	0.73
22	Punta Pie I	1.37	0.87	1.82	0.52	1.17
		1.00	0.77	0.92	0.91	0.89

Legenda: CAPA= contacto antepenúltimo apoyo; CPA= contacto penúltimo apoyo; CB= contacto para la batida; DB= despegue tras la batida; CC= contacto con la colchoneta.

Los puntos del saltador que presentan una mayor desviación típica máxima son: mano derecha, muñeca derecha, codo derecho, hombro izquierdo, codo izquierdo, punta del pie derecho, talón derecho, y punta del pie izquierdo. Se ha realizado el análisis de la varianza ANOVA y del coeficiente de correlación intraclase (ICC). Se comprobó el grado de homogeneidad de la varianza aplicada a la muestra, dando como resultado que todos los grupos de datos obtenidos cumplían este criterio. La prueba de ANOVA y el ICC no mostraron existencia de diferencias estadísticamente significativas al comparar las digitalizaciones en cuatro eventos (CAPA, CPA, CB, DB). Se obtiene un valor ICC > 0.990 y no se encuentran diferencias al aplicar la prueba ANOVA.

4.4.3.6. Validez de la frecuencia de muestreo

Algunos estudios utilizan la frecuencia de 50 Hz, demostrándose suficiente para esta prueba (Bruggemann y Loch, 1992; Challis y Yeadon, 1992; Dapena, 1996; Dapena, 1997b; Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990; Han y Li, 2000; Isolehto et al., 2007; Tan y Yeadon, 2005; Nolan y Patrilli, 2008). Sin embargo, la cantidad de información de esta frecuencia de muestreo es limitada. En este tipo de investigaciones es necesario reflejar la variación en el valor calculado de las magnitudes absolutas y las magnitudes derivadas de los datos posición-tiempo. La tabla 53 muestra la variabilidad de estos parámetros en diferentes saltos.

Tabla 53.

Variabilidad en el cálculo de los parámetros cinemáticos.

Tipo de variables	Valor de las variables (rango)
Duración del antepenúltimo apoyo (s)	0.130 a 0.150 (0.02)
Duración de la penúltima fase aérea de carrera (s)	0.160 a 0.180 (0.02)
Duración del penúltimo apoyo (s)	0.110 a 0.130 (0.02)
Duración de la última fase aérea de carrera (s)	0.060 a 0.090 (0.03)
Duración de la batida (s)	0.190 a 0.200 (0.01)
Longitud del penúltimo paso (m)	2.16 a 2.23 (0.07)
Longitud del último paso (m)	1.79 a 1.82 (0.03)
Distancia frontal de batida (m)	0.72 a 0.76 (0.04)
Distancia entre el CM y el apoyo en la batida (m)	0.72 a 0.78 (0.06)
Recorrido vertical del CM durante la batida (m)	0.55 a 0.56 (0.01)
Altura del CM al inicio de la batida (m)	0.88 a 0.89 (0.01)
Altura del CM al final de la batida (m)	1.43 a 1.45 (0.02)
Altura de vuelo del CM (m)	0.82 a 0.85 (0.03)
Eficacia de franqueo del CM (m)	0.06 a 0.07 (0.01)
Altura máxima del CM (m)	2.27 a 2.28 (0.01)
Altura del CM sobre el listón (m)	2.27 a 2.28 (0.01)
Frecuencia del penúltimo paso (p/s)	3.22 a 3.57 (0.35)
Frecuencia del último paso (p/s)	5.00 a 5.55 (0.55)
Velocidad del penúltimo paso (m/s)	7.21 a 7.37 (0.16)
Velocidad del último paso (m/s)	7.00 a 7.21 (0.21)
Velocidad angular brazo de la pierna libre (°/s)	402.54 a 487.30 (84.76)
Velocidad angular brazo de la pierna de batida (°/s)	448.75 a 587.13 (138.38)
Velocidad angular pierna libre (°/s)	-19.08 a -70.83 (51.75)
Velocidad horizontal del CM al inicio de la batida (m/s)	6.61 a 6.80 (0.19)
Velocidad vertical del CM al inicio de la batida (m/s)	-0.08 a 0.12 (0.20)
Velocidad horizontal del CM al final de la batida (m/s)	3.18 a 3.31 (0.13)
Velocidad vertical del CM al final de la batida (m/s)	4.14 a 4.35 (0.21)
Velocidad resultante del CM (m/s)	5.24 a 5.43 (0.19)
Inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo (°)	63 a 65 (2)
Inclinación lateral en el penúltimo apoyo (°)	76 a 81 (5)
Orientación del pie en el antepenúltimo apoyo (°)	18 a 27 (9)
Orientación del pie en el penúltimo apoyo (°)	40 a 47 (7)
Orientación del pie en el contacto de la batida (°)	7 a 18 (11)
Ángulo del CM en la fase aérea del penúltimo paso (°)	45 a 46 (1)
Ángulo del CM en la fase aérea del último paso (°)	33 a 34 (1)
Ángulo de entrada a la batida (°)	31 a 35 (4)
Ángulo de la rodilla al inicio de la batida (°)	154 a 160 (6)
Ángulo de la rodilla en el sostén (°)	126 a 132 (6)
Ángulo de la rodilla al final de la batida (°)	165 a 169 (4)
Ángulo del apoyo al inicio de la batida (°)	36 a 37 (1)
Inclinación lateral al inicio de la batida (°)	76 a 78 (2)
Inclinación anterior al inicio de la batida (°)	73 a 78 (5)
Inclinación lateral al final de la batida (°)	103 a 107 (4)
Inclinación anterior al final de la batida (°)	87 a 91 (4)
Ángulo de batida del CM (°)	52 a 53 (1)

4.4.3.7. Nivel de extrapolación

Para conocer el número de puntos digitalizados fuera de la región de control se calculó el nivel de extrapolación (tabla 54). Se accedió a las coordenadas espaciales de la reconstrucción 3D de cada salto, anotando el número total de puntos marcados fuera del marco de calibración. Se obtuvo una media del 2.97% de puntos digitalizados fuera de la región de control.

Tabla 54.

Nivel de extrapolación en los saltos analizados.

Categoría	Puntos totales	Puntos fuera	Extrapolación (%)
Hombres			
Cadete	99540	1234	1.23
Junior	122580	6504	5.30
Senior	127620	5619	4.40
Mujeres			
Cadete	94560	907	0.95
Junior	78900	3310	4.19
Senior	108600	1928	1.77

4.4.3.8. Digitalización de los saltos

El número medio de fotogramas analizados en cada uno de los saltos fue de 225.79. Representa una media de 75.26 imágenes por cámara (tabla 55). En hombres, la media de imágenes analizadas fue de 233.63 (224.36 en categoría cadete, 233.15 en junior, y 243.38 en senior), esto es una media de 77.87 imágenes por cada cámara. En mujeres, la media de fotogramas digitalizados fue de 217.95 (212.54 en categoría cadete, 216.66 en junior, y 224.66 en senior), esto es una media de 72.65 imágenes por cámara.

Tabla 55.

Valores medios de los fotogramas digitalizados por categoría.

Categoría	L1	C	L2	Total
Hombres				
Cadete	74.27	75.63	74.45	224.36
Junior	77.92	77.46	77.76	233.15
Senior	81.38	81.53	80.46	243.38
Combinado	77.85	78.20	77.55	233.63
Mujeres				
Cadete	70.90	71	70.63	212.54
Junior	72.44	72.33	71.88	216.66
Senior	74.91	75.08	74.66	224.66
Combinado	72.75	72.80	72.39	217.95

Leyenda: H= hombres; M= mujeres; L1= cámara lateral izquierda; C= cámara central; L2= cámara lateral derecha.

4.4.3.9. *Reconstrucción espacial*

Sobre las coordenadas marcadas en la pantalla del ordenador el programa aplicaba interpolación de datos a 100 Hz. Este procedimiento es necesario realizarlo previamente al filtrado de datos no equiespaciados. Posteriormente, calculaba las coordenadas 3D de cada punto, a través de la base algorítmica de DLT (descrita por Abdel-Aziz y Karara, 1971). Se trata de un método común utilizado para el calibrado de las cámaras y posterior reconstrucción de los puntos filmados con dos o más cámaras en un espacio tridimensional (Challis y Kerwin, 1992; Yeadon y Morlock, 1989; Yu y Hay, 1993). Finalmente, sobre las coordenadas reales obtenidas se aplicaba un proceso de suavizado mediante la técnica basada en el filtrado digital de los datos posición-tiempo a través de un filtro *Butterworth* (desarrollado por Winter, Sidwall, y Hobson, 1974).

4.4.3.10. *Técnicas de ajuste de la señal-ruido*

Se realizó un proceso de interpolación de datos. Las señales temporales digitalizadas originalmente (50 Hz) se interpolaron a 100 Hz usando Splines de 5º orden (desarrolladas por Wood y Jennings, 1979). Además, para eliminar las frecuencias altas que producen el ruido en los datos se utilizó un filtro. Se trataba de un filtro *Low-pass Butterworth de 2º orden* con una frecuencia de corte óptima fijada en 6 Hz. Se trata de una frecuencia de corte habitual en este tipo de trabajos. Filtrando a 6 Hz datos de fotogrametría resulta válido para el posterior cálculo de velocidades y aceleraciones (Winter, Sidwall, y Hobson, 1974).

4.4.3.11. *Procesamiento de datos*

Se utilizó el programa *kinematic Data Analyzer 1.0*. Se procesaron las coordenadas 3D de los puntos obtenidos en la digitalización. Casi la totalidad de las variables se calculan automáticamente con este programa. Las fórmulas matemáticas utilizadas para su determinación se adjuntan en el apartado de anexos (anexo 13). Estas fórmulas utilizan los valores de las coordenadas espaciales obtenidas en el programa de análisis de las técnicas deportivas. Sin embargo, otras han de ser calculadas a partir de datos primarios. A continuación se detallan las consideraciones más importantes en la obtención de las variables.

4.4.3.11.1. Tiempos

Se calculan directamente sobre el vídeo correspondiente a cada salto, ya que se cuenta con una barra temporal.

4.4.3.11.2. Longitud del paso

La distancia de cada paso se calcula mediante el teorema de Pitágoras (gráfico 28). Se toma como referencia la línea recta que resulta al unir los puntos correspondientes a la punta del pie de un apoyo con el siguiente. A partir de aquí, se trazan dos líneas rectas en cada extremo (una paralela al listón y la otra perpendicular) de forma que se unan en un punto y formen un triángulo rectángulo. La longitud de los catetos "a" y "b" se puede calcular conociendo las coordenadas correspondientes al eje "x" e "y" del punto anatómico denominado punta del pie. La longitud del paso es igual a la raíz cuadrada de la suma del cuadrado de los catetos ($L^2 = a^2 + b^2$).

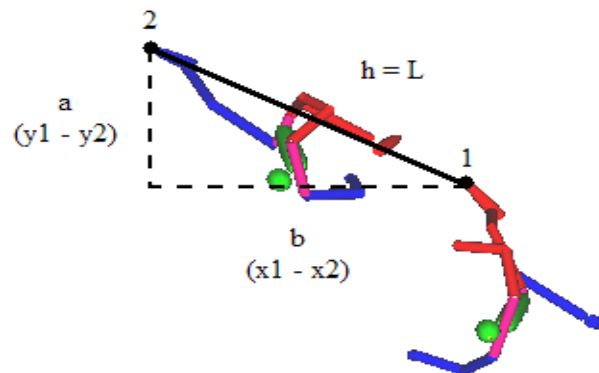


Gráfico 28. Cálculo de la longitud de los pasos mediante el teorema de Pitágoras.

4.4.3.11.3. Orientación de los apoyos

Se utiliza el pie derecho o izquierdo alternativamente según el pie que toque estar apoyado. Se calcula basándose en el recorrido teniendo en cuenta únicamente cuándo el pie se apoya en el suelo, pero en el estudio se conoce la orientación real del pie.

4.4.3.11.4. Ángulo del CM en las fases aéreas

Los ángulos del CM en la fase aérea de los pasos (P) se pueden obtener con la velocidad del CM. Se calcula uniendo los apoyos, pero en el presente estudio se calcula con más precisión porque se conoce el recorrido del CM instante a instante. La velocidad del CM se conoce en los tres ejes de coordenadas. El ángulo se calcula utilizando la velocidad en los ejes X e Y, que corresponden al plano horizontal (visión cenital). La fórmula matemática se basa en el arco tangente de la velocidad vertical del CM en el eje Y dividido entre la columna de velocidad del CM en el eje X.

4.4.3.11.5. Cálculo del CM

El cálculo del CM total se realizó a través del método indirecto basado en ecuaciones de regresión. Para realizar este cálculo, primero es necesario calcular el CM de cada uno de los 14 segmentos definidos en el estudio. Se utilizaron los parámetros inerciales de Zatsiorsky, Seluyanov, y Chugunova (1990), adaptados por De Leva (1996), y diferenciando entre el modelo de hombres (tabla 56) y el modelo de mujeres (tabla 57). La exactitud de estos valores es fundamental para evitar el error el cálculo del CM total (Kingman, Toussaint, Commisaris, Hoozemans, y Ober, 1995). Estos parámetros junto con las coordenadas del segmento permiten ubicar el CM mediante una ecuación matemática:

$$CGT = \Sigma \{G_{pi} - [K_i (G_{pi} - G_{di})]^* p_i\}$$

Dónde:

G_{pi} y G_{di} = coordenadas (x, y o z) proximal y distal.

K_i = distancia desde el proximal, en % de 1 de la distancia total de cada segmento.

P_i = porcentaje de peso de cada segmento, en % de 1.

Tabla 56.
Parámetros inerciales en hombres (De Leva, 1996).

Segmento	Masa (%)	CM (%)
Cabeza y cuello	6.94	49.05
Tronco	43.46	51.53
Brazo	2.71	49.81
Antebrazo	1.62	45.15
Mano	0.61	78.72
Muslo	14.17	42.41
Pierna	4.33	45.54
Pie	1.37	44.15

Tabla 57.
Parámetros inerciales en mujeres (De Leva, 1996).

Segmento	Masa (%)	CM (%)
Cabeza y cuello	6.68	50.74
Tronco	42.57	49.28
Brazo	2.55	48.84
Antebrazo	1.38	45.00
Mano	0.56	74.49
Muslo	14.78	43.13
Pierna	4.81	45.38
Pie	1.29	40.14

Este método indirecto para el cálculo del CM total no requiere conocer la masa del saltador. A partir de los datos espaciales y los parámetros inerciales, el programa de procesamiento de los datos *kinematic Data Analyzer 1.0* calculaba la

ubicación del CM total mediante ecuaciones predeterminadas. Aunque el tronco tiene una elevada contribución porcentual de masa y tiene un alto grado de deformación en el salto de altura, en la investigación se consideró como un segmento rígido, ya que su segmentación supondría una gran dificultad en el proceso de digitalización y podría presentar errores de cálculo.

4.4.3.12. Tratamiento estadístico

Los ficheros generados en el programa de procesamiento de datos se extrapolaron al software *Microsoft Excel 2003*. En este programa se calculaban los valores correspondientes a las medias aritméticas y desviación típica estándar (SD). Utilizando estos valores, se crearon archivos correspondientes a cada campeonato y se sometieron a un procedimiento estadístico para determinar la variabilidad de los parámetros analizados. Se utilizó el programa *SPSS 15.0*.

Se aplicó una prueba de contraste de normalidad para las variables analizadas a través del test no paramétrico de *Kolmogorov-Smirnov para una muestra*. Esta prueba dio información sobre si la distribución de contraste era la normal en todos los grupos de saltadores.

Para el cálculo de las variables que tienen una influencia significativa con el rendimiento se aplicó el test de correlación de *Spearman*. El motivo de utilizar esta prueba en lugar de la de *Pearson* es debido al bajo número de sujetos que componían la muestra de estudio y la disposición de los resultados. Las correlaciones simples informan de las variables que influyen sobre el rendimiento de forma aislada, sin tener en cuenta la relación con otros parámetros de rendimiento.

Para determinar la varianza en grupos se realizaron dos pruebas. Para comparar saltadores en diferentes edades se precisó la prueba *ANOVA de un factor* con comparaciones múltiples *Post Hoc Tukey* y añadiendo la prueba de *Levene* para comprobar la homogeneidad de las varianzas. Para comparar saltadores de diferente género pero que pertenecen a la misma categoría se aplicó la prueba *T-test para muestras independientes*. Para indicar diferencias estadísticamente significativas se seleccionó un nivel de significación $P < 0.05$.

5. RESULTADOS

Los resultados del estudio se encuentran divididos en tres apartados: resultados descriptivos, resultados inferenciales, y modelo cinemático de ejecución. En el primero se exponen los valores numéricos de las variables expresadas a través de medias, mínimos, máximos, y desviaciones típicas. En el segundo se exponen los resultados de los análisis estadísticos que permiten conocer: cuáles son las variables cinemáticas de eficacia técnica más importantes para cada categoría, cual es la tendencia de estas variables a lo largo del proceso de formación, y si existen diferencias entre hombres y mujeres. Finalmente se utilizó una planilla de presentación de datos dónde se exponen los valores de las 46 variables cinemáticas de rendimiento que componen el modelo de eficacia técnico para cada categoría.

5.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

En este apartado se exponen los resultados en el siguiente orden de categoría: cadete, junior, y senior, primero en hombres y luego en mujeres. Las variables se agrupan en función del carácter y la fase del salto. Se realiza una exposición en forma de redacción seguida de tablas. La redacción se realiza desde los aspectos genéricos a los específicos, siguiendo el orden de la tabla e indicando la tendencia.

5.1.1. Cadete masculino

En relación al análisis de las duraciones (tabla 58), la duración de los apoyos aumenta en el último paso 0.010 s (0.010-0.030 s). La duración de la fase aérea se reduce 0.058 s (0.020-0.080 s). La duración de la batida oscila en 0.070 s (0.120-0.190 s).

Tabla 58.

Tiempos de contacto y vuelo para la categoría cadete masculino.

	Penúltimo paso		Último paso		Batida
	TC (s)	TV (s)	TC (s)	TV (s)	TC (s)
Saltador 1 (1.78)	0.140	0.120	0.160	0.060	0.130
Saltador 2 (1.78)	0.130	0.110	0.140	0.090	0.150
Saltador 3 (1.76)	0.140	0.130	0.150	0.080	0.140
Saltador 4 (1.76)	0.130	0.130	0.160	0.070	0.190
Saltador 5 (1.74)	0.150	0.160	0.150	0.090	0.120
Saltador 6 (1.71)	0.120	0.150	0.150	0.090	0.140
Saltador 7 (1.68)	0.140	0.140	0.150	0.070	0.190
Saltador 8 (1.68)	0.150	0.130	0.160	0.050	0.170
Saltador 9 (1.64)	0.150	0.160	0.130	0.090	0.130
Saltador 10 (1.60)	0.170	0.140	0.150	0.100	0.150
Saltador 11 (1.60)	0.130	0.190	0.150	0.130	0.170
Media	0.140	0.141	0.150	0.083	0.152
Mínimo	0.120	0.110	0.130	0.050	0.120
Máximo	0.170	0.190	0.160	0.130	0.190
SD	0.01	0.02	0.008	0.02	0.02

Leyenda: TC= tiempo de contacto; TV= tiempo de vuelo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la inclinación lateral durante los dos últimos apoyos de carrera (tabla 62), la inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo es 8° (4-14°) menor que la inclinación lateral en el penúltimo apoyo.

Tabla 62.

Características del antepenúltimo apoyo para la categoría cadete masculino.

	ILCAP (°)	ILCPA (°)	Diferencia (°)
Saltador 1 (1.78)	69	79	10
Saltador 2 (1.78)	70	84	14
Saltador 3 (1.76)	68	74	6
Saltador 4 (1.76)	70	79	9
Saltador 5 (1.74)	68	79	11
Saltador 6 (1.71)	74	79	5
Saltador 7 (1.68)	69	76	7
Saltador 8 (1.68)	73	77	4
Saltador 9 (1.64)	70	78	8
Saltador 10 (1.60)	74	87	13
Saltador 11 (1.60)	73	76	3
Media	70.72	78.90	8.18
Mínimo	68	74	4
Máximo	74	87	14
SD	2.32	3.70	3.60

Leyenda: ILCAP= inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo; ILCPA= inclinación lateral en el penúltimo apoyo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de los pasos finales de carrera (tabla 59 y 60), la longitud del último paso de carrera es menor que la del penúltimo paso en 0.13 m (0.14-0.45 m). La frecuencia y la velocidad aumentan en el último paso. La frecuencia aumenta en 0.75 p/s (0.22-1.32 p/s) y la velocidad aumenta en 0.87 m/s (0.22-2.07 m/s). La longitud media del último paso es similar a la estatura del saltador. Este valor es del 100.61% (82.38-113.12%).

Tabla 59.

Características de los últimos pasos de carrera para la categoría cadete masculino.

	Penúltimo paso			Último paso		
	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)
Saltador 1 (1.78)	1.68	4.16	6.42	1.81	5.00	6.68
Saltador 2 (1.78)	1.61	4.54	6.33	1.73	4.76	6.00
Saltador 3 (1.76)	1.88	3.70	6.37	1.69	4.34	6.50
Saltador 4 (1.76)	1.91	3.84	6.29	1.74	4.34	6.00
Saltador 5 (1.74)	2.07	3.22	6.70	1.93	4.16	6.38
Saltador 6 (1.71)	1.90	3.70	6.08	1.45	4.16	5.04
Saltador 7 (1.68)	1.73	3.57	5.91	1.73	4.54	5.75
Saltador 8 (1.68)	1.94	3.57	6.75	1.76	4.76	6.29
Saltador 9 (1.64)	1.91	3.22	6.24	1.53	4.54	6.06
Saltador 10 (1.60)	2.08	3.22	6.31	1.86	4.00	6.01
Saltador 11 (1.60)	1.58	3.12	4.82	1.63	3.57	4.82
Media	1.84	3.62	6.20	1.71	4.37	5.95
Mínimo	1.58	3.12	4.82	1.45	3.57	4.82
Máximo	2.08	4.54	6.75	1.93	5.00	6.68
SD	0.17	0.43	0.51	0.13	0.40	0.57

Tabla 60.

Evolución de los últimos pasos de carrera para la categoría cadete masculino.

	Penúltimo paso		Último paso	
	LPP (m)	% talla	LUP (m)	% talla
Saltador 1 (1.78)	1.68	105.00	1.81	113.12
Saltador 2 (1.78)	1.61	93.60	1.73	100.58
Saltador 3 (1.76)	1.88	110.58	1.69	99.41
Saltador 4 (1.76)	1.91	108.52	1.74	98.86
Saltador 5 (1.74)	2.07	120.34	1.93	112.20
Saltador 6 (1.71)	1.90	107.95	1.45	82.38
Saltador 7 (1.68)	1.73	100.58	1.73	100.58
Saltador 8 (1.68)	1.94	112.79	1.76	102.32
Saltador 9 (1.64)	1.91	116.46	1.53	93.29
Saltador 10 (1.60)	2.08	120.93	1.86	108.13
Saltador 11 (1.60)	1.58	92.94	1.63	95.88
Media	1.84	108.15	1.71	100.61
Mínimo	1.58	92.94	1.45	82.38
Máximo	2.08	120.93	1.93	113.12
SD	0.17	9.58	0.13	9.18

Leyenda: LPP= longitud del penúltimo paso; LUP= longitud del último paso; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la orientación de los apoyos y la trayectoria del CM (tabla 61), el ángulo que describe la trayectoria del centro de masas respecto al listón durante la parte final de carrera es más abierto que el de los apoyos. Seis saltadores tienen una relación de los ángulos del centro de masas en la fase aérea $P2 > P1 > P0$, dos saltadores tienen una relación $P2 > P1 = P0$, y tres saltadores tienen una relación $P2 > P1 < P0$. La orientación del penúltimo apoyo es más abierta que la orientación del antepenúltimo y que la batida en relación a la trayectoria de la zancada.

Tabla 61.

Trayectoria del CM y orientación de los apoyos al final de la carrera para la categoría cadete masculino.

	Trayectoria del CM			Orientación del pie		
	P2 (°)	P1 (°)	P0 (°)	t2 (°)	t1 (°)	e1 (°)
Saltador 1 (1.78)	47	39	35	25	53	17
Saltador 2 (1.78)	54	39	33	39	58	11
Saltador 3 (1.76)	46	36	35	16	33	19
Saltador 4 (1.76)	53	42	35	26	54	12
Saltador 5 (1.74)	50	35	35	34	62	14
Saltador 6 (1.71)	53	42	40	32	54	18
Saltador 7 (1.68)	45	33	38	21	44	9
Saltador 8 (1.68)	37	26	31	12	28	4
Saltador 9 (1.64)	46	41	40	53	38	15
Saltador 10 (1.60)	46	38	38	47	51	16
Saltador 11 (1.60)	48	36	39	23	50	11
Media	47.72	37	36.27	29.81	47.72	13.27
Mínimo	37	26	31	12	28	4
Máximo	54	42	40	53	62	19
SD	4.81	4.66	2.93	12.68	10.70	4.42

Leyenda: P2= ángulo del CM en la fase aérea del penúltimo paso; P1= ángulo del CM en la fase aérea del último paso; P0= ángulo de entrada a la batida; t2= ángulo del penúltimo paso; t1= ángulo del último paso; e1= orientación del apoyo en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las inclinaciones durante la batida (tabla 63), al inicio de la acción de batida el nivel de inclinación anterior es de 79° (69-88°) y de 84° (75-90°) al final. La inclinación anterior se modifica en 5° (0-11°) entre el inicio y el final de la batida. El saltador termina la acción con una inclinación hacia atrás de 5° (0-15°). La inclinación lateral inicial es de 10° (3-13°) respecto a la vertical. Al final de la batida los saltadores terminan 11° (4-11°) inclinados hacia la colchoneta.

Tabla 63.

Inclinaciones durante la batida para la categoría cadete masculino.

	Inclinación anterior			Inclinación lateral		
	IATD	IATO	TD-TO	ILTD	ILTO	TD-TO
Saltador 1 (1.78)	80	86	6	86	101	15
Saltador 2 (1.78)	88	90	2	82	96	14
Saltador 3 (1.76)	76	85	9	82	100	18
Saltador 4 (1.76)	78	80	2	77	94	17
Saltador 5 (1.74)	84	88	4	85	101	16
Saltador 6 (1.71)	69	75	6	87	105	18
Saltador 7 (1.68)	85	89	4	82	108	26
Saltador 8 (1.68)	79	81	2	83	102	19
Saltador 9 (1.64)	78	89	11	84	98	14
Saltador 10 (1.60)	80	90	10	85	104	19
Saltador 11 (1.60)	81	81	0	86	111	25
Media	79.81	84.90	5.09	83.54	101.81	18.27
Mínimo	69	75	0	77	94	14
Máximo	88	90	11	87	111	26
SD	5.01	4.98	3.64	2.80	5.01	4.00

Leyenda: IATD= inclinación anterior al inicio de la batida; IATO= inclinación anterior al final de la batida; ILTD= inclinación lateral al inicio de la batida; ILTO= inclinación lateral al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las características generales de la batida (tabla 64), la distancia frontal de batida es de 0.72 m (0.50-0.86 m). Respecto a la altura del listón representa el 42.40% (29.23-52.43%) y respecto a la estatura de los saltadores el 42.41% (28.40-52.43%). La distancia entre el centro de masas y el apoyo de batida indica que los saltadores llegan con una inclinación hacia atrás. Esta distancia es de 0.63 m (0.49-0.82 m). Seis saltadores (el 54.54%) realizan la batida con un ángulo inferior a la media (45°). Este ángulo se sitúa en valores de 40-45°. No existe una tendencia clara respecto a las características generales de batida.

Tabla 64.

Características generales de la batida para la categoría cadete masculino.

	Distancia frontal		Distancia frontal		Otros		
	DF (m)	% listón	DF (m)	% talla	CM-AP	ATD (°)	α (°)
Saltador 1 (1.78)	0.80	44.94	0.80	50.00	0.63	29	44
Saltador 2 (1.78)	0.71	39.88	0.71	41.27	0.59	29	42
Saltador 3 (1.76)	0.76	43.18	0.76	44.70	0.61	29	47
Saltador 4 (1.76)	0.59	33.52	0.59	33.52	0.65	39	49
Saltador 5 (1.74)	0.79	45.40	0.79	45.93	0.61	28	40
Saltador 6 (1.71)	0.50	29.23	0.50	28.40	0.61	28	52
Saltador 7 (1.68)	0.83	49.40	0.83	48.25	0.75	33	45
Saltador 8 (1.68)	0.72	42.85	0.72	41.86	0.82	36	44
Saltador 9 (1.64)	0.86	52.43	0.86	52.43	0.49	19	44
Saltador 10 (1.60)	0.68	42.50	0.68	39.53	0.68	30	42
Saltador 11 (1.60)	0.69	43.12	0.69	40.58	0.53	23	46
Media	0.72	42.40	0.72	42.41	0.63	29.36	45
Mínimo	0.50	29.23	0.50	28.40	0.49	19	40
Máximo	0.86	52.43	0.86	52.43	0.82	39	52
SD	0.10	6.51	0.10	7.05	0.09	5.50	3.40

Leyenda: DF= distancia frontal de batida; CM-AP= distancia entre el CM y el apoyo en la batida; ATD= ángulo del apoyo al inicio de la batida; α = ángulo de proyección en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la velocidad durante la batida (tabla 68), la velocidad horizontal del CM experimenta un reducción entre el inicio y el final de la batida de 2.05 m/s (1.38-2.78 m/s). Esta reducción en la velocidad horizontal es del 36% (25.79-45.95%) respecto a la velocidad inicial. La velocidad vertical aumenta en 3.46 m/s (3.06-4.01 m/s). Este incremento de velocidad vertical es superior a la media en el 54.54% de los saltadores. Los valores de velocidad vertical al inicio de la batida son cercanos a 0, oscilando entre -0.22 m/s y 0.62 m/s.

Tabla 68.

Velocidad del CM durante la batida para la categoría cadete masculino.

	Velocidad horizontal (m/s)			Velocidad vertical (m/s)			Suma
	VhTD	VhTO	ΔVh	VvTD	VvTO	ΔVv	VR
Saltador 1 (1.78)	6.07	4.27	-1.80	0.13	4.14	4.01	5.95
Saltador 2 (1.78)	5.78	4.14	-1.64	0.37	3.86	3.49	5.66
Saltador 3 (1.76)	5.88	3.61	-2.27	0.35	3.97	3.62	5.37
Saltador 4 (1.76)	6.05	3.27	-2.78	0.002	3.84	3.83	5.04
Saltador 5 (1.74)	6.57	4.65	-1.92	0.62	3.91	3.29	6.08
Saltador 6 (1.71)	4.69	2.62	-2.07	0.39	3.45	3.06	4.33
Saltador 7 (1.68)	5.67	3.28	-2.39	-0.22	3.38	3.60	4.71
Saltador 8 (1.68)	6.02	3.68	-2.34	0.33	3.61	3.28	5.16
Saltador 9 (1.64)	5.35	3.97	-1.38	0.41	3.93	3.52	5.59
Saltador 10 (1.60)	6.09	3.60	-2.49	0.03	3.28	3.25	4.87
Saltador 11 (1.60)	4.66	3.15	-1.51	0.09	3.28	3.19	4.55
Media	5.71	3.65	-2.05	0.22	3.69	3.46	5.21
Mínimo	4.66	2.62	-1.38	-0.22	3.28	3.06	4.33
Máximo	6.57	4.65	-2.78	0.62	4.14	4.01	6.08
SD	0.59	0.57	0.44	0.24	0.30	0.28	0.57

Leyenda: VhTD= velocidad horizontal al inicio de la batida; VhTO= velocidad horizontal al final de la batida; ΔVh = reducción en la velocidad horizontal durante la batida; VvTD= velocidad vertical al inicio de la batida; VvTO= velocidad vertical al final de la batida; ΔVv = incremento en la velocidad vertical durante la batida; VR= velocidad resultante al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las alturas (tabla 65, 66 y 67), la altura del CM al llegar a la batida es de 0.86 m (0.83-0.92 m) y representa el 50.66% (47.15-54.37%) de la estatura del saltador. Al final de la batida los saltadores son capaces de ubicar el CM a una altura media de 1.20 m (1.17-1.26 m) y representa el 70.92% (65.73-74.37%) de la altura del listón y el 70.75% (69.18-73.12%) de la estatura. El recorrido de aceleración durante la batida es de 0.34 m (0.30-0.43 m). La altura de vuelo es de 0.60 m (0.45-0.69 m) y representa el 35.14% (28.12-39.20%) de la altura del listón. La eficacia de paso del CM por el listón es de 0.10 m (0.04-0.15 m). Cuatro saltadores (36.36%) alcanzan la máxima altura del CM justo en el momento en el que éste se encuentra a la altura del listón. Para los saltadores que no lo logran representa una diferencia de 0.01 m (0.01-0.02 m).

Tabla 65.

Alturas de salto para la categoría cadete masculino.

	H0	H1	H2	H3	Hmax	HCML	ΔH
Saltador 1 (1.78)	0.87	1.17	0.67	0.06	1.84	1.82	0.30
Saltador 2 (1.78)	0.85	1.24	0.67	0.13	1.91	1.89	0.39
Saltador 3 (1.76)	0.83	1.18	0.69	0.11	1.87	1.86	0.35
Saltador 4 (1.76)	0.83	1.26	0.65	0.15	1.91	1.91	0.43
Saltador 5 (1.74)	0.92	1.22	0.64	0.12	1.86	1.85	0.30
Saltador 6 (1.71)	0.92	1.22	0.54	0.05	1.76	1.76	0.30
Saltador 7 (1.68)	0.85	1.21	0.59	0.12	1.80	1.79	0.36
Saltador 8 (1.68)	0.84	1.22	0.56	0.10	1.78	1.78	0.38
Saltador 9 (1.64)	0.85	1.17	0.62	0.15	1.79	1.77	0.32
Saltador 10 (1.60)	0.89	1.19	0.52	0.11	1.71	1.70	0.30
Saltador 11 (1.60)	0.85	1.19	0.45	0.04	1.64	1.64	0.34
Media	0.86	1.20	0.60	0.10	1.80	1.79	0.34
Mínimo	0.83	1.17	0.45	0.04	1.64	1.64	0.30
Máximo	0.92	1.26	0.69	0.15	1.91	1.91	0.43
SD	0.03	0.02	0.07	0.03	0.08	0.08	0.04

Leyenda: H0= altura del CM al inicio de la batida; H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; Hmax= máxima altura del CM; HCML= altura del CM sobre el listón; ΔH = recorrido vertical del CM durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 66.

Alturas de salto respecto al listón para la categoría cadete masculino.

	H1		H2		H3	
	m	% listón	m	% listón	m	% listón
Saltador 1 (1.78)	1.17	65.73	0.67	37.64	0.06	3.37
Saltador 2 (1.78)	1.24	69.66	0.67	37.64	0.13	7.30
Saltador 3 (1.76)	1.18	67.04	0.69	39.20	0.11	6.25
Saltador 4 (1.76)	1.26	71.59	0.65	36.93	0.15	8.52
Saltador 5 (1.74)	1.22	70.11	0.64	36.78	0.12	6.89
Saltador 6 (1.71)	1.22	71.34	0.54	31.57	0.05	2.92
Saltador 7 (1.68)	1.21	72.02	0.59	35.11	0.12	7.14
Saltador 8 (1.68)	1.22	72.61	0.56	33.33	0.10	5.95
Saltador 9 (1.64)	1.17	71.34	0.62	37.80	0.15	9.14
Saltador 10 (1.60)	1.19	74.37	0.52	32.50	0.11	6.87
Saltador 11 (1.60)	1.19	74.37	0.45	28.12	0.04	2.50
Media	1.20	70.92	0.60	35.14	0.10	6.07
Mínimo	1.17	65.73	0.45	28.12	0.04	2.50
Máximo	1.26	74.37	0.69	39.20	0.15	9.14
SD	0.02	2.70	0.07	3.37	0.03	2.22

Leyenda: H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; SD= desviación típica.

Tabla 67.

Alturas de salto respecto a la estatura para la categoría cadete masculino.

	HTD		HTO	
	m	% estatura	m	% estatura
Saltador 1 (1.78)	0.87	54.37	1.17	73.12
Saltador 2 (1.78)	0.85	49.41	1.24	72.09
Saltador 3 (1.76)	0.83	48.82	1.18	69.41
Saltador 4 (1.76)	0.83	47.15	1.26	71.59
Saltador 5 (1.74)	0.92	53.48	1.22	70.93
Saltador 6 (1.71)	0.92	52.27	1.22	69.31
Saltador 7 (1.68)	0.85	49.41	1.21	70.34
Saltador 8 (1.68)	0.84	48.83	1.22	70.93
Saltador 9 (1.64)	0.85	51.82	1.17	71.34
Saltador 10 (1.60)	0.89	51.74	1.19	69.18
Saltador 11 (1.60)	0.85	50.00	1.19	70.00
Media	0.86	50.66	1.20	70.75
Mínimo	0.83	47.15	1.17	69.18
Máximo	0.92	54.37	1.26	73.12
SD	0.03	2.22	0.02	1.24

Leyenda: HTD= altura del CM al inicio de la batida; HTO= altura del CM al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la contribución de los segmentos libres (tabla 69, 70, 71, y 72), el brazo de la pierna de batida tiene mayor velocidad angular que el brazo de la pierna libre. El brazo de la pierna de batida alcanza su máxima velocidad angular en el instante que representa el 63.23% del total de la duración de la batida, el brazo de la pierna libre alcanza esta velocidad en el 38.88%, y la pierna libre lo hace al 33.91%. Al final de la batida la velocidad angular alcanzada representa el 81.13% de la máxima para el brazo de la pierna de batida, el 34.71% para el brazo de la pierna libre, y el 9.42% para la pierna libre.

Tabla 69.

Contribución de los segmentos libres para la categoría cadete masculino.

	BPL (°/s)	BPB (°/s)	Suma	PL (°/s)	Total
Saltador 1 (1.78)	88.25	583.08	671.33	187.55	858.88
Saltador 2 (1.78)	568.75	805.38	1374.13	111.11	1485.24
Saltador 3 (1.76)	252.00	478.77	730.77	120.17	850.94
Saltador 4 (1.76)	497.64	176.58	674.22	57.05	731.27
Saltador 5 (1.74)	219.85	393.03	612.88	152.31	765.19
Saltador 6 (1.71)	-50.14	405.69	355.55	60.21	415.76
Saltador 7 (1.68)	413.31	830.80	1244.11	81.59	1325.70
Saltador 8 (1.68)	-87.76	719.08	631.32	48.09	679.41
Saltador 9 (1.64)	17.47	476.20	493.67	181.87	675.54
Saltador 10 (1.60)	-6.81	507.16	500.35	-142.94	357.41
Saltador 11 (1.60)	95.58	468.44	564.02	-59.83	504.19
Media	182.55	531.29	713.85	72.47	786.32
Mínimo	-87.76	176.58	355.55	-142.94	357.41
Máximo	568.75	830.80	1374.13	187.55	1485.24
SD	226.86	193.34	313.48	100.16	348.84

Leyenda: BPL= brazo de la pierna libre; BPB= brazo de la pierna de batida; PL= pierna libre; SD= desviación típica.

Tabla 70.

Contribución del brazo de la pierna de batida para la categoría cadete masculino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltador 1 (1.78)	655.76	583.08	88.91	0.130	0.070	53.84
Saltador 2 (1.78)	884.97	805.38	91.00	0.150	0.080	53.33
Saltador 3 (1.76)	662.03	478.77	72.31	0.140	0.110	78.57
Saltador 4 (1.76)	726.70	176.58	24.29	0.190	0.090	47.36
Saltador 5 (1.74)	496.04	393.03	79.23	0.120	0.090	75.00
Saltador 6 (1.71)	453.21	405.69	89.51	0.140	0.080	57.14
Saltador 7 (1.68)	906.25	830.80	91.67	0.190	0.170	89.47
Saltador 8 (1.68)	788.66	719.08	91.17	0.170	0.060	35.29
Saltador 9 (1.64)	551.52	476.20	86.34	0.130	0.100	76.92
Saltador 10 (1.60)	507.52	507.16	99.92	0.150	0.140	93.33
Saltador 11 (1.60)	600.28	468.44	78.03	0.170	0.060	35.29
Media	657.54	531.29	81.13	0.152	0.095	63.23
SD	155.06	193.34	20.35	0.024	0.033	20.47

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 71.

Contribución del brazo de la pierna libre para la categoría cadete masculino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltador 1 (1.78)	427.53	88.25	20.64	0.130	0.060	46.15
Saltador 2 (1.78)	568.75	568.75	100.00	0.150	0.150	100.00
Saltador 3 (1.76)	926.33	252.00	27.20	0.140	0	0
Saltador 4 (1.76)	684.59	497.64	72.69	0.190	0.040	21.05
Saltador 5 (1.74)	219.85	219.85	100.00	0.120	0.120	100.00
Saltador 6 (1.71)	481.07	-50.14	-10.42	0.140	0	0
Saltador 7 (1.68)	558.37	413.31	74.02	0.190	0.130	68.42
Saltador 8 (1.68)	496.98	-87.76	-17.65	0.170	0.020	11.76
Saltador 9 (1.64)	763.99	17.47	2.28	0.130	0	0
Saltador 10 (1.60)	752.65	-6.81	-0.90	0.150	0.050	33.33
Saltador 11 (1.60)	682.31	95.58	14.00	0.170	0.080	47.05
Media	596.58	182.55	34.71	0.152	0.059	38.88
SD	192.92	226.86	43.92	0.024	0.054	37.52

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 72.

Contribución de la pierna libre para la categoría cadete masculino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltador 1 (1.78)	998.63	187.55	18.78	0.130	0.060	46.15
Saltador 2 (1.78)	611.37	111.11	18.17	0.150	0.050	33.33
Saltador 3 (1.76)	803.01	120.17	14.96	0.140	0.050	35.71
Saltador 4 (1.76)	696.19	57.05	8.19	0.190	0.050	26.31
Saltador 5 (1.74)	979.87	152.31	15.54	0.120	0.030	25.00
Saltador 6 (1.71)	560.88	60.21	10.73	0.140	0.070	50.00
Saltador 7 (1.68)	573.76	81.59	14.22	0.190	0.080	42.10
Saltador 8 (1.68)	504.11	48.09	9.53	0.170	0.050	29.41
Saltador 9 (1.64)	1032.18	181.87	17.61	0.130	0.030	23.07
Saltador 10 (1.60)	942.30	-142.94	-15.16	0.150	0.040	26.66
Saltador 11 (1.60)	670.40	-59.83	-8.92	0.170	0.060	35.29
Media	761.15	72.47	9.42	0.152	0.051	33.91
SD	197.08	100.16	11.25	0.024	0.015	8.99

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis del ángulo de la rodilla durante la batida (tabla 73), al inicio de la batida el ángulo de la rodilla presenta valores de 153° (142-166°). Este ángulo indica un nivel de flexión de 26° (14-38°). En el punto de mayor flexión, el ángulo se encuentra en unos valores medios de 140° (127-156°). Se reducen los valores iniciales en 13° (4-23°). Al final de la batida los saltadores terminan la acción sin tener la rodilla totalmente estirada (155-173°).

Tabla 73.

Ángulo de la rodilla durante la batida para la categoría cadete masculino.

	Rodilla TD (°)	Rodilla sostén (°)	Rodilla TO (°)	Flexión (°)
Saltador 1 (1.78)	161	156	173	19
Saltador 2 (1.78)	161	151	167	19
Saltador 3 (1.76)	157	144	173	23
Saltador 4 (1.76)	153	131	164	27
Saltador 5 (1.74)	152	148	166	28
Saltador 6 (1.71)	166	153	171	14
Saltador 7 (1.68)	152	137	164	28
Saltador 8 (1.68)	152	129	165	28
Saltador 9 (1.64)	144	137	168	36
Saltador 10 (1.60)	152	135	167	28
Saltador 11 (1.60)	142	127	155	38
Media	153.81	140.72	166.63	26.18
Mínimo	142	127	155	14
Máximo	166	156	173	38
SD	7.15	10.16	5.04	7.15

Leyenda: TD= inicio de la batida; TO= final de la batida; SD= desviación típica.

5.1.2. Junior masculino

En relación al análisis de las duraciones (tabla 74), la duración de los apoyos aumenta en el último paso 0.006 s (0.010-0.030 s). La duración de la fase aérea se reduce en el último paso 0.064 s (0.030 s a 0.130 s). La duración de la batida oscila 0.070 s (0.120-0.190 s).

Tabla 74.

Tiempos de contacto y vuelo para la categoría junior masculino.

	Penúltimo paso		Último paso		Batida
	TC (s)	TV (s)	TC (s)	TV (s)	TC (s)
Saltador 1 (2.27)	0.100	0.170	0.110	0.100	0.160
Saltador 2 (2.05)	0.130	0.140	0.120	0.080	0.150
Saltador 3 (2.03)	0.110	0.200	0.090	0.070	0.140
Saltador 4 (1.97)	0.110	0.140	0.110	0.080	0.130
Saltador 5 (1.94)	0.120	0.140	0.150	0.060	0.160
Saltador 6 (1.94)	0.130	0.160	0.130	0.110	0.130
Saltador 7 (1.91)	0.100	0.140	0.130	0.050	0.170
Saltador 8 (1.91)	0.170	0.150	0.140	0.090	0.130
Saltador 9 (1.91)	0.100	0.160	0.110	0.080	0.170
Saltador 10 (1.87)	0.120	0.120	0.130	0.090	0.140
Saltador 11 (1.87)	0.100	0.160	0.120	0.120	0.120
Saltador 12 (1.87)	0.130	0.150	0.150	0.090	0.130
Saltador 13 (1.82)	0.150	0.110	0.150	0.080	0.190
Media	0.120	0.149	0.126	0.084	0.147
Mínimo	0.100	0.110	0.090	0.050	0.120
Máximo	0.170	0.200	0.150	0.120	0.190
SD	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02

Leyenda: TC= tiempo de contacto; TV= tiempo de vuelo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la inclinación lateral durante los dos últimos apoyos de carrera (tabla 78), la inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo es de 8° (0-14°) menor que la inclinación lateral en el penúltimo apoyo.

Tabla 78.

Características del antepenúltimo apoyo para la categoría junior masculino.

	ILCAP (°)	ILCPA (°)	Diferencia (°)
Saltador 1 (2.27)	64	72	8
Saltador 2 (2.05)	66	71	5
Saltador 3 (2.03)	67	76	9
Saltador 4 (1.97)	71	77	6
Saltador 5 (1.94)	65	79	14
Saltador 6 (1.94)	77	77	0
Saltador 7 (1.91)	69	82	13
Saltador 8 (1.91)	67	77	10
Saltador 9 (1.91)	66	73	7
Saltador 10 (1.87)	61	71	10
Saltador 11 (1.87)	64	72	8
Saltador 12 (1.87)	70	76	6
Saltador 13 (1.82)	63	72	9
Media	66.92	75	8.07
Mínimo	61	71	0
Máximo	77	82	14
SD	4.13	3.43	3.56

Leyenda: ILCAP= inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo; ILCPA= inclinación lateral en el penúltimo apoyo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de los pasos finales de carrera (tabla 75 y 76), la longitud del último paso de carrera es menor que la del penúltimo paso en 0.15 m (0.01-0.32 m). La frecuencia y la velocidad aumentan en el último paso. La frecuencia aumenta en 1.08 p/s (0.32-3.03 p/s) y la velocidad aumenta en 1.38 m/s (0.46-2.07 m/s). La longitud media del último paso es similar a la estatura del saltador. Este valor es del 100.28% (84.94-111.66%).

Tabla 75.

Características de los últimos pasos de carrera para la categoría junior masculino.

	Penúltimo paso			Último paso		
	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)
Saltador 1 (2.27)	2.14	3.70	7.32	1.94	4.76	7.07
Saltador 2 (2.05)	1.86	3.70	6.83	1.79	5.00	6.74
Saltador 3 (2.03)	2.16	3.22	7.31	1.76	6.25	7.12
Saltador 4 (1.97)	1.70	4.00	6.35	1.58	5.26	6.37
Saltador 5 (1.94)	2.00	3.84	6.80	1.85	4.76	6.68
Saltador 6 (1.94)	2.24	3.44	7.17	2.01	4.16	6.83
Saltador 7 (1.91)	1.69	4.16	6.40	1.62	5.55	6.44
Saltador 8 (1.91)	2.13	3.12	6.87	1.81	4.34	6.29
Saltador 9 (1.91)	2.02	3.84	7.11	1.74	5.26	6.79
Saltador 10 (1.87)	1.82	4.16	6.82	1.77	4.54	6.70
Saltador 11 (1.87)	1.96	3.84	6.83	1.95	4.16	6.91
Saltador 12 (1.87)	2.09	3.57	7.00	1.94	4.16	6.80
Saltador 13 (1.82)	1.75	3.84	6.37	1.80	4.34	6.32
Media	1.96	3.72	6.86	1.81	4.81	6.69
Mínimo	1.69	3.12	6.35	1.58	4.16	6.29
Máximo	2.24	4.16	7.32	2.01	6.25	7.12
SD	0.18	0.32	0.33	0.12	0.63	0.27

Tabla 76.

Evolución de los últimos pasos de carrera para la categoría junior masculino.

	Penúltimo paso		Último paso	
	LPP (m)	% talla	LUP (m)	% talla
Saltador 1 (2.27)	2.14	118.88	1.94	107.77
Saltador 2 (2.05)	1.86	102.19	1.79	98.35
Saltador 3 (2.03)	2.16	117.39	1.76	95.65
Saltador 4 (1.97)	1.70	91.39	1.58	84.94
Saltador 5 (1.94)	2.00	108.69	1.85	100.54
Saltador 6 (1.94)	2.24	124.44	2.01	111.66
Saltador 7 (1.91)	1.69	96.02	1.62	92.04
Saltador 8 (1.91)	2.13	122.41	1.81	104.02
Saltador 9 (1.91)	2.02	113.48	1.74	97.75
Saltador 10 (1.87)	1.82	100.00	1.77	97.25
Saltador 11 (1.87)	1.96	105.37	1.95	104.83
Saltador 12 (1.87)	2.09	113.58	1.94	105.43
Saltador 13 (1.82)	1.75	100.57	1.80	103.44
Media	1.96	108.80	1.81	100.28
Mínimo	1.69	91.39	1.58	84.94
Máximo	2.24	124.44	2.01	111.66
SD	0.18	10.47	0.12	7.07

Leyenda: LPP= longitud del penúltimo paso; LUP= longitud del último paso; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la orientación de los apoyos y la trayectoria del CM (tabla 77), el ángulo que describe la trayectoria del centro de masas respecto al listón durante la parte final de carrera es más abierto que el de los apoyos. Ocho saltadores tienen una relación de los ángulos del centro de masas en la fase aérea $P2 > P1 > P0$, un saltador tiene una relación $P2 > P1 = P0$, y cuatro saltadores tienen una relación $P2 > P1 < P0$. La orientación del penúltimo apoyo es más abierta que la orientación del antepenúltimo y que la batida en relación a la trayectoria de la zancada.

Tabla 77.

Trayectoria del CM y orientación de los apoyos al final de la carrera para la categoría junior masculino.

	Trayectoria del CM			Orientación del pie		
	P2 (°)	P1 (°)	P0 (°)	t2 (°)	t1 (°)	e1 (°)
Saltador 1 (2.27)	50	36	35	26	50	9
Saltador 2 (2.05)	53	42	39	33	43	15
Saltador 3 (2.03)	56	43	40	48	57	20
Saltador 4 (1.97)	47	35	35	28	42	10
Saltador 5 (1.94)	45	32	25	34	38	8
Saltador 6 (1.94)	52	36	34	34	36	22
Saltador 7 (1.91)	42	32	29	18	46	13
Saltador 8 (1.91)	41	32	36	48	31	8
Saltador 9 (1.91)	52	44	37	38	57	26
Saltador 10 (1.87)	38	29	26	25	20	11
Saltador 11 (1.87)	46	32	36	27	20	13
Saltador 12 (1.87)	50	39	40	56	56	20
Saltador 13 (1.82)	54	40	43	49	54	7
Media	48.15	36.30	35	35.69	42.30	14
Mínimo	38	29	25	18	20	7
Máximo	56	44	43	56	57	26
SD	5.50	4.88	5.43	11.42	12.94	6.15

Leyenda: P2= ángulo del CM en la fase aérea del penúltimo paso; P1= ángulo del CM en la fase aérea del último paso; P0= ángulo de entrada a la batida; t2= ángulo del penúltimo paso; t1= ángulo del último paso; e1= orientación del apoyo en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las inclinaciones durante la batida (tabla 79), al inicio de la acción de batida el nivel de inclinación anterior es de 73° (66-79°) y de 85° (79-92°) al final. La inclinación anterior se modifica en 11° (3-20°) entre el inicio y el final de la batida. El saltador termina la acción con una inclinación hacia atrás de 5°. La inclinación lateral inicial es de 9° (4-16°) respecto a la vertical. Al final de la batida los saltadores terminan 3° (0-16°) inclinados hacia la colchoneta.

Tabla 79.
Inclinaciones durante la batida para la categoría junior masculino.

	Inclinación anterior			Inclinación lateral		
	IATD	IATO	TD-TO	ILTD	ILTO	TD-TO
Saltador 1 (2.27)	68	85	17	74	90	16
Saltador 2 (2.05)	69	88	19	78	92	14
Saltador 3 (2.03)	78	86	8	80	90	10
Saltador 4 (1.97)	77	86	9	85	98	13
Saltador 5 (1.94)	73	79	6	78	98	20
Saltador 6 (1.94)	77	94	17	80	93	13
Saltador 7 (1.91)	79	82	3	86	90	4
Saltador 8 (1.91)	74	82	8	86	106	20
Saltador 9 (1.91)	66	86	20	78	90	12
Saltador 10 (1.87)	79	92	13	80	90	10
Saltador 11 (1.87)	74	84	10	81	95	14
Saltador 12 (1.87)	75	84	9	84	95	11
Saltador 13 (1.82)	71	79	8	76	90	14
Media	73.84	85.15	11.30	80.46	93.61	13.15
Mínimo	66	79	3	74	90	4
Máximo	79	92	20	86	106	20
SD	4.27	4.41	5.36	3.82	4.80	4.21

Leyenda: IATD= inclinación anterior al inicio de la batida; IATO= inclinación anterior al final de la batida; ILTD= inclinación lateral al inicio de la batida; ILTO= inclinación lateral al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las características generales de la batida (tabla 80), la distancia frontal es de 0.68 m (0.28-0.95 m). Respecto a la altura del listón representa el 34.85% (14.43-46.79%) y respecto a la estatura de los saltadores el 37.63% (15.21-51.63%). La distancia entre el centro de masas y el apoyo de batida indica que los saltadores llegan con una inclinación hacia atrás. Esta distancia es de 0.63 m (0.58-0.71 m). Cinco saltadores (38.46%) realizan la batida con un ángulo inferior a la media (46°). Este ángulo se sitúa en valores de 42-44°.

Tabla 80.

Características generales de la batida para la categoría junior masculino.

	Distancia frontal		Distancia frontal		Otros		
	DF (m)	% listón	DF (m)	% talla	CM-AP	ATD (°)	α (°)
Saltador 1 (2.27)	0.66	29.07	0.66	36.66	0.67	38	52
Saltador 2 (2.05)	0.92	44.87	0.92	50.54	0.62	33	48
Saltador 3 (2.03)	0.95	46.79	0.95	51.63	0.63	27	43
Saltador 4 (1.97)	0.72	36.54	0.72	38.70	0.58	28	44
Saltador 5 (1.94)	0.28	14.43	0.28	15.21	0.71	35	47
Saltador 6 (1.94)	0.78	40.20	0.78	43.33	0.60	26	42
Saltador 7 (1.91)	0.58	30.36	0.58	32.95	0.70	33	47
Saltador 8 (1.91)	0.69	36.12	0.69	39.65	0.64	31	48
Saltador 9 (1.91)	0.65	34.03	0.65	36.51	0.63	39	50
Saltador 10 (1.87)	0.45	24.06	0.45	24.72	0.60	28	43
Saltador 11 (1.87)	0.68	36.36	0.68	36.55	0.60	27	43
Saltador 12 (1.87)	0.76	40.64	0.76	41.30	0.61	30	46
Saltador 13 (1.82)	0.72	39.56	0.72	41.37	0.67	35	49
Media	0.68	34.85	0.68	37.63	0.63	31.53	46.30
Mínimo	0.28	14.43	0.28	15.21	0.58	26	42
Máximo	0.95	46.79	0.95	51.63	0.71	39	52
SD	0.17	8.76	0.17	9.67	0.04	4.33	3.11

Leyenda: DF= distancia frontal de batida; CM-AP= distancia entre el CM y el apoyo en la batida; ATD= ángulo del apoyo al inicio de la batida; α = ángulo de proyección en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la velocidad durante la batida (tabla 84), la velocidad horizontal del CM se reduce al final de la batida 2.55 m/s (1.94-3.27 m/s). Este descenso de la velocidad horizontal representa el 39.68% (31.60-47.78%) de la velocidad al inicio de la batida. La velocidad vertical del CM se incrementa durante la batida 3.70 m/s (3.03-4.53 m/s). Este incremento de velocidad vertical es superior a la media en el 53.84% de los saltadores. Los valores de velocidad vertical al inicio de la batida son cercanos a 0, oscilando entre -0.02 m/s y 0.93 m/s.

Tabla 84.

Velocidad del CM durante la batida para la categoría junior masculino.

	Velocidad horizontal (m/s)			Velocidad vertical (m/s)			Suma
	VhTD	VhTO	ΔVh	VvTD	VvTO	ΔVv	VR
Saltador 1 (2.27)	6.78	3.54	-3.24	0.07	4.60	4.53	5.81
Saltador 2 (2.05)	6.61	3.76	-2.85	0.39	4.18	3.79	5.63
Saltador 3 (2.03)	6.36	4.35	-2.01	0.56	4.19	3.63	6.04
Saltador 4 (1.97)	5.97	4.03	-1.94	0.83	3.97	3.14	5.66
Saltador 5 (1.94)	6.51	3.61	-2.90	0.27	3.93	3.66	5.34
Saltador 6 (1.94)	6.68	4.32	-2.36	0.35	3.95	3.60	5.85
Saltador 7 (1.91)	6.42	3.65	-2.77	0.29	4.04	3.75	5.44
Saltador 8 (1.91)	6.28	3.73	-2.55	0.46	4.22	3.76	5.63
Saltador 9 (1.91)	6.87	3.60	-3.27	-0.02	4.33	4.35	5.63
Saltador 10 (1.87)	6.26	4.06	-2.20	0.67	3.85	3.18	5.60
Saltador 11 (1.87)	6.34	4.16	-2.18	0.93	3.96	3.03	5.74
Saltador 12 (1.87)	6.53	3.99	-2.54	0.18	4.17	3.99	5.78
Saltador 13 (1.82)	5.82	3.42	-2.40	0.32	4.06	3.74	5.31
Media	6.41	3.86	-2.55	0.40	4.11	3.70	5.65
Mínimo	5.82	3.42	-1.94	-0.02	3.85	3.03	5.31
Máximo	6.87	4.35	-3.27	0.93	4.60	4.53	6.04
SD	0.29	0.30	0.43	0.27	0.20	0.43	0.20

Leyenda: VhTD= velocidad horizontal al inicio de la batida; VhTO= velocidad horizontal al final de la batida; ΔVh = reducción en la velocidad horizontal durante la batida; VvTD= velocidad vertical al inicio de la batida; VvTO= velocidad vertical al final de la batida; ΔVv = incremento en la velocidad vertical durante la batida; VR= velocidad resultante al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las alturas (tabla 81, 82, y 83), la altura del CM al llegar a la batida es del 0.87 m (0.77-0.95 m) y representa el 48.18% (43.25-51.66%) de la estatura del saltador. Al final de la batida los saltadores son capaces de ubicar su CM a una altura de 1.25 m (1.18-1.30 m) y representa el 64.44% (55.06-69.51%) de la altura del listón y el 69.36% (66.30-72.41%) de la estatura. El recorrido de aceleración es de 0.38 m (0.32-0.46 m). La altura de vuelo es de 0.76 m (0.63-1.07 m) y representa el 38.94% (33.68-47.13%) de la altura del listón. La eficacia de paso del CM por el listón es de 0.06 m (0.01-0.12 m). La máxima altura del CM no coincide con el momento en el que éste se encuentra a la altura del listón en ninguno de los saltadores. La diferencia altura es de 0.06 m (0.01-0.16 m).

Tabla 81.

Alturas de salto para la categoría junior masculino.

	H0	H1	H2	H3	Hmax	HCML	ΔH
Saltador 1 (2.27)	0.81	1.25	1.07	0.01	2.28	2.25	0.44
Saltador 2 (2.05)	0.90	1.30	0.79	0.04	2.09	2.08	0.40
Saltador 3 (2.03)	0.92	1.28	0.80	0.05	2.08	2.04	0.36
Saltador 4 (1.97)	0.92	1.26	0.75	0.04	2.01	1.94	0.34
Saltador 5 (1.94)	0.89	1.30	0.69	0.05	1.99	1.83	0.41
Saltador 6 (1.94)	0.93	1.25	0.70	0.01	1.95	1.88	0.32
Saltador 7 (1.91)	0.78	1.23	0.77	0.09	2.00	1.87	0.45
Saltador 8 (1.91)	0.85	1.18	0.79	0.06	1.97	1.89	0.33
Saltador 9 (1.91)	0.77	1.20	0.81	0.10	2.01	1.96	0.43
Saltador 10 (1.87)	0.91	1.27	0.63	0.03	1.90	1.86	0.36
Saltador 11 (1.87)	0.95	1.30	0.68	0.11	1.98	1.94	0.35
Saltador 12 (1.87)	0.90	1.22	0.75	0.10	1.97	1.94	0.32
Saltador 13 (1.82)	0.80	1.26	0.68	0.12	1.94	1.90	0.46
Media	0.87	1.25	0.76	0.06	2.01	1.95	0.38
Mínimo	0.77	1.18	0.63	0.01	1.94	1.83	0.32
Máximo	0.95	1.30	1.07	0.12	2.28	2.25	0.46
SD	0.06	0.03	0.10	0.03	0.09	0.11	0.05

Leyenda: H0= altura del CM al inicio de la batida; H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; Hmax= máxima altura del CM; HCML= altura del CM sobre el listón; ΔH = recorrido vertical del CM durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 82.

Alturas de salto respecto al listón para la categoría junior masculino.

	H1		H2		H3	
	m	% listón	m	% listón	m	% listón
Saltador 1 (2.27)	1.25	55.06	1.07	47.13	0.01	0.44
Saltador 2 (2.05)	1.30	63.41	0.79	38.53	0.04	1.95
Saltador 3 (2.03)	1.28	63.05	0.80	39.40	0.05	2.46
Saltador 4 (1.97)	1.26	63.95	0.75	38.07	0.04	2.03
Saltador 5 (1.94)	1.30	67.01	0.69	35.56	0.05	2.57
Saltador 6 (1.94)	1.25	64.43	0.70	36.08	0.01	0.51
Saltador 7 (1.91)	1.23	64.39	0.77	40.31	0.09	4.71
Saltador 8 (1.91)	1.18	61.78	0.79	41.36	0.06	3.14
Saltador 9 (1.91)	1.20	62.82	0.81	42.40	0.10	5.23
Saltador 10 (1.87)	1.27	67.91	0.63	33.68	0.03	1.60
Saltador 11 (1.87)	1.30	69.51	0.68	36.36	0.11	5.88
Saltador 12 (1.87)	1.22	65.24	0.75	40.10	0.10	5.34
Saltador 13 (1.82)	1.26	69.23	0.68	37.36	0.12	6.59
Media	1.25	64.44	0.76	38.94	0.06	3.26
Mínimo	1.18	55.06	0.63	33.68	0.01	0.44
Máximo	1.30	69.51	1.07	47.13	0.12	6.59
SD	0.03	3.75	0.10	3.48	0.03	2.05

Leyenda: H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; SD= desviación típica.

Tabla 83.

Alturas de salto respecto a la estatura para la categoría junior masculino.

	HTD		HTO	
	m	% estatura	m	% estatura
Saltador 1 (2.27)	0.81	45.00	1.25	69.44
Saltador 2 (2.05)	0.90	49.45	1.30	71.42
Saltador 3 (2.03)	0.92	50.00	1.28	69.56
Saltador 4 (1.97)	0.92	49.46	1.26	67.74
Saltador 5 (1.94)	0.89	48.36	1.30	70.65
Saltador 6 (1.94)	0.93	51.66	1.25	69.44
Saltador 7 (1.91)	0.78	44.31	1.23	69.88
Saltador 8 (1.91)	0.85	48.85	1.18	67.81
Saltador 9 (1.91)	0.77	43.25	1.20	67.41
Saltador 10 (1.87)	0.91	50.00	1.27	69.78
Saltador 11 (1.87)	0.95	51.07	1.30	69.89
Saltador 12 (1.87)	0.90	48.91	1.22	66.30
Saltador 13 (1.82)	0.80	45.97	1.26	72.41
Media	0.87	48.18	1.25	69.36
Mínimo	0.77	43.25	1.18	66.30
Máximo	0.95	51.66	1.30	72.41
SD	0.06	2.67	0.03	1.68

Leyenda: HTD= altura del CM al inicio de la batida; HTO= altura del CM al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la contribución de los segmentos libres (tabla 85, 86, 87, y 88), el brazo de la pierna de batida tiene mayor velocidad angular que el brazo de la pierna de batida y que la pierna libre. El brazo de la pierna de batida alcanza su máxima velocidad angular en el instante que representa el 60.76% del total de la duración de la batida, el brazo de la pierna libre alcanza esta velocidad en el 35.87%, y la pierna libre lo hace al 30.17%. Al final de la batida la velocidad angular alcanzada representa el 71.76% de la máxima para el brazo de la pierna de batida, el 43.74% para el brazo de la pierna libre, y el 4.83% para la pierna libre.

Tabla 85.

Contribución de los segmentos libres para la categoría junior masculino.

	BPL (°/s)	BPB (°/s)	Suma	PL (°/s)	Total
Saltador 1 (2.27)	511.77	740.60	1252.37	211.42	1463.79
Saltador 2 (2.05)	-75.01	266.70	191.69	-72.39	119.30
Saltador 3 (2.03)	139.52	508.97	648.49	125.75	774.24
Saltador 4 (1.97)	99.83	286.12	385.95	-40.76	345.19
Saltador 5 (1.94)	285.41	671.03	956.44	-52.11	904.33
Saltador 6 (1.94)	593.55	586.27	1179.82	4.27	1184.09
Saltador 7 (1.91)	334.11	747.76	1081.87	-2.35	1079.52
Saltador 8 (1.91)	479.83	415.03	894.86	-0.82	894.04
Saltador 9 (1.91)	502.61	448.15	950.76	34.76	985.52
Saltador 10 (1.87)	391.77	488.61	880.38	-120.13	760.25
Saltador 11 (1.87)	23.34	177.95	201.29	23.66	224.95
Saltador 12 (1.87)	427.96	621.43	1049.39	54.15	1103.54
Saltador 13 (1.82)	215.28	288.92	504.20	404.67	908.87
Media	302.30	480.58	782.88	43.85	826.74
Mínimo	-75.01	177.95	191.69	-120.13	119.30
Máximo	593.55	747.76	1252.37	404.67	1463.79
SD	208.30	188.05	360.53	137.85	389.25

Leyenda: BPL= brazo de la pierna libre; BPB= brazo de la pierna de batida; PL= pierna libre; SD= desviación típica.

Tabla 86.

Contribución del brazo de la pierna de batida para la categoría junior masculino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltador 1 (2.27)	797.11	740.60	92.91	0.160	0.140	87.50
Saltador 2 (2.05)	451.10	266.70	59.12	0.150	0.080	53.33
Saltador 3 (2.03)	817.93	508.97	62.22	0.140	0.070	50.00
Saltador 4 (1.97)	398.84	286.12	71.73	0.130	0.070	53.84
Saltador 5 (1.94)	737.26	671.03	91.01	0.160	0.090	56.25
Saltador 6 (1.94)	789.43	586.27	74.26	0.130	0.100	76.92
Saltador 7 (1.91)	1038.21	747.76	72.02	0.170	0.080	47.05
Saltador 8 (1.91)	415.03	415.03	100.00	0.130	0.130	100.00
Saltador 9 (1.91)	970.49	448.15	46.17	0.170	0.090	52.94
Saltador 10 (1.87)	545.20	488.61	89.62	0.140	0.040	28.57
Saltador 11 (1.87)	459.67	177.95	38.71	0.120	0.040	33.33
Saltador 12 (1.87)	649.16	621.43	95.72	0.130	0.120	92.30
Saltador 13 (1.82)	733.91	288.92	39.36	0.190	0.110	57.89
Media	677.18	480.58	71.76	0.147	0.089	60.76
SD	210.71	188.05	21.52	0.020	0.030	21.97

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 87.

Contribución del brazo de la pierna libre para la categoría junior masculino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltador 1 (2.27)	991.61	511.77	51.61	0.160	0.060	37.50
Saltador 2 (2.05)	575.64	-75.01	-13.03	0.150	0.040	26.66
Saltador 3 (2.03)	957.77	139.52	14.56	0.140	0.020	14.28
Saltador 4 (1.97)	607.14	99.83	16.44	0.130	0.020	15.38
Saltador 5 (1.94)	477.01	285.41	59.83	0.160	0.060	37.50
Saltador 6 (1.94)	928.74	593.55	63.90	0.130	0.010	7.69
Saltador 7 (1.91)	1150.38	334.11	29.04	0.170	0.030	17.64
Saltador 8 (1.91)	876.09	479.83	54.76	0.130	0.070	53.84
Saltador 9 (1.91)	985.45	502.61	51.00	0.170	0.120	70.58
Saltador 10 (1.87)	465.49	391.77	84.16	0.140	0.110	78.57
Saltador 11 (1.87)	473.96	23.34	4.92	0.120	0.010	8.33
Saltador 12 (1.87)	621.08	427.96	68.90	0.130	0.080	61.53
Saltador 13 (1.82)	260.88	215.28	82.52	0.190	0.070	36.84
Media	720.86	302.30	43.74	0.147	0.053	35.87
SD	272.70	208.30	30.57	0.020	0.036	23.92

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 88.

Contribución de la pierna libre para la categoría junior masculino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltador 1 (2.27)	961.55	211.42	21.98	0.160	0.040	25.00
Saltador 2 (2.05)	1254.15	-72.39	-5.77	0.150	0.050	33.33
Saltador 3 (2.03)	836.66	125.75	15.03	0.140	0.050	35.71
Saltador 4 (1.97)	988.81	-40.76	-4.12	0.130	0.050	38.46
Saltador 5 (1.94)	1068.84	-52.11	-4.87	0.160	0.050	31.25
Saltador 6 (1.94)	1040.86	4.27	0.41	0.130	0.040	30.76
Saltador 7 (1.91)	781.31	-2.35	-0.30	0.170	0.070	41.17
Saltador 8 (1.91)	1005.39	-0.82	-0.08	0.130	0.050	38.46
Saltador 9 (1.91)	879.11	34.76	3.95	0.170	0.050	29.41
Saltador 10 (1.87)	1085.72	-120.13	-11.06	0.140	0.040	28.57
Saltador 11 (1.87)	1033.66	23.66	2.28	0.120	0.010	8.33
Saltador 12 (1.87)	1417.94	54.15	3.81	0.130	0.040	30.76
Saltador 13 (1.82)	973.26	404.67	41.57	0.190	0.040	21.05
Media	1025.17	43.85	4.83	0.147	0.044	30.17
SD	167.67	137.85	14.04	0.020	0.013	8.61

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis del ángulo de la rodilla durante la batida (tabla 89), al inicio de la batida el ángulo de la rodilla presenta valores de 152° (144-159°). Este ángulo indica un nivel de flexión de 27° (22-36°). En el punto de mayor flexión, el ángulo se encuentra en unos valores medios de 137° (123-150°). Se reducen los valores iniciales en 15° (4-24°). Al final de la batida los saltadores terminan la acción sin tener la rodilla totalmente estirada (157-172°).

Tabla 89.

Ángulo de la rodilla durante la batida para la categoría junior masculino.

	Rodilla TD (°)	Rodilla sostén (°)	Rodilla TO (°)	Flexión (°)
Saltador 1 (2.27)	153	129	172	27
Saltador 2 (2.05)	155	137	167	25
Saltador 3 (2.03)	155	137	166	25
Saltador 4 (1.97)	152	142	167	28
Saltador 5 (1.94)	153	131	167	27
Saltador 6 (1.94)	159	147	169	21
Saltador 7 (1.91)	149	130	164	31
Saltador 8 (1.91)	145	131	157	35
Saltador 9 (1.91)	151	133	167	29
Saltador 10 (1.87)	158	150	172	22
Saltador 11 (1.87)	152	148	166	28
Saltador 12 (1.87)	154	144	165	26
Saltador 13 (1.82)	144	123	170	36
Media	152.30	137.07	166.84	27.69
Mínimo	144	123	157	22
Máximo	159	150	172	36
SD	4.38	8.47	3.84	4.38

Leyenda: TD= inicio de la batida; TO= final de la batida; SD= desviación típica.

5.1.3. Senior masculino

En relación al análisis de las duraciones (tabla 90), la duración de los apoyos disminuye en el último paso 0.06 s (0.010-0.020 s). La duración de la fase aérea se reduce 0.069 s (0.010-0.160 s). La duración de la batida oscila en 0.060 s (0.130-0.190 s).

Tabla 90.

Tiempos de contacto y vuelo para la categoría senior masculino.

	Penúltimo paso		Último paso		Batida
	TC (s)	TV (s)	TC (s)	TV (s)	TC (s)
Saltador 1 (2.24)	0.130	0.150	0.110	0.140	0.190
Saltador 2 (2.24)	0.130	0.130	0.120	0.080	0.170
Saltador 3 (2.21)	0.140	0.160	0.120	0.080	0.170
Saltador 4 (2.18)	0.120	0.130	0.110	0.080	0.140
Saltador 5 (2.15)	0.150	0.130	0.150	0.080	0.130
Saltador 6 (2.09)	0.110	0.130	0.120	0.050	0.150
Saltador 7 (2.09)	0.140	0.140	0.140	0.080	0.150
Saltador 8 (2.05)	0.140	0.180	0.130	0.060	0.190
Saltador 9 (2.05)	0.110	0.120	0.140	0.100	0.140
Saltador 10 (2.05)	0.140	0.150	0.120	0.090	0.130
Saltador 11 (2.00)	0.140	0.200	0.120	0.040	0.160
Saltador 12 (2.00)	0.150	0.170	0.140	0.100	0.140
Saltador 13 (2.00)	0.130	0.170	0.140	0.080	0.150
Media	0.133	0.150	0.127	0.081	0.154
Mínimo	0.110	0.120	0.110	0.040	0.130
Máximo	0.150	0.200	0.150	0.140	0.190
SD	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02

Leyenda: TC= tiempo de contacto; TV= tiempo de vuelo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la inclinación lateral durante los dos últimos apoyos de carrera (tabla 94), la inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo es 8° menor que la inclinación lateral en el penúltimo apoyo. Hay un saltador que disminuye la inclinación en el penúltimo apoyo 1°.

Tabla 94.

Características del antepenúltimo apoyo para la categoría senior masculino.

	ILCAP (°)	ILCPA (°)	Diferencia (°)
Saltador 1 (2.24)	69	75	6
Saltador 2 (2.24)	69	75	6
Saltador 3 (2.21)	64	77	13
Saltador 4 (2.18)	64	77	13
Saltador 5 (2.15)	65	75	10
Saltador 6 (2.09)	65	76	11
Saltador 7 (2.09)	64	63	-1
Saltador 8 (2.05)	76	83	7
Saltador 9 (2.05)	69	78	9
Saltador 10 (2.05)	66	75	9
Saltador 11 (2.00)	70	81	11
Saltador 12 (2.00)	68	75	7
Saltador 13 (2.00)	74	81	7
Media	67.92	76.23	8.30
Mínimo	64	63	-1
Máximo	76	83	13
SD	3.83	4.81	3.70

Leyenda: ILCAP= inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo; ILCPA= inclinación lateral en el penúltimo apoyo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de los pasos finales de carrera (tabla 91 y 92), la longitud del último paso de carrera es menor que la del penúltimo paso en 0.20 m (0.01-0.66 m). La frecuencia y la velocidad aumentan en el último paso. La frecuencia aumenta en 1.41 p/s (0.43-3.31 p/s) y la velocidad aumenta en 1.68 m/s (0.33-3.42 m/s). La longitud media del último paso es similar a la estatura del saltador. Este valor es del 98.62% (85.26-119.19%).

Tabla 91.

Características de los últimos pasos de carrera para la categoría senior masculino.

	Penúltimo paso			Último paso		
	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)
Saltador 1 (2.24)	2.18	3.57	7.42	2.36	4.00	7.24
Saltador 2 (2.24)	2.03	3.84	7.64	1.78	5.00	6.77
Saltador 3 (2.21)	2.22	3.33	7.28	1.81	5.00	6.73
Saltador 4 (2.18)	1.90	4.00	7.54	1.79	5.26	7.24
Saltador 5 (2.15)	2.17	3.57	7.62	2.03	4.34	7.07
Saltador 6 (2.09)	1.67	4.16	7.39	1.66	5.88	6.79
Saltador 7 (2.09)	1.93	3.57	6.96	1.88	4.54	6.32
Saltador 8 (2.05)	2.15	3.12	6.86	1.66	5.26	6.28
Saltador 9 (2.05)	1.88	4.34	7.29	2.04	4.16	6.69
Saltador 10 (2.05)	2.09	3.44	7.10	1.78	4.76	6.69
Saltador 11 (2.00)	2.28	2.94	7.20	1.62	6.25	6.81
Saltador 12 (2.00)	2.24	3.12	7.01	2.05	4.16	6.61
Saltador 13 (2.00)	2.04	3.33	6.93	1.82	4.54	6.40
Media	2.06	3.46	7.24	1.86	4.85	6.74
Mínimo	1.67	2.94	6.86	1.62	4.00	6.32
Máximo	2.28	4.34	7.64	2.36	6.25	7.24
SD	0.17	0.40	0.26	0.20	0.67	0.30

Tabla 92.

Evolución de los últimos pasos de carrera para la categoría senior masculino.

	Penúltimo paso		Último paso	
	LPP (m)	% talla	LUP (m)	% talla
Saltador 1 (2.24)	2.18	110.10	2.36	119.19
Saltador 2 (2.24)	2.03	106.84	1.78	93.68
Saltador 3 (2.21)	2.22	123.33	1.81	100.55
Saltador 4 (2.18)	1.90	100.00	1.79	94.21
Saltador 5 (2.15)	2.17	111.85	2.03	104.63
Saltador 6 (2.09)	1.67	88.82	1.66	88.29
Saltador 7 (2.09)	1.93	97.47	1.88	94.94
Saltador 8 (2.05)	2.15	110.82	1.66	85.56
Saltador 9 (2.05)	1.88	103.29	2.04	112.08
Saltador 10 (2.05)	2.09	114.83	1.78	97.80
Saltador 11 (2.00)	2.28	120.00	1.62	85.26
Saltador 12 (2.00)	2.24	119.14	2.05	109.04
Saltador 13 (2.00)	2.04	108.51	1.82	96.80
Media	2.06	108.85	1.86	98.62
Mínimo	1.67	88.82	1.62	85.26
Máximo	2.28	123.33	2.36	119.19
SD	0.17	9.72	0.20	10.28

Leyenda: LPP= longitud del penúltimo paso; LUP= longitud del último paso; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la orientación de los apoyos y la trayectoria del CM (tabla 93), el ángulo que describe la trayectoria del centro de masas respecto al listón durante la parte final de carrera es más abierto que el de los apoyos. Siete saltadores tienen una relación de los ángulos del centro de masas en la fase aérea $P2 > P1 > P0$, y seis saltadores tienen una relación $P2 > P1 < P0$. La orientación del penúltimo apoyo es más abierta que la orientación del antepenúltimo y que la batida en relación a la trayectoria de la zancada.

Tabla 93.

Trayectoria del CM y orientación de los apoyos al final de la carrera para la categoría senior masculino.

	Trayectoria del CM			Orientación del pie		
	P2 (°)	P1 (°)	P0 (°)	t2 (°)	t1 (°)	e1 (°)
Saltador 1 (2.24)	46	38	42	29	33	6
Saltador 2 (2.24)	46	36	39	48	48	24
Saltador 3 (2.21)	46	33	34	22	45	10
Saltador 4 (2.18)	47	36	34	35	49	5
Saltador 5 (2.15)	51	40	35	39	50	24
Saltador 6 (2.09)	52	41	40	37	41	8
Saltador 7 (2.09)	37	24	22	36	47	16
Saltador 8 (2.05)	41	35	39	15	52	6
Saltador 9 (2.05)	50	37	40	25	24	1
Saltador 10 (2.05)	54	44	40	30	53	9
Saltador 11 (2.00)	50	36	30	49	43	2
Saltador 12 (2.00)	44	33	31	37	46	18
Saltador 13 (2.00)	56	41	44	49	49	8
Media	47.69	36.46	36.15	34.69	44.61	10.53
Mínimo	37	24	22	15	24	1
Máximo	56	44	44	49	53	24
SD	5.25	4.96	5.99	10.46	8.09	7.63

Leyenda: P2= ángulo del CM en la fase aérea del penúltimo paso; P1= ángulo del CM en la fase aérea del último paso; P0= ángulo de entrada a la batida; t2= ángulo del penúltimo paso; t1= ángulo del último paso; e1= orientación del apoyo en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las inclinaciones durante la batida (tabla 95), al inicio de la acción de batida el nivel de inclinación anterior es de 77° (69-83°) y de 89° (83-99°) al final. La inclinación anterior se modifica en 12° (8-21°) entre el inicio y el final de la batida. El saltador termina la acción vertical y varía entre saltadores 7° hacia atrás y 9° hacia delante. La inclinación lateral inicial es de 8° (3-12°) respecto a la vertical. Al final de la batida los saltadores terminan 8° (2-13°) inclinados hacia la colchoneta.

Tabla 95.

Inclinaciones durante la batida para la categoría senior masculino.

	Inclinación anterior			Inclinación lateral		
	IATD	IATO	TD-TO	ILTD	ILTO	TD-TO
Saltador 1 (2.24)	69	83	14	81	96	15
Saltador 2 (2.24)	71	86	15	82	99	17
Saltador 3 (2.21)	78	88	10	78	102	24
Saltador 4 (2.18)	81	89	8	85	100	15
Saltador 5 (2.15)	82	94	12	82	92	10
Saltador 6 (2.09)	78	99	21	85	92	7
Saltador 7 (2.09)	79	88	9	87	98	11
Saltador 8 (2.05)	71	89	18	83	103	20
Saltador 9 (2.05)	80	91	11	83	99	16
Saltador 10 (2.05)	72	84	12	81	97	16
Saltador 11 (2.00)	77	92	15	81	98	17
Saltador 12 (2.00)	80	90	10	82	99	17
Saltador 13 (2.00)	83	96	13	86	100	14
Media	77	89.92	12.92	82.76	98.07	15.30
Mínimo	69	83	8	78	92	7
Máximo	83	99	21	87	103	24
SD	4.67	4.55	3.68	2.45	3.27	4.32

Leyenda: IATD= inclinación anterior al inicio de la batida; IATO= inclinación anterior al final de la batida; ILTD= inclinación lateral al inicio de la batida; ILTO= inclinación lateral al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las características generales de la batida (tabla 96), la distancia frontal de batida es de 0.93 m (0.75-1.23 m). Respecto a la altura del listón representa el 44.77% (33.93-61.50%) y respecto a la estatura de los saltadores el 49.69% (36.84-65.42%). La distancia entre el centro de masas y el apoyo de batida indica que los saltadores llegan con una inclinación hacia atrás. Esta distancia es de 0.67 m (0.58-0.83 m). Cinco saltadores (el 38.46%) realizan la batida con un ángulo inferior a la media (46°). Este ángulo se sitúa en valores de 43-44°.

Tabla 96.

Características generales de la batida para la categoría senior masculino.

	Distancia frontal		Distancia frontal		Otros		
	DF (m)	% listón	DF (m)	% talla	CM-AP	ATD (°)	α (°)
Saltador 1 (2.24)	0.98	43.75	0.98	49.49	0.83	37	52
Saltador 2 (2.24)	0.88	39.28	0.88	46.31	0.72	38	52
Saltador 3 (2.21)	0.75	33.93	0.75	41.66	0.72	35	53
Saltador 4 (2.18)	0.96	44.03	0.96	50.52	0.58	29	47
Saltador 5 (2.15)	0.89	41.39	0.89	45.87	0.64	31	44
Saltador 6 (2.09)	1.07	51.19	1.07	56.91	0.60	34	45
Saltador 7 (2.09)	0.75	35.88	0.75	37.87	0.70	34	43
Saltador 8 (2.05)	0.95	46.34	0.95	48.96	0.73	37	48
Saltador 9 (2.05)	1.07	52.19	1.07	58.79	0.67	32	46
Saltador 10 (2.05)	1.16	56.58	1.16	63.73	0.60	33	47
Saltador 11 (2.00)	0.70	35.00	0.70	36.84	0.68	33	43
Saltador 12 (2.00)	0.82	41.00	0.82	43.61	0.70	29	39
Saltador 13 (2.00)	1.23	61.50	1.23	65.42	0.65	30	44
Media	0.93	44.77	0.93	49.69	0.67	33.23	46.38
Mínimo	0.75	33.93	0.75	36.84	0.58	29	39
Máximo	1.23	61.50	1.23	65.42	0.83	38	53
SD	0.16	8.50	0.16	9.18	0.06	3.00	4.09

Leyenda: DF= distancia frontal de batida; CM-AP= distancia entre el CM y el apoyo en la batida; ATD= ángulo del apoyo al inicio de la batida; α = ángulo de proyección en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la velocidad durante la batida (tabla 100), la velocidad horizontal del CM experimenta una reducción entre el inicio y el final de la batida de 2.76 m/s (2.20-3.66 m/s). Esta reducción en la velocidad horizontal es del 41.26% (33.13-51.54%) respecto a la velocidad inicial. La velocidad vertical aumenta en 3.92 m/s (3.02-4.96 m/s). Este incremento de velocidad es superior a la media en el 46.15% de los saltadores. Los valores de velocidad vertical al inicio de la batida son cercanos a 0, oscilando entre -0.41 m/s y 0.89 m/s.

Tabla 100.

Velocidad del CM durante la batida para la categoría senior masculino.

	Velocidad horizontal (m/s)			Velocidad vertical (m/s)			Suma
	VhTD	VhTO	ΔVh	VvTD	VvTO	ΔVv	VR
Saltador 1 (2.24)	7.10	3.44	-3.66	-0.41	4.55	4.96	5.71
Saltador 2 (2.24)	6.67	3.52	-3.15	-0.07	4.63	4.70	5.82
Saltador 3 (2.21)	6.50	3.37	-3.13	0.11	4.51	4.40	5.63
Saltador 4 (2.18)	7.03	4.14	-2.89	0.74	4.48	3.74	6.10
Saltador 5 (2.15)	7.02	4.56	-2.46	0.42	4.45	4.03	6.37
Saltador 6 (2.09)	6.51	4.00	-2.51	0.53	4.10	3.57	5.73
Saltador 7 (2.09)	6.58	4.06	-2.52	0.89	3.91	3.02	5.64
Saltador 8 (2.05)	6.54	3.65	-2.89	-0.24	4.11	4.35	5.49
Saltador 9 (2.05)	6.77	4.04	-2.73	0.08	4.28	4.20	5.89
Saltador 10 (2.05)	6.82	3.87	-2.95	0.29	4.16	3.87	5.69
Saltador 11 (2.00)	6.60	4.02	-2.58	0.36	3.82	3.46	5.55
Saltador 12 (2.00)	6.64	4.44	-2.20	0.41	3.71	3.30	5.79
Saltador 13 (2.00)	6.21	3.94	-2.27	0.56	3.92	3.36	5.56
Media	6.69	3.92	-2.76	0.28	4.20	3.92	5.76
Mínimo	6.21	3.37	-2.20	-0.41	3.71	3.02	5.49
Máximo	7.10	4.56	-3.66	0.89	4.63	4.96	6.37
SD	0.25	0.35	0.40	0.37	0.30	0.58	0.24

Leyenda: VhTD= velocidad horizontal al inicio de la batida; VhTO= velocidad horizontal al final de la batida; ΔVh = reducción en la velocidad horizontal durante la batida; VvTD= velocidad vertical al inicio de la batida; VvTO= velocidad vertical al final de la batida; ΔVv = incremento en la velocidad vertical durante la batida; VR= velocidad resultante al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las alturas (tabla 97, 98, y 99), la altura del CM al llegar a la batida es de 0.93 m (0.87-1.00 m) y representa el 49.49% (45.78-53.29%) de la estatura del saltador. Al final de la batida los saltadores son capaces de ubicar el CM a una altura media de 1.36 m (1.29-1.44 m) y representa el 64.88% (60.63-70%) de la altura del listón y el 71.98% (69.14-74.46%) de la estatura. El recorrido de aceleración durante la batida es de 0.42 m (0.35-0.49 m). La altura de vuelo es de 0.81 m (0.68-0.92 m) y representa el 38.82% (34-43.06%) de la altura del listón. La eficacia de paso del CM por el listón es de 0.07 m (0.03-0.12 m). Ocho saltadores (61.53%) alcanzan la máxima altura del CM justo en el momento en el que éste se encuentra a la altura del listón. Para los saltadores que no lo logran representa una diferencia de 0.01 m (0.01-0.04 m).

Tabla 97.

Alturas de salto para la categoría senior masculino.

	H0	H1	H2	H3	Hmax	HCML	ΔH
Saltador 1 (2.24)	0.96	1.44	0.92	0.12	2.36	2.36	0.48
Saltador 2 (2.24)	0.87	1.36	0.92	0.04	2.28	2.27	0.49
Saltador 3 (2.21)	0.88	1.34	0.91	0.04	2.25	2.25	0.46
Saltador 4 (2.18)	0.94	1.38	0.89	0.09	2.27	2.27	0.44
Saltador 5 (2.15)	0.99	1.38	0.86	0.09	2.24	2.24	0.39
Saltador 6 (2.09)	0.89	1.30	0.90	0.11	2.20	2.19	0.41
Saltador 7 (2.09)	0.96	1.40	0.78	0.09	2.18	2.17	0.44
Saltador 8 (2.05)	0.91	1.37	0.71	0.03	2.08	2.08	0.46
Saltador 9 (2.05)	0.97	1.33	0.78	0.06	2.11	2.11	0.36
Saltador 10 (2.05)	0.94	1.29	0.86	0.10	2.15	2.11	0.35
Saltador 11 (2.00)	0.92	1.36	0.72	0.08	2.08	2.08	0.44
Saltador 12 (2.00)	1.00	1.40	0.68	0.08	2.08	2.07	0.40
Saltador 13 (2.00)	0.95	1.37	0.71	0.08	2.08	2.08	0.42
Media	0.93	1.36	0.81	0.07	2.18	2.17	0.42
Mínimo	0.87	1.29	0.68	0.03	2.08	2.07	0.35
Máximo	1.00	1.44	0.92	0.12	2.36	2.36	0.49
SD	0.04	0.04	0.09	0.02	0.09	0.09	0.04

Leyenda: H0= altura del CM al inicio de la batida; H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; Hmax= máxima altura del CM; HCML= altura del CM sobre el listón; ΔH = recorrido vertical del CM durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 98.

Alturas de salto respecto al listón para la categoría senior masculino.

	H1		H2		H3	
	m	% listón	m	% listón	m	% listón
Saltador 1 (2.24)	1.44	64.28	0.92	41.07	0.12	5.35
Saltador 2 (2.24)	1.36	60.71	0.92	41.07	0.04	1.78
Saltador 3 (2.21)	1.34	60.63	0.91	41.17	0.04	1.80
Saltador 4 (2.18)	1.38	63.30	0.89	40.82	0.09	4.12
Saltador 5 (2.15)	1.38	64.18	0.86	40.00	0.09	4.18
Saltador 6 (2.09)	1.30	62.20	0.90	43.06	0.11	5.26
Saltador 7 (2.09)	1.40	66.98	0.78	37.32	0.09	4.30
Saltador 8 (2.05)	1.37	66.82	0.71	34.63	0.03	1.46
Saltador 9 (2.05)	1.33	64.87	0.78	38.04	0.06	2.92
Saltador 10 (2.05)	1.29	62.92	0.86	41.95	0.10	4.87
Saltador 11 (2.00)	1.36	68.00	0.72	36.00	0.08	4.00
Saltador 12 (2.00)	1.40	70.00	0.68	34.00	0.08	4.00
Saltador 13 (2.00)	1.37	68.50	0.71	35.50	0.08	4.00
Media	1.36	64.88	0.81	38.82	0.07	3.70
Mínimo	1.29	60.63	0.68	34.00	0.03	1.46
Máximo	1.44	70.00	0.92	43.06	0.12	5.35
SD	0.04	2.98	0.09	3.04	0.02	1.30

Leyenda: H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; SD= desviación típica.

Tabla 99.

Alturas de salto respecto a la estatura para la categoría senior masculino.

	HTD		HTO	
	m	% estatura	m	% estatura
Saltador 1 (2.24)	0.96	48.48	1.44	72.72
Saltador 2 (2.24)	0.87	45.78	1.36	71.57
Saltador 3 (2.21)	0.88	48.88	1.34	74.44
Saltador 4 (2.18)	0.94	49.47	1.38	72.63
Saltador 5 (2.15)	0.99	51.03	1.38	71.13
Saltador 6 (2.09)	0.89	47.34	1.30	69.14
Saltador 7 (2.09)	0.96	48.48	1.40	70.70
Saltador 8 (2.05)	0.91	46.90	1.37	70.61
Saltador 9 (2.05)	0.97	53.29	1.33	73.07
Saltador 10 (2.05)	0.94	51.64	1.29	70.87
Saltador 11 (2.00)	0.92	48.42	1.36	71.57
Saltador 12 (2.00)	1.00	53.19	1.40	74.46
Saltador 13 (2.00)	0.95	50.53	1.37	72.87
Media	0.93	49.49	1.36	71.98
Mínimo	0.87	45.78	1.29	69.14
Máximo	1.00	53.29	1.44	74.46
SD	0.04	2.32	0.04	1.55

Leyenda: HTD= altura del CM al inicio de la batida; HTO= altura del CM al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la contribución de los segmentos libres (tabla 101, 102, 103, y 104), el brazo de la pierna de batida tiene mayor velocidad angular que el brazo de la pierna de batida y que la pierna libre. El brazo de la pierna de batida alcanza su máxima velocidad angular en el instante que representa el 75.30% del total de la duración de la batida, el brazo de la pierna libre alcanza esta velocidad en el 29.74%, y la pierna libre lo hace al 31.74%. Al final de la batida la velocidad angular alcanzada representa el 77.59% de la máxima para el brazo de la pierna de batida, el 41.44% para el brazo de la pierna libre, y el 10.93% para la pierna libre.

Tabla 101.
Contribución de los segmentos libres para la categoría senior masculino.

	BPL (°/s)	BPB (°/s)	Suma	PL (°/s)	Total
Saltador 1 (2.24)	644.34	700.31	1344.65	200.79	1545.44
Saltador 2 (2.24)	805.19	652.49	1457.68	140.54	1598.22
Saltador 3 (2.21)	450.49	782.77	1233.26	125.81	1359.07
Saltador 4 (2.18)	416.65	602.14	1018.79	16.55	1035.34
Saltador 5 (2.15)	221.31	454.57	675.88	164.89	840.77
Saltador 6 (2.09)	257.52	542.61	800.13	119.33	919.46
Saltador 7 (2.09)	488.76	1024.03	1512.79	4.94	1517.73
Saltador 8 (2.05)	759.13	790.00	1549.13	113.62	1662.75
Saltador 9 (2.05)	60.39	562.45	622.84	21.55	644.39
Saltador 10 (2.05)	115.58	283.05	398.63	117.52	516.15
Saltador 11 (2.00)	259.96	924.60	1184.56	5.96	1190.52
Saltador 12 (2.00)	140.45	681.34	821.79	24.55	846.34
Saltador 13 (2.00)	67.46	257.24	324.70	54.53	379.23
Media	360.55	635.20	995.75	85.42	1081.18
Mínimo	60.39	257.24	324.70	4.94	379.23
Máximo	805.19	1024.03	1549.13	200.79	1662.75
SD	256.47	223.94	420.12	66.79	432.51

Leyenda: BPL= brazo de la pierna libre; BPB= brazo de la pierna de batida; PL= pierna libre; SD= desviación típica.

Tabla 102.

Contribución del brazo de la pierna de batida para la categoría senior masculino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltador 1 (2.24)	961.11	700.31	72.86	0.190	0.120	63.15
Saltador 2 (2.24)	1027.58	652.49	63.49	0.170	0.090	52.94
Saltador 3 (2.21)	838.52	782.77	93.35	0.170	0.160	94.11
Saltador 4 (2.18)	872.61	602.14	69.00	0.140	0.120	85.71
Saltador 5 (2.15)	633.41	454.57	71.76	0.130	0.080	61.53
Saltador 6 (2.09)	911.07	542.61	59.55	0.150	0.090	60.00
Saltador 7 (2.09)	1204.03	1024.03	85.05	0.150	0.150	100.00
Saltador 8 (2.05)	830.29	790.00	95.14	0.190	0.180	94.73
Saltador 9 (2.05)	666.41	562.45	84.39	0.140	0.090	64.28
Saltador 10 (2.05)	299.14	283.05	94.62	0.130	0.090	69.23
Saltador 11 (2.00)	1102.02	924.60	83.90	0.160	0.140	87.50
Saltador 12 (2.00)	716.53	681.34	95.08	0.140	0.120	85.71
Saltador 13 (2.00)	634.65	257.24	40.53	0.150	0.090	60.00
Media	822.87	635.20	77.59	0.154	0.116	75.30
SD	237.37	223.94	16.63	0.020	0.032	16.25

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 103.

Contribución del brazo de la pierna libre para la categoría senior masculino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltador 1 (2.24)	1138.37	644.34	56.60	0.190	0.140	73.68
Saltador 2 (2.24)	1097.43	805.19	73.37	0.170	0.060	35.29
Saltador 3 (2.21)	1214.69	450.49	37.08	0.170	0.060	35.29
Saltador 4 (2.18)	877.78	416.65	47.46	0.140	0.020	14.28
Saltador 5 (2.15)	1037.29	221.31	21.33	0.130	0.010	7.69
Saltador 6 (2.09)	1341.79	257.52	19.19	0.150	0.040	26.66
Saltador 7 (2.09)	674.57	488.76	72.45	0.150	0.040	26.66
Saltador 8 (2.05)	931.08	759.13	81.53	0.190	0.100	52.63
Saltador 9 (2.05)	286.16	60.39	21.10	0.140	0.050	35.71
Saltador 10 (2.05)	354.25	115.58	32.62	0.130	0.030	23.07
Saltador 11 (2.00)	819.17	259.96	31.73	0.160	0	0
Saltador 12 (2.00)	375.65	140.45	37.38	0.140	0.050	35.71
Saltador 13 (2.00)	978.02	67.46	6.89	0.150	0.030	20.00
Media	855.86	360.55	41.44	0.154	0.048	29.74
SD	341.32	256.47	23.39	0.020	0.037	19.05

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 104.

Contribución de la pierna libre para la categoría senior masculino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltador 1 (2.24)	748.70	200.79	26.81	0.190	0.030	15.78
Saltador 2 (2.24)	648.68	140.54	21.66	0.170	0.060	35.29
Saltador 3 (2.21)	629.17	125.81	19.99	0.170	0.050	29.41
Saltador 4 (2.18)	641.55	16.55	2.57	0.140	0.020	14.28
Saltador 5 (2.15)	962.82	164.89	17.12	0.130	0.060	46.15
Saltador 6 (2.09)	840.19	119.33	14.20	0.150	0.050	33.33
Saltador 7 (2.09)	1026.21	4.94	0.48	0.150	0.030	20.00
Saltador 8 (2.05)	736.46	113.62	15.42	0.190	0.060	31.57
Saltador 9 (2.05)	1343.38	21.55	1.60	0.140	0.050	35.71
Saltador 10 (2.05)	986.31	117.52	11.91	0.130	0.040	30.76
Saltador 11 (2.00)	834.12	5.96	0.71	0.160	0.060	37.50
Saltador 12 (2.00)	981.52	24.55	2.50	0.140	0.060	42.85
Saltador 13 (2.00)	771.92	54.53	7.06	0.150	0.060	40.00
Media	857.77	85.42	10.93	0.154	0.048	31.74
SD	200.96	66.79	9.02	0.020	0.014	9.86

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis del ángulo de la rodilla durante la batida (tabla 105), al inicio de la batida el ángulo de la rodilla es de 154° (145-166°). Este ángulo indica un nivel de flexión de 36° (23-45°). En el punto de mayor flexión, el ángulo se encuentra en unos valores medios de 137° (126-149°). Se reducen los valores iniciales en 17° (6-34°). Al final de la batida los saltadores terminan la acción sin tener la rodilla totalmente estirada (160-175°).

Tabla 105.

Ángulo de la rodilla durante la batida para la categoría senior masculino.

	Rodilla TD (°)	Rodilla sostén (°)	Rodilla TO (°)	Flexión (°)
Saltador 1 (2.24)	161	127	167	29
Saltador 2 (2.24)	149	132	170	41
Saltador 3 (2.21)	156	126	164	34
Saltador 4 (2.18)	146	140	160	44
Saltador 5 (2.15)	166	143	168	24
Saltador 6 (2.09)	150	136	171	40
Saltador 7 (2.09)	147	131	171	43
Saltador 8 (2.05)	145	131	169	45
Saltador 9 (2.05)	167	148	170	23
Saltador 10 (2.05)	153	141	163	37
Saltador 11 (2.00)	159	140	168	31
Saltador 12 (2.00)	155	149	175	35
Saltador 13 (2.00)	152	142	168	38
Media	154.30	137.38	168	35.69
Mínimo	145	126	160	23
Máximo	166	149	175	45
SD	7.25	7.51	3.89	7.25

Leyenda: TD= inicio de la batida; TO= final de la batida; SD= desviación típica.

5.1.4. Cadete femenino

En relación al análisis de las duraciones (tabla 106), la duración de los apoyos aumenta en el último paso 0.003 s (0.010-0.040 s). La duración de la fase aérea se reduce 0.054 s (0.010-0.120 s). La duración de la batida oscila en 0.050 s (0.130-0.180 s).

Tabla 106.

Tiempos de contacto y vuelo para la categoría cadete femenino.

	Penúltimo paso		Último paso		Batida
	TC (s)	TV (s)	TC (s)	TV (s)	TC (s)
Saltadora 1 (1.63)	0.120	0.140	0.130	0.110	0.130
Saltadora 2 (1.60)	0.170	0.200	0.150	0.090	0.130
Saltadora 3 (1.57)	0.130	0.140	0.160	0.110	0.140
Saltadora 4 (1.57)	0.160	0.140	0.130	0.080	0.180
Saltadora 5 (1.57)	0.120	0.140	0.160	0.080	0.130
Saltadora 6 (1.54)	0.160	0.090	0.170	0.060	0.170
Saltadora 7 (1.54)	0.170	0.210	0.150	0.090	0.150
Saltadora 8 (1.54)	0.160	0.150	0.140	0.100	0.140
Saltadora 9 (1.54)	0.140	0.130	0.150	0.100	0.140
Saltadora 10 (1.54)	0.160	0.080	0.180	0.070	0.140
Saltadora 11 (1.50)	0.120	0.150	0.120	0.080	0.130
Media	0.146	0.142	0.149	0.088	0.143
Mínimo	0.120	0.080	0.120	0.070	0.130
Máximo	0.170	0.210	0.180	0.110	0.180
SD	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01

Leyenda: TC= tiempo de contacto; TV= tiempo de vuelo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la inclinación lateral durante los dos últimos apoyos de carrera (tabla 110), la inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo es 5° menor que la inclinación lateral en el penúltimo apoyo. Hay dos saltadoras que disminuyen la inclinación en el penúltimo apoyo 2-3°.

Tabla 110.
Características del antepenúltimo apoyo para la categoría cadete femenino.

	ILCAP (°)	ILCPA (°)	Diferencia (°)
Saltadora 1 (1.63)	75	83	8
Saltadora 2 (1.60)	72	78	6
Saltadora 3 (1.57)	75	83	8
Saltadora 4 (1.57)	80	77	-3
Saltadora 5 (1.57)	78	82	4
Saltadora 6 (1.54)	78	76	-2
Saltadora 7 (1.54)	77	90	13
Saltadora 8 (1.54)	74	80	6
Saltadora 9 (1.54)	69	80	11
Saltadora 10 (1.54)	75	78	3
Saltadora 11 (1.50)	72	78	6
Media	75	80.45	5.45
Mínimo	69	76	-3
Máximo	80	90	13
SD	3.19	3.95	4.86

Leyenda: ILCAP= inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo; ILCPA= inclinación lateral en el penúltimo apoyo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de los pasos finales de carrera (tabla 107 y 108), la longitud del último paso de carrera es menor que la del penúltimo paso en 0.12 m (0.11-0.60 m). La frecuencia y la velocidad aumentan en el último paso. La frecuencia aumenta en 0.88 p/s (0.30-1.46 p/s) y la velocidad aumenta en 1 m/s (0.23-2.01 m/s). La longitud media del último paso es similar a la estatura de la saltadora. Este valor es del 99.12% (80.72-111.11%).

Tabla 107.

Características de los últimos pasos de carrera para la categoría cadete femenino.

	Penúltimo paso			Último paso		
	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)
Saltadora 1 (1.63)	1.65	3.84	5.74	1.76	4.16	5.78
Saltadora 2 (1.60)	2.24	2.70	5.81	1.64	4.16	5.80
Saltadora 3 (1.57)	1.74	3.70	6.40	1.80	3.70	6.08
Saltadora 4 (1.57)	1.70	3.33	5.50	1.44	4.76	5.18
Saltadora 5 (1.57)	1.68	3.84	5.48	1.52	4.16	5.42
Saltadora 6 (1.54)	1.46	4.00	5.60	1.34	4.34	5.30
Saltadora 7 (1.54)	2.12	2.63	5.45	1.64	4.16	5.29
Saltadora 8 (1.54)	1.87	3.22	5.69	1.76	4.16	6.01
Saltadora 9 (1.54)	1.60	3.70	5.80	1.68	4.00	5.62
Saltadora 10 (1.54)	1.49	4.16	5.77	1.66	4.00	5.65
Saltadora 11 (1.50)	1.54	3.70	5.62	1.54	5.00	5.73
Media	1.73	3.52	5.71	1.61	4.23	5.62
Mínimo	1.46	2.70	5.45	1.34	3.70	5.18
Máximo	2.24	4.16	6.40	1.80	5.00	6.08
SD	0.24	0.50	0.26	0.14	0.36	0.29

Tabla 108.

Evolución de los últimos pasos de carrera para la categoría cadete femenino.

	Penúltimo paso		Último paso	
	LPP (m)	% talla	LUP (m)	% talla
Saltadora 1 (1.63)	1.65	97.05	1.76	103.52
Saltadora 2 (1.60)	2.24	133.33	1.64	97.61
Saltadora 3 (1.57)	1.74	107.40	1.80	111.11
Saltadora 4 (1.57)	1.70	100.00	1.44	84.70
Saltadora 5 (1.57)	1.68	106.32	1.52	96.20
Saltadora 6 (1.54)	1.46	87.95	1.34	80.72
Saltadora 7 (1.54)	2.12	132.50	1.64	102.50
Saltadora 8 (1.54)	1.87	115.43	1.76	108.64
Saltadora 9 (1.54)	1.60	100.00	1.68	105.00
Saltadora 10 (1.54)	1.49	87.64	1.66	97.64
Saltadora 11 (1.50)	1.54	102.66	1.54	102.66
Media	1.73	106.39	1.61	99.12
Mínimo	1.46	87.64	1.34	80.72
Máximo	2.24	133.33	1.80	111.11
SD	0.24	15.37	0.14	9.33

Leyenda: LPP= longitud del penúltimo paso; LUP= longitud del último paso; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la orientación de los apoyos y la trayectoria del CM (tabla 109), el ángulo que describe la trayectoria del centro de masas respecto al listón durante la parte final de carrera es más abierto que el de los apoyos. Dos saltadoras tienen una relación de los ángulos del centro de masas en la fase aérea $P2 > P1 > P0$, una saltadora tienen una relación $P2 > P1 = P0$, y ocho saltadoras tienen una relación $P2 > P1 < P0$. La orientación del penúltimo apoyo es más abierta que la orientación del antepenúltimo y que la batida en relación a la trayectoria de la zancada.

Tabla 109.

Trayectoria del CM y orientación de los apoyos al final de la carrera para la categoría cadete femenino.

	Trayectoria del CM			Orientación del pie		
	P2 (°)	P1 (°)	P0 (°)	t2 (°)	t1 (°)	e1 (°)
Saltadora 1 (1.63)	52	40	42	41	54	13
Saltadora 2 (1.60)	46	32	34	50	56	13
Saltadora 3 (1.57)	43	40	35	40	57	25
Saltadora 4 (1.57)	44	35	39	31	43	16
Saltadora 5 (1.57)	51	40	48	52	13	7
Saltadora 6 (1.54)	46	37	37	66	43	13
Saltadora 7 (1.54)	44	38	45	43	50	20
Saltadora 8 (1.54)	43	34	35	42	37	11
Saltadora 9 (1.54)	46	35	33	39	44	16
Saltadora 10 (1.54)	48	36	37	46	50	12
Saltadora 11 (1.50)	50	41	42	35	48	7
Media	46.63	37.09	38.81	44.09	45	13.90
Mínimo	43	32	33	31	13	7
Máximo	52	41	48	66	57	25
SD	3.20	2.94	4.85	9.44	12.25	5.28

Leyenda: P2= ángulo del CM en la fase aérea del penúltimo paso; P1= ángulo del CM en la fase aérea del último paso; P0= ángulo de entrada a la batida; t2= ángulo del penúltimo paso; t1= ángulo del último paso; e1= orientación del apoyo en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las inclinaciones durante la batida (tabla 111), al inicio de la acción de batida el nivel de inclinación anterior es de 78° (74-88°) y de 90° (83-98°) al final. La inclinación anterior se modifica en 11° (5-16°) entre el inicio y el final de la batida. Las saltadoras terminan la acción vertical y varía entre saltadoras 7° hacia atrás y 8° hacia delante. La inclinación lateral inicial es de 5° (1-12°) respecto a la vertical. Al final de la batida las saltadoras terminan 7° inclinadas hacia la colchoneta.

Tabla 111.

Inclinaciones durante la batida para la categoría cadete femenino.

	Inclinación anterior			Inclinación lateral		
	IATD	IATO	TD-TO	ILTD	ILTO	TD-TO
Saltadora 1 (1.63)	76	83	7	87	96	9
Saltadora 2 (1.60)	79	92	13	83	88	5
Saltadora 3 (1.57)	83	95	12	84	93	9
Saltadora 4 (1.57)	75	90	15	86	101	15
Saltadora 5 (1.57)	78	89	11	88	105	17
Saltadora 6 (1.54)	77	93	16	78	99	21
Saltadora 7 (1.54)	88	98	10	89	98	9
Saltadora 8 (1.54)	76	92	16	86	92	6
Saltadora 9 (1.54)	74	87	13	83	92	9
Saltadora 10 (1.54)	83	88	5	86	107	21
Saltadora 11 (1.50)	78	87	9	87	102	15
Media	78.81	90.36	11.54	85.18	97.54	12.36
Mínimo	74	83	5	78	88	5
Máximo	88	98	16	89	107	21
SD	4.21	4.20	3.58	3.06	5.95	5.69

Leyenda: IATD= inclinación anterior al inicio de la batida; IATO= inclinación anterior al final de la batida; ILTD= inclinación lateral al inicio de la batida; ILTO= inclinación lateral al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las características generales de la batida (tabla 112), la distancia frontal de batida es de 0.75 m (0.54-0.96 m). Respecto a la altura del listón representa el 48.38% (34.39-64%) y respecto a la estatura de las saltadoras el 46.75% (31.76-64%). La distancia entre el centro de masas y el apoyo de batida indica que las saltadoras llegan con una inclinación hacia atrás. Esta distancia es de 0.57 m (0.49-0.82 m). Cinco saltadoras (el 45.45%) realizan la batida con un ángulo inferior a la media (40°). Este ángulo se sitúa en valores de 36-38°.

Tabla 112.

Características generales de la batida para la categoría cadete femenino.

	Distancia frontal		Distancia frontal		Otros		
	DF (m)	% listón	DF (m)	% talla	CM-AP	ATD (°)	α (°)
Saltadora 1 (1.63)	0.69	42.33	0.69	40.58	0.56	26	41
Saltadora 2 (1.60)	0.64	40.00	0.64	38.09	0.59	24	38
Saltadora 3 (1.57)	0.82	52.22	0.82	50.61	0.50	21	38
Saltadora 4 (1.57)	0.54	34.39	0.54	31.76	0.64	29	45
Saltadora 5 (1.57)	0.96	61.14	0.96	60.75	0.60	28	43
Saltadora 6 (1.54)	0.64	41.55	0.64	38.55	0.55	22	43
Saltadora 7 (1.54)	0.93	60.38	0.93	58.12	0.60	28	42
Saltadora 8 (1.54)	0.90	58.44	0.90	55.55	0.61	27	37
Saltadora 9 (1.54)	0.59	38.31	0.59	36.87	0.58	29	39
Saltadora 10 (1.54)	0.67	43.50	0.67	39.41	0.59	27	36
Saltadora 11 (1.50)	0.96	64.00	0.96	64.00	0.55	30	45
Media	0.75	48.38	0.75	46.75	0.57	26.45	40.63
Mínimo	0.54	34.39	0.54	31.76	0.50	21	36
Máximo	0.96	64.00	0.96	64.00	0.64	30	45
SD	0.15	10.67	0.15	11.27	0.03	2.94	3.20

Leyenda: DF= distancia frontal de batida; CM-AP= distancia entre el CM y el apoyo en la batida; ATD= ángulo del apoyo al inicio de la batida; α = ángulo de proyección en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la velocidad durante la batida (tabla 116), la velocidad horizontal del CM experimenta un reducción entre el inicio y el final de la batida de 1.73 m/s (1.07-2.23 m/s). Esta reducción en la velocidad horizontal es del 32.09% (20.65-42.58%) respecto a la velocidad inicial. La velocidad vertical aumenta en 2.94 m/s (2.44-3.61 m/s). Este incremento de velocidad vertical es superior a la media en el 54.54% de las saltadoras. Los valores de velocidad vertical al inicio de la batida son cercanos a 0.

Tabla 116.

Velocidad del CM durante la batida para la categoría cadete femenino.

	Velocidad horizontal (m/s)			Velocidad vertical (m/s)			Suma
	VhTD	VhTO	ΔVh	VvTD	VvTO	ΔVv	VR
Saltadora 1 (1.63)	5.83	3.60	-2.23	0.61	3.18	2.57	4.81
Saltadora 2 (1.60)	5.32	3.91	-1.41	0.28	3.16	2.88	5.03
Saltadora 3 (1.57)	5.18	4.11	-1.07	0.18	3.30	3.12	5.27
Saltadora 4 (1.57)	4.72	2.71	-2.01	0.34	2.78	2.44	3.89
Saltadora 5 (1.57)	5.42	3.46	-1.96	0.29	3.26	2.97	4.75
Saltadora 6 (1.54)	4.90	3.30	-1.60	0.10	3.11	3.01	4.53
Saltadora 7 (1.54)	5.60	3.70	-1.90	0.29	3.39	3.10	5.02
Saltadora 8 (1.54)	5.96	4.08	-1.88	0.04	3.25	3.21	5.22
Saltadora 9 (1.54)	5.43	3.82	-1.61	0.39	3.16	2.77	4.96
Saltadora 10 (1.54)	5.67	4.09	-1.58	0.28	3.01	2.73	5.08
Saltadora 11 (1.50)	5.29	3.50	-1.79	-0.008	3.61	3.61	5.03
Media	5.39	3.66	-1.73	0.25	3.20	2.94	4.87
Mínimo	4.72	2.71	-1.07	-0.008	2.78	2.44	3.89
Máximo	5.06	4.11	-2.23	0.61	3.61	3.61	5.27
SD	0.37	0.41	0.32	0.17	0.21	0.32	0.38

Leyenda: VhTD= velocidad horizontal al inicio de la batida; VhTO= velocidad horizontal al final de la batida; ΔVh = reducción en la velocidad horizontal durante la batida; VvTD= velocidad vertical al inicio de la batida; VvTO= velocidad vertical al final de la batida; ΔVv = incremento en la velocidad vertical durante la batida; VR= velocidad resultante al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las alturas (tabla 113, 114, y 115), la altura del CM al llegar a la batida es de 0.88 m (0.76-0.96 m) y representa el 54.36% (50.66-57.14%) de la estatura de la saltadora. Al final de la batida las saltadoras son capaces de ubicar el CM a una altura media de 1.17 m (1.00-1.27 m) y representa el 75.28% (66.66-80.89%) de la altura del listón y el 71.82% (66.66-74.70%) de la estatura. El recorrido de aceleración durante la batida es de 0.28 m (0.24-0.37 m). La altura de vuelo es de 0.47 m (0.42-0.61 m) y representa el 30.66% (26.62-40.66%) de la altura del listón. La eficacia de paso del CM por el listón es de 0.09 m (0.05-0.11 m). Diez saltadoras (90.90%) alcanzan la máxima altura del CM justo en el momento en el que éste se encuentra a la altura del listón. Para la que no lo consigue es 0.01 m de diferencia.

Tabla 113.

Alturas de salto para la categoría cadete femenino.

	H0	H1	H2	H3	Hmax	HCML	ΔH
Saltadora 1 (1.63)	0.95	1.24	0.48	0.09	1.72	1.72	0.29
Saltadora 2 (1.60)	0.96	1.21	0.48	0.09	1.69	1.69	0.25
Saltadora 3 (1.57)	0.87	1.16	0.46	0.05	1.62	1.62	0.29
Saltadora 4 (1.57)	0.90	1.27	0.42	0.12	1.69	1.69	0.37
Saltadora 5 (1.57)	0.86	1.14	0.54	0.11	1.68	1.68	0.28
Saltadora 6 (1.54)	0.89	1.23	0.41	0.10	1.64	1.63	0.34
Saltadora 7 (1.54)	0.86	1.15	0.47	0.08	1.62	1.62	0.29
Saltadora 8 (1.54)	0.90	1.15	0.46	0.07	1.61	1.61	0.25
Saltadora 9 (1.54)	0.88	1.14	0.49	0.09	1.63	1.63	0.26
Saltadora 10 (1.54)	0.94	1.22	0.43	0.11	1.65	1.65	0.28
Saltadora 11 (1.50)	0.76	1.00	0.61	0.11	1.61	1.61	0.24
Media	0.88	1.17	0.47	0.09	1.65	1.65	0.28
Mínimo	0.76	1.00	0.42	0.05	1.61	1.61	0.24
Máximo	0.96	1.27	0.61	0.11	1.72	1.72	0.37
SD	0.05	0.07	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03

Leyenda: H0= altura del CM al inicio de la batida; H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; Hmax= máxima altura del CM; HCML= altura del CM sobre el listón; ΔH = recorrido vertical del CM durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 114.

Alturas de salto respecto al listón para la categoría cadete femenino.

	H1		H2		H3	
	m	% listón	m	% listón	m	% listón
Saltadora 1 (1.63)	1.24	76.07	0.48	29.44	0.09	5.52
Saltadora 2 (1.60)	1.21	75.62	0.48	30.00	0.09	5.62
Saltadora 3 (1.57)	1.16	73.88	0.46	29.29	0.05	3.18
Saltadora 4 (1.57)	1.27	80.89	0.42	26.75	0.12	7.64
Saltadora 5 (1.57)	1.14	72.61	0.54	34.39	0.11	7.00
Saltadora 6 (1.54)	1.23	79.87	0.41	26.62	0.10	6.49
Saltadora 7 (1.54)	1.15	74.67	0.47	30.51	0.08	5.19
Saltadora 8 (1.54)	1.15	74.67	0.46	29.87	0.07	4.54
Saltadora 9 (1.54)	1.14	74.02	0.49	31.81	0.09	5.84
Saltadora 10 (1.54)	1.22	79.22	0.43	27.92	0.11	7.14
Saltadora 11 (1.50)	1.00	66.66	0.61	40.66	0.11	7.33
Media	1.17	75.28	0.47	30.66	0.09	5.95
Mínimo	1.00	66.66	0.42	26.62	0.05	3.18
Máximo	1.27	80.89	0.61	40.66	0.11	7.64
SD	0.07	3.93	0.05	3.98	0.02	1.34

Leyenda: H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; SD= desviación típica.

Tabla 115.

Alturas de salto respecto a la estatura para la categoría cadete femenino.

	HTD		HTO	
	m	% estatura	m	% estatura
Saltadora 1 (1.63)	0.95	55.88	1.24	72.94
Saltadora 2 (1.60)	0.96	57.14	1.21	72.02
Saltadora 3 (1.57)	0.87	53.70	1.16	71.60
Saltadora 4 (1.57)	0.90	52.94	1.27	74.70
Saltadora 5 (1.57)	0.86	54.43	1.14	72.15
Saltadora 6 (1.54)	0.89	53.61	1.23	74.09
Saltadora 7 (1.54)	0.86	53.75	1.15	71.87
Saltadora 8 (1.54)	0.90	55.55	1.15	70.98
Saltadora 9 (1.54)	0.88	55.00	1.14	71.25
Saltadora 10 (1.54)	0.94	55.29	1.22	71.76
Saltadora 11 (1.50)	0.76	50.66	1.00	66.66
Media	0.88	54.36	1.17	71.82
Mínimo	0.76	50.66	1.00	66.66
Máximo	0.96	57.14	1.27	74.70
SD	0.05	1.72	0.07	2.06

Leyenda: HTD= altura del CM al inicio de la batida; HTO= altura del CM al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la contribución de los segmentos libres (tabla 117, 118, 119, y 120), el brazo de la pierna de batida tiene mayor velocidad angular que la pierna libre y que el brazo de la pierna de batida. El brazo de la pierna de batida alcanza su máxima velocidad angular en el instante que representa el 67.84% del total de la duración de la batida, la pierna libre lo hace al 32.99%, y el brazo de la pierna libre alcanza esta velocidad en el 15.56%. Al final de la batida la velocidad angular alcanzada representa el 70.23% de la máxima para el brazo de la pierna de batida, el 17.92% para la pierna libre, y el 7.57% para el brazo de la pierna libre.

Tabla 117.

Contribución de los segmentos libres para la categoría cadete femenino.

	BPL (°/s)	BPB (°/s)	Suma	PL (°/s)	Total
Saltadora 1 (1.63)	23.80	427.26	451.06	-58.69	392.37
Saltadora 2 (1.60)	177.12	417.00	594.12	379.05	973.17
Saltadora 3 (1.57)	-30.54	813.71	783.17	117.22	900.39
Saltadora 4 (1.57)	-109.99	689.42	579.43	265.91	845.34
Saltadora 5 (1.57)	35.59	47.85	83.44	25.98	109.42
Saltadora 6 (1.54)	199.95	429.58	629.53	76.47	706.00
Saltadora 7 (1.54)	39.75	294.45	334.20	68.63	402.83
Saltadora 8 (1.54)	-52.44	532.21	479.77	94.52	574.29
Saltadora 9 (1.54)	-101.45	536.88	435.43	18.81	454.24
Saltadora 10 (1.54)	2.43	315.15	317.58	143.65	461.23
Saltadora 11 (1.50)	281.17	469.71	750.88	441.70	1192.58
Media	42.30	452.11	494.41	143.02	637.44
Mínimo	-109.99	47.85	83.44	-58.69	109.42
Máximo	281.17	813.71	783.17	441.70	1192.58
SD	126.57	202.57	203.95	155.82	316.30

Leyenda: BPL= brazo de la pierna libre; BPB= brazo de la pierna de batida; PL= pierna libre; SD= desviación típica.

Tabla 118.

Contribución del brazo de la pierna de batida para la categoría cadete femenino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltadora 1 (1.63)	591.96	427.26	72.17	0.130	0.100	76.92
Saltadora 2 (1.60)	642.19	417.00	64.93	0.130	0.080	61.53
Saltadora 3 (1.57)	830.78	813.71	97.94	0.140	0.130	92.85
Saltadora 4 (1.57)	802.81	689.42	85.87	0.180	0.160	88.88
Saltadora 5 (1.57)	250.26	47.85	19.12	0.130	0.040	30.76
Saltadora 6 (1.54)	745.86	429.58	57.59	0.170	0.090	52.94
Saltadora 7 (1.54)	767.85	294.45	38.34	0.150	0.090	60.00
Saltadora 8 (1.54)	584.46	532.21	91.06	0.140	0.110	78.57
Saltadora 9 (1.54)	594.86	536.88	90.25	0.140	0.070	50.00
Saltadora 10 (1.54)	315.15	315.15	100.00	0.140	0.140	100.00
Saltadora 11 (1.50)	850.09	469.71	55.25	0.130	0.070	53.84
Media	634.20	452.11	70.23	0.143	0.098	67.84
SD	199.77	202.57	26.03	0.016	0.034	21.24

Leyenda: Vamax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 119.

Contribución del brazo de la pierna libre para la categoría cadete femenino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltadora 1 (1.63)	126.29	23.8	18.84	0.130	0	0
Saltadora 2 (1.60)	500.25	177.12	35.40	0.130	0	0
Saltadora 3 (1.57)	214.08	-30.54	-14.26	0.140	0	0
Saltadora 4 (1.57)	314.14	-109.99	-35.01	0.180	0	0
Saltadora 5 (1.57)	439.31	35.59	8.10	0.130	0	0
Saltadora 6 (1.54)	715.06	199.95	27.96	0.170	0.030	17.64
Saltadora 7 (1.54)	513.49	39.75	7.74	0.150	0.040	26.66
Saltadora 8 (1.54)	295.82	-52.44	-17.72	0.140	0.020	14.28
Saltadora 9 (1.54)	360.11	-101.45	-28.17	0.140	0.050	35.71
Saltadora 10 (1.54)	318.71	2.43	0.76	0.140	0	0
Saltadora 11 (1.50)	353.04	281.17	79.64	0.130	0.100	76.92
Media	377.30	42.30	7.57	0.143	0.021	15.56
SD	160.05	126.57	32.81	0.016	0.031	23.98

Leyenda: Vamax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 120.

Contribución de la pierna libre para la categoría cadete femenino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltadora 1 (1.63)	961.37	-58.69	-6.10	0.130	0.040	30.76
Saltadora 2 (1.60)	883.42	379.05	42.90	0.130	0.040	30.76
Saltadora 3 (1.57)	982.58	117.22	11.92	0.140	0.060	42.85
Saltadora 4 (1.57)	635.96	265.91	41.81	0.180	0.050	27.77
Saltadora 5 (1.57)	1002.93	25.98	2.59	0.130	0.040	30.76
Saltadora 6 (1.54)	950.83	76.47	8.04	0.170	0.060	35.29
Saltadora 7 (1.54)	844.88	68.63	8.12	0.150	0.060	40.00
Saltadora 8 (1.54)	1129.33	94.52	8.36	0.140	0.040	28.57
Saltadora 9 (1.54)	960.81	18.81	1.95	0.140	0.040	28.57
Saltadora 10 (1.54)	696.73	143.65	20.61	0.140	0.030	21.42
Saltadora 11 (1.50)	776.18	441.70	56.90	0.130	0.060	46.15
Media	893.18	143.02	17.92	0.143	0.047	32.99
SD	144.64	155.82	20.27	0.016	0.011	7.34

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis del ángulo de la rodilla durante la batida (tabla 121), al inicio de la batida el ángulo de la rodilla es de 157° (146-165°). Este ángulo indica un nivel de flexión de 22° (15-34°). En el punto de mayor flexión, el ángulo se encuentra en unos valores medios de 146° (134-155°). Se reducen los valores iniciales en 10° (1-16°). Al final de la batida los saltadores terminan la acción sin tener la rodilla totalmente estirada (159-173°).

Tabla 121.

Ángulo de la rodilla durante la batida para la categoría cadete femenino.

	Rodilla TD (°)	Rodilla sostén (°)	Rodilla TO (°)	Flexión (°)
Saltadora 1 (1.63)	154	148	173	26
Saltadora 2 (1.60)	163	155	171	17
Saltadora 3 (1.57)	159	146	167	21
Saltadora 4 (1.57)	146	134	171	34
Saltadora 5 (1.57)	161	149	165	19
Saltadora 6 (1.54)	151	150	169	29
Saltadora 7 (1.54)	157	141	172	23
Saltadora 8 (1.54)	165	149	168	15
Saltadora 9 (1.54)	163	155	170	17
Saltadora 10 (1.54)	159	149	173	21
Saltadora 11 (1.50)	151	140	159	29
Media	157.18	146.90	168.90	22.81
Mínimo	146	134	159	15
Máximo	165	155	173	34
SD	6.01	6.36	4.13	6.01

Leyenda: TD= inicio de la batida; TO= final de la batida; SD= desviación típica.

5.1.5. Junior femenino

En relación al análisis de las duraciones (tabla 122), la duración de los apoyos aumenta en el último paso 0.006 s (0.010-0.040 s). La duración de la fase aérea se reduce 0.065 s (0.030-0.100 s). La duración de la batida oscila en 0.050 s (0.130-0.180 s).

Tabla 122.

Tiempos de contacto y vuelo para la categoría junior femenino.

	Penúltimo paso		Último paso		Batida
	TC (s)	TV (s)	TC (s)	TV (s)	TC (s)
Saltadora 1 (1.70)	0.130	0.120	0.130	0.090	0.140
Saltadora 2 (1.64)	0.150	0.190	0.170	0.090	0.180
Saltadora 3 (1.62)	0.160	0.140	0.140	0.090	0.160
Saltadora 4 (1.60)	0.110	0.150	0.150	0.070	0.140
Saltadora 5 (1.60)	0.110	0.170	0.120	0.070	0.130
Saltadora 6 (1.58)	0.130	0.140	0.120	0.080	0.150
Saltadora 7 (1.55)	0.130	0.120	0.130	0.080	0.140
Saltadora 8 (1.55)	0.130	0.150	0.150	0.070	0.160
Saltadora 9 (1.50)	0.130	0.150	0.130	0.100	0.130
Media	0.131	0.147	0.137	0.082	0.147
Mínimo	0.110	0.120	0.120	0.070	0.130
Máximo	0.160	0.190	0.170	0.100	0.180
SD	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01

Leyenda: TC= tiempo de contacto; TV= tiempo de vuelo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la inclinación lateral durante los dos últimos apoyos de carrera (tabla 126), la inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo es 9° (4-15°) menor que la inclinación lateral en el penúltimo apoyo.

Tabla 126.

Características del antepenúltimo apoyo para la categoría junior femenino.

	ILCAP (°)	ILCPA (°)	Diferencia (°)
Saltadora 1 (1.70)	68	74	6
Saltadora 2 (1.64)	70	85	15
Saltadora 3 (1.62)	73	83	10
Saltadora 4 (1.60)	70	81	11
Saltadora 5 (1.60)	69	73	4
Saltadora 6 (1.58)	70	82	12
Saltadora 7 (1.55)	71	78	7
Saltadora 8 (1.55)	73	85	12
Saltadora 9 (1.50)	72	83	11
Media	70.66	80.44	9.77
Mínimo	68	73	4
Máximo	73	85	15
SD	1.73	4.47	3.45

Leyenda: ILCAP= inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo; ILCPA= inclinación lateral en el penúltimo apoyo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de los pasos finales de carrera (tabla 123 y 124), la longitud del último paso de carrera es menor que la del penúltimo paso en 0.12 m (0.01-0.41 m). La frecuencia y la velocidad aumentan en el último paso. La frecuencia aumenta en 0.96 p/s (0.54-1.69 p/s) y la velocidad aumenta en 1.16 m/s (0.88-2.01 m/s). La longitud media del último paso es similar a la estatura de la saltadora. Este valor es del 99.62% (92.44-108.23%).

Tabla 123.

Características de los últimos pasos de carrera para la categoría junior femenino.

	Penúltimo paso			Último paso		
	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)
Saltadora 1 (1.70)	1.66	4.00	6.25	1.70	4.54	6.12
Saltadora 2 (1.64)	2.13	2.94	6.19	1.86	3.84	6.00
Saltadora 3 (1.62)	1.95	3.33	6.56	1.84	4.34	6.27
Saltadora 4 (1.60)	1.96	3.84	6.63	1.55	4.54	6.13
Saltadora 5 (1.60)	1.78	3.57	6.66	1.59	5.26	6.06
Saltadora 6 (1.58)	1.64	3.70	6.13	1.54	5.00	5.71
Saltadora 7 (1.55)	1.56	4.00	6.40	1.60	4.76	6.28
Saltadora 8 (1.55)	1.68	3.57	6.29	1.60	4.54	5.83
Saltadora 9 (1.50)	1.70	3.57	6.15	1.69	4.34	6.12
Media	1.78	3.61	6.36	1.66	4.57	6.05
Mínimo	1.64	2.94	6.13	1.54	3.84	5.71
Máximo	2.13	4.00	6.66	1.86	5.26	6.28
SD	0.18	0.33	0.20	0.11	0.40	0.18

Tabla 124.

Evolución de los últimos pasos de carrera para la categoría junior femenino.

	Penúltimo paso		Último paso	
	LPP (m)	% talla	LUP (m)	% talla
Saltadora 1 (1.70)	1.66	103.75	1.70	106.25
Saltadora 2 (1.64)	2.13	115.76	1.86	101.08
Saltadora 3 (1.62)	1.95	114.70	1.84	108.23
Saltadora 4 (1.60)	1.96	118.07	1.55	93.37
Saltadora 5 (1.60)	1.78	103.48	1.59	92.44
Saltadora 6 (1.58)	1.64	101.86	1.54	95.65
Saltadora 7 (1.55)	1.56	92.85	1.60	95.23
Saltadora 8 (1.55)	1.68	103.70	1.60	98.76
Saltadora 9 (1.50)	1.70	106.25	1.69	105.62
Media	1.78	106.71	1.66	99.62
Mínimo	1.64	92.85	1.54	92.44
Máximo	2.13	118.07	1.86	108.23
SD	0.18	8.05	0.11	5.94

Leyenda: LPP= longitud del penúltimo paso; LUP= longitud del último paso; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la orientación de los apoyos y la trayectoria del CM (tabla 125), el ángulo que describe la trayectoria del centro de masas respecto al listón durante la parte final de carrera es más abierto que el de los apoyos. Tres saltadoras tienen una relación de los ángulos del centro de masas en la fase aérea $P2 > P1 > P0$, una saltadora tienen una relación $P2 > P1 = P0$, y cinco saltadoras tienen una relación $P2 > P1 < P0$. La orientación del penúltimo apoyo es más abierta que la orientación del antepenúltimo y que la batida en relación a la trayectoria de la zancada.

Tabla 125.

Trayectoria del CM y orientación de los apoyos al final de la carrera para la categoría junior femenino.

	Trayectoria del CM			Orientación del pie		
	P2 (°)	P1 (°)	P0 (°)	t2 (°)	t1 (°)	e1 (°)
Saltadora 1 (1.70)	43	37	39	11	47	15
Saltadora 2 (1.64)	51	42	36	43	60	23
Saltadora 3 (1.62)	46	34	43	27	30	16
Saltadora 4 (1.60)	38	29	30	14	24	7
Saltadora 5 (1.60)	44	30	25	32	30	15
Saltadora 6 (1.58)	42	33	35	28	32	8
Saltadora 7 (1.55)	36	29	34	26	11	2
Saltadora 8 (1.55)	34	24	24	23	22	14
Saltadora 9 (1.50)	45	32	30	55	40	13
Media	42.11	32.22	32.88	28.77	32.88	12.55
Mínimo	34	24	24	11	11	2
Máximo	51	42	43	55	60	23
SD	5.32	5.19	6.25	13.59	14.48	6.10

Leyenda: P2= ángulo del CM en la fase aérea del penúltimo paso; P1= ángulo del CM en la fase aérea del último paso; P0= ángulo de entrada a la batida; t2= ángulo del penúltimo paso; t1= ángulo del último paso; e1= orientación del apoyo en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las inclinaciones durante la batida (tabla 127), al inicio de la acción de batida el nivel de inclinación anterior es de 80° (76-84°) y de 90° (83-94°) al final. La inclinación anterior se modifica en 10° (0-14°) entre el inicio y el final de la batida. Las saltadoras terminan la acción vertical y varía entre saltadoras 7° hacia atrás y 4° hacia delante. La inclinación lateral inicial es de 8° (2-13°) respecto a la vertical. Al final de la batida las saltadoras terminan 8°.

Tabla 127.

Inclinaciones durante la batida para la categoría junior femenino.

	Inclinación anterior			Inclinación lateral		
	IATD	IATO	TD-TO	ILTD	ILTO	TD-TO
Saltadora 1 (1.70)	76	86	10	84	97	13
Saltadora 2 (1.64)	83	83	0	80	98	18
Saltadora 3 (1.62)	81	92	11	88	109	21
Saltadora 4 (1.60)	80	94	14	82	95	13
Saltadora 5 (1.60)	79	90	11	77	88	11
Saltadora 6 (1.58)	78	92	14	83	106	23
Saltadora 7 (1.55)	84	89	5	82	96	14
Saltadora 8 (1.55)	80	93	13	83	101	18
Saltadora 9 (1.50)	81	92	11	85	96	11
Media	80.22	90.11	9.88	82.66	98.44	15.77
Mínimo	76	83	0	77	88	11
Máximo	84	94	14	88	109	23
SD	2.43	3.58	4.59	3.08	6.22	4.38

Leyenda: IATD= inclinación anterior al inicio de la batida; IATO= inclinación anterior al final de la batida; ILTD= inclinación lateral al inicio de la batida; ILTO= inclinación lateral al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las características generales de la batida (tabla 128), la distancia frontal de batida es de 0.49 m (0.17-0.84 m). Respecto a la altura del listón representa el 31.13% (10.62-54.19%) y respecto a la estatura de los saltadores el 29.90% (9.88-50%). La distancia entre el centro de masas y el apoyo de batida indica que las saltadoras llegan con una inclinación hacia atrás. Esta distancia es de 0.60 m (0.51-0.69 m). Cuatro saltadoras (el 44.44%) realizan la batida con un ángulo inferior a la media (40°). Este ángulo se sitúa en valores de 36-39°.

Tabla 128.

Características generales de la batida para la categoría junior femenino.

	Distancia frontal		Distancia frontal		Otros		
	DF (m)	% listón	DF (m)	% talla	CM-AP	ATD (°)	α (°)
Saltadora 1 (1.70)	0.64	37.64	0.64	40.00	0.61	32	45
Saltadora 2 (1.64)	0.34	20.73	0.34	18.47	0.51	30	42
Saltadora 3 (1.62)	0.69	42.59	0.69	40.58	0.68	32	42
Saltadora 4 (1.60)	0.56	35.00	0.56	33.73	0.64	22	41
Saltadora 5 (1.60)	0.17	10.62	0.17	9.88	0.57	30	39
Saltadora 6 (1.58)	0.60	37.97	0.60	37.26	0.62	28	41
Saltadora 7 (1.55)	0.84	54.19	0.84	50.00	0.55	23	36
Saltadora 8 (1.55)	0.26	16.77	0.26	16.04	0.69	29	39
Saltadora 9 (1.50)	0.37	24.66	0.37	23.12	0.57	27	37
Media	0.49	31.13	0.49	29.90	0.60	28.11	40.22
Mínimo	0.17	10.62	0.17	9.88	0.51	22	36
Máximo	0.84	54.19	0.84	50.00	0.69	32	45
SD	0.22	13.89	0.22	13.50	0.06	3.58	2.77

Leyenda: DF= distancia frontal de batida; CM-AP= distancia entre el CM y el apoyo en la batida; ATD= ángulo del apoyo al inicio de la batida; α = ángulo de proyección en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la velocidad durante la batida (tabla 132), la velocidad horizontal del CM experimenta una reducción entre el inicio y el final de la batida de 1.93 m/s (1.36-2.31 m/s). Esta reducción en la velocidad horizontal es del 33.68% (25.32-40.10%) respecto a la velocidad inicial. La velocidad vertical aumenta en 3.13 m/s (2.70-3.57 m/s). Este incremento de velocidad vertical es superior a la media en el 44.44% de las saltadoras. Los valores de velocidad vertical al inicio de la batida son cercanos a 0, oscilando entre -0.06 m/s y 0.60 m/s.

Tabla 132.

Velocidad del CM durante la batida para la categoría junior femenino.

	Velocidad horizontal (m/s)			Velocidad vertical (m/s)			Suma
	VhTD	VhTO	ΔV_h	VvTD	VvTO	ΔV_v	VR
Saltadora 1 (1.70)	5.92	3.62	-2.30	0.16	3.73	3.57	5.20
Saltadora 2 (1.64)	5.76	3.45	-2.31	-0.04	3.17	3.21	4.68
Saltadora 3 (1.62)	5.78	3.52	-2.26	0.12	3.23	3.11	4.78
Saltadora 4 (1.60)	5.17	3.72	-1.45	0.26	3.33	3.07	5.00
Saltadora 5 (1.60)	5.91	3.97	-1.94	0.60	3.30	2.70	5.16
Saltadora 6 (1.58)	5.81	3.62	-2.19	-0.01	3.26	3.27	4.88
Saltadora 7 (1.55)	6.20	4.57	-1.63	0.09	3.41	3.32	5.71
Saltadora 8 (1.55)	5.67	3.72	-1.95	-0.06	3.07	3.13	4.83
Saltadora 9 (1.50)	5.37	4.01	-1.36	0.18	3.05	2.87	5.04
Media	5.73	3.80	-1.93	0.14	3.28	3.13	5.03
Mínimo	5.17	3.45	-1.36	-0.06	3.05	2.70	4.68
Máximo	6.20	4.57	-2.31	0.60	3.73	3.57	5.71
SD	0.30	0.34	0.37	0.20	0.20	0.25	0.30

Leyenda: VhTD= velocidad horizontal al inicio de la batida; VhTO= velocidad horizontal al final de la batida; ΔV_h = reducción en la velocidad horizontal durante la batida; VvTD= velocidad vertical al inicio de la batida; VvTO= velocidad vertical al final de la batida; ΔV_v = incremento en la velocidad vertical durante la batida; VR= velocidad resultante al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las alturas (tabla 129, 130, y 131), la altura del CM al llegar a la batida es de 0.86 m (0.83-0.95 m) y representa el 51.65% (50-53.41%) de la estatura de la saltadora. Al final de la batida las saltadoras son capaces de ubicar el CM a una altura media de 1.17 m (1.10-1.32 m) y representa el 74% (68.82-80.48%) de la altura del listón y el 70.59% (67.46-73.12%) de la estatura. El recorrido de aceleración durante la batida es de 0.31 m (0.25-0.37 m). La altura de vuelo es de 0.49 m (0.42-0.60 m) y representa el 30.70% (27.09-35.29%) de la altura del listón. La eficacia de paso del CM por el listón es de 0.07 m (0.04-0.18 m). Ocho saltadoras (88.88%) no alcanzan la máxima altura del CM justo en el momento en el que éste se encuentra a la altura del listón. La diferencia es de 0.01-0.13 m.

Tabla 129.

Alturas de salto para la categoría junior femenino.

	H0	H1	H2	H3	Hmax	HCML	ΔH
Saltadora 1 (1.70)	0.84	1.17	0.60	0.07	1.77	1.77	0.33
Saltadora 2 (1.64)	0.95	1.32	0.50	0.18	1.82	1.74	0.37
Saltadora 3 (1.62)	0.87	1.22	0.45	0.05	1.67	1.66	0.35
Saltadora 4 (1.60)	0.83	1.12	0.54	0.06	1.66	1.56	0.29
Saltadora 5 (1.60)	0.87	1.18	0.48	0.06	1.66	1.59	0.31
Saltadora 6 (1.58)	0.86	1.15	0.47	0.04	1.62	1.59	0.29
Saltadora 7 (1.55)	0.85	1.17	0.50	0.12	1.67	1.66	0.32
Saltadora 8 (1.55)	0.84	1.18	0.42	0.05	1.60	1.47	0.34
Saltadora 9 (1.50)	0.85	1.10	0.45	0.05	1.55	1.48	0.25
Media	0.86	1.17	0.49	0.07	1.66	1.61	0.31
Mínimo	0.83	1.10	0.42	0.04	1.55	1.47	0.25
Máximo	0.95	1.32	0.60	0.18	1.82	1.77	0.37
SD	0.03	0.06	0.05	0.04	0.08	0.10	0.03

Leyenda: H0= altura del CM al inicio de la batida; H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; Hmax= máxima altura del CM; HCML= altura del CM sobre el listón; ΔH = recorrido vertical del CM durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 130.

Alturas de salto respecto al listón para la categoría junior femenino.

	H1		H2		H3	
	m	% listón	m	% listón	m	% listón
Saltadora 1 (1.70)	1.17	68.82	0.60	35.29	0.07	4.11
Saltadora 2 (1.64)	1.32	80.48	0.50	30.48	0.18	10.97
Saltadora 3 (1.62)	1.22	75.30	0.45	27.77	0.05	3.08
Saltadora 4 (1.60)	1.12	70.00	0.54	33.75	0.06	3.75
Saltadora 5 (1.60)	1.18	73.75	0.48	30.00	0.06	3.75
Saltadora 6 (1.58)	1.15	72.78	0.47	29.74	0.04	2.53
Saltadora 7 (1.55)	1.17	75.48	0.50	32.25	0.12	7.74
Saltadora 8 (1.55)	1.18	76.12	0.42	27.09	0.05	3.22
Saltadora 9 (1.50)	1.10	73.33	0.45	30.00	0.05	3.33
Media	1.17	74.00	0.49	30.70	0.07	4.72
Mínimo	1.10	68.82	0.42	27.09	0.04	2.53
Máximo	1.32	80.48	0.60	35.29	0.18	10.97
SD	0.06	3.44	0.05	2.65	0.04	2.78

Leyenda: H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; SD= desviación típica.

Tabla 131.

Alturas de salto respecto a la estatura para la categoría junior femenino.

	HTD		HTO	
	m	% estatura	m	% estatura
Saltadora 1 (1.70)	0.84	52.50	1.17	73.12
Saltadora 2 (1.64)	0.95	51.63	1.32	71.73
Saltadora 3 (1.62)	0.87	51.17	1.22	71.76
Saltadora 4 (1.60)	0.83	50.00	1.12	67.46
Saltadora 5 (1.60)	0.87	50.58	1.18	68.60
Saltadora 6 (1.58)	0.86	53.41	1.15	71.42
Saltadora 7 (1.55)	0.85	50.59	1.17	69.64
Saltadora 8 (1.55)	0.84	51.85	1.18	72.83
Saltadora 9 (1.50)	0.85	53.12	1.10	68.75
Media	0.86	51.65	1.17	70.59
Mínimo	0.83	50.00	1.10	67.46
Máximo	0.95	53.41	1.32	73.12
SD	0.03	1.18	0.06	2.02

Leyenda: HTD= altura del CM al inicio de la batida; HTO= altura del CM al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la contribución de los segmentos libres (tabla 133, 134, 135, y 136), el brazo de la pierna de batida tiene mayor velocidad angular que el brazo de la pierna libre. El brazo de la pierna de batida alcanza su máxima velocidad angular en el instante que representa el 66.12% del total de la duración de la batida, el brazo de la pierna libre alcanza esta velocidad en el 39.24%, y la pierna libre lo hace al 34.74%. Al final de la batida la velocidad angular alcanzada representa el 66.92% de la máxima para el brazo de la pierna de batida, y el 36.08% para el brazo de la pierna libre. Para la pierna libre el porcentaje es negativo (-3.34%).

Tabla 133.

Contribución de los segmentos libres para la categoría junior femenino.

	BPL (°/s)	BPB (°/s)	Suma	PL (°/s)	Total
Saltadora 1 (1.70)	-109.18	249.88	140.70	-142.81	-2.11
Saltadora 2 (1.64)	489.85	217.78	707.63	-87.51	620.12
Saltadora 3 (1.62)	240.93	70.82	311.75	-63.41	248.34
Saltadora 4 (1.60)	204.28	502.67	706.95	146.93	853.88
Saltadora 5 (1.60)	-85.91	651.71	565.80	-124.88	440.92
Saltadora 6 (1.58)	-73.69	502.46	428.77	41.09	469.86
Saltadora 7 (1.55)	812.05	627.86	1439.91	138.12	1578.03
Saltadora 8 (1.55)	27.31	133.84	161.15	-310.06	-148.91
Saltadora 9 (1.50)	325.27	519.93	845.20	-23.02	822.18
Media	203.43	386.32	589.76	-47.28	542.47
Mínimo	-109.18	70.82	140.70	-310.06	-148.91
Máximo	812.05	651.71	1439.91	146.93	1578.03
SD	307.80	219.07	403.85	144.29	516.03

Leyenda: BPL= brazo de la pierna libre; BPB= brazo de la pierna de batida; PL= pierna libre; SD= desviación típica.

Tabla 134.

Contribución del brazo de la pierna de batida para la categoría junior femenino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltadora 1 (1.70)	289.91	249.88	86.19	0.140	0.090	64.28
Saltadora 2 (1.64)	337.90	217.78	64.45	0.180	0.100	55.55
Saltadora 3 (1.62)	393.98	70.82	17.97	0.160	0.090	56.25
Saltadora 4 (1.60)	687.42	502.67	73.12	0.140	0.080	57.14
Saltadora 5 (1.60)	651.71	651.71	100.00	0.130	0.130	100.00
Saltadora 6 (1.58)	641.76	502.46	78.29	0.150	0.100	66.66
Saltadora 7 (1.55)	663.71	627.86	94.59	0.140	0.130	92.85
Saltadora 8 (1.55)	748.86	133.84	17.87	0.160	0.090	56.25
Saltadora 9 (1.50)	744.51	519.93	69.83	0.130	0.060	46.15
Media	573.30	386.32	66.92	0.147	0.096	66.12
SD	180.29	219.07	30.03	0.016	0.022	18.20

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 135.

Contribución del brazo de la pierna libre para la categoría junior femenino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltadora 1 (1.70)	464.04	-109.18	-23.52	0.140	0	0
Saltadora 2 (1.64)	542.76	489.85	90.25	0.180	0.160	88.88
Saltadora 3 (1.62)	240.93	240.93	100.00	0.160	0.160	100.00
Saltadora 4 (1.60)	1093.92	204.28	18.67	0.140	0.030	21.42
Saltadora 5 (1.60)	535.87	-85.91	-16.03	0.130	0	0
Saltadora 6 (1.58)	498.53	-73.69	-14.78	0.150	0	0
Saltadora 7 (1.55)	876.80	812.05	92.61	0.140	0.130	92.85
Saltadora 8 (1.55)	1024.11	27.31	2.66	0.160	0.080	50.00
Saltadora 9 (1.50)	434.34	325.27	74.88	0.130	0	0
Media	634.58	203.43	36.08	0.147	0.062	39.24
SD	292.02	307.80	52.43	0.016	0.071	44.19

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 136.

Contribución de la pierna libre para la categoría junior femenino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltadora 1 (1.70)	1210.14	-142.81	-11.80	0.140	0.050	35.71
Saltadora 2 (1.64)	956.49	-87.51	-9.14	0.180	0.060	33.33
Saltadora 3 (1.62)	897.95	-63.41	-7.06	0.160	0.030	18.75
Saltadora 4 (1.60)	790.36	146.93	18.59	0.140	0.080	57.14
Saltadora 5 (1.60)	903.81	-124.88	-13.81	0.130	0.040	30.76
Saltadora 6 (1.58)	887.27	41.09	4.63	0.150	0.050	33.33
Saltadora 7 (1.55)	725.85	138.12	19.02	0.140	0.030	21.42
Saltadora 8 (1.55)	1103.58	-310.06	-28.09	0.160	0.070	43.75
Saltadora 9 (1.50)	931.55	-23.02	-2.47	0.130	0.050	38.46
Media	934.11	-47.28	-3.34	0.147	0.051	34.74
SD	147.42	144.29	15.35	0.016	0.016	11.45

Leyenda: Vamax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis del ángulo de la rodilla durante la batida (tabla 137), al inicio de la batida el ángulo de la rodilla es de 154° (143-167°). Este ángulo indica un nivel de flexión de 25° (13-37°). En el punto de mayor flexión, el ángulo se encuentra en unos valores medios de 139° (130-149°). Se reducen los valores iniciales en 15° (10-28°). Al final de la batida las saltadoras terminan la acción sin tener la rodilla totalmente estirada (151-174°).

Tabla 137.

Ángulo de la rodilla durante la batida para la categoría junior femenino.

	Rodilla TD (°)	Rodilla sostén (°)	Rodilla TO (°)	Flexión (°)
Saltadora 1 (1.70)	158	144	173	22
Saltadora 2 (1.64)	152	139	174	28
Saltadora 3 (1.62)	158	130	163	22
Saltadora 4 (1.60)	150	138	151	30
Saltadora 5 (1.60)	164	149	170	16
Saltadora 6 (1.58)	143	133	163	37
Saltadora 7 (1.55)	148	137	167	32
Saltadora 8 (1.55)	167	146	167	13
Saltadora 9 (1.50)	154	136	161	26
Media	154.88	139.11	165.44	25.11
Mínimo	143	130	151	13
Máximo	167	149	174	37
SD	7.67	6.17	7.03	7.67

Leyenda: TD= inicio de la batida; TO= final de la batida; SD= desviación típica.

5.1.6. Senior femenino

En relación al análisis de las duraciones (tabla 138), la duración de los apoyos disminuye en el último paso 0.008 s (0.010-0.030 s). La duración de la fase aérea se reduce 0.053 s (0.010-0.080 s). La duración de la batida oscila en 0.030 s (0.120-0.150 s).

Tabla 138.

Tiempos de contacto y vuelo para la categoría senior femenino.

	Penúltimo paso		Último paso		Batida
	TC (s)	TV (s)	TC (s)	TV (s)	TC (s)
Saltadora 1 (1.93)	0.150	0.170	0.120	0.100	0.140
Saltadora 2 (1.85)	0.160	0.160	0.130	0.100	0.130
Saltadora 3 (1.77)	0.110	0.140	0.130	0.090	0.140
Saltadora 4 (1.74)	0.140	0.180	0.130	0.100	0.140
Saltadora 5 (1.74)	0.150	0.150	0.150	0.090	0.150
Saltadora 6 (1.71)	0.140	0.130	0.140	0.080	0.130
Saltadora 7 (1.71)	0.150	0.150	0.130	0.100	0.140
Saltadora 8 (1.68)	0.170	0.130	0.140	0.110	0.140
Saltadora 9 (1.68)	0.130	0.140	0.120	0.080	0.140
Saltadora 10 (1.68)	0.120	0.160	0.140	0.090	0.140
Saltadora 11 (1.64)	0.140	0.120	0.140	0.110	0.120
Saltadora 12 (1.64)	0.150	0.150	0.140	0.090	0.150
Media	0.142	0.148	0.134	0.095	0.138
Mínimo	0.110	0.120	0.120	0.080	0.120
Máximo	0.170	0.180	0.150	0.110	0.150
SD	0.01	0.01	0.009	0.01	0.008

Leyenda: TC= tiempo de contacto; TV= tiempo de vuelo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la inclinación lateral durante los dos últimos apoyos de carrera (tabla 142), la inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo es 6° (1-12°) menor que la inclinación lateral en el penúltimo apoyo.

Tabla 142.

Características del antepenúltimo apoyo para la categoría senior femenino.

	ILCAP (°)	ILCPA (°)	Diferencia (°)
Saltadora 1 (1.93)	65	70	5
Saltadora 2 (1.85)	69	80	11
Saltadora 3 (1.77)	71	74	3
Saltadora 4 (1.74)	69	81	12
Saltadora 5 (1.74)	69	73	4
Saltadora 6 (1.71)	67	74	7
Saltadora 7 (1.71)	71	79	8
Saltadora 8 (1.68)	78	79	1
Saltadora 9 (1.68)	66	71	5
Saltadora 10 (1.68)	69	75	6
Saltadora 11 (1.64)	70	78	8
Saltadora 12 (1.64)	74	79	5
Media	69.83	76.08	6.25
Mínimo	65	70	1
Máximo	78	81	12
SD	3.51	3.70	3.16

Leyenda: ILCAP= inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo; ILCPA= inclinación lateral en el penúltimo apoyo; SD= desviación típica.

En relación al análisis de los pasos finales de carrera (tabla 139 y 140), la longitud del último paso de carrera es menor que la del penúltimo paso en 0.06 m (0.01-0.23 m). La frecuencia y la velocidad aumentan en el último paso. La frecuencia aumenta en 0.91 p/s (0.16-1.42 p/s) y la velocidad aumenta en 1.42 m/s (0.48-2.33 m/s). La longitud media del último paso es similar a la estatura de las saltadoras. Este valor es del 104.46% (97.91-110.49%).

Tabla 139.

Características de los últimos pasos de carrera para la categoría senior femenino.

	Penúltimo paso			Último paso		
	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)	Longitud (m)	Frecuencia (p/s)	Velocidad (m/s)
Saltadora 1 (1.93)	1.99	3.12	6.59	1.88	4.54	6.49
Saltadora 2 (1.85)	2.08	3.12	6.87	1.91	4.34	6.44
Saltadora 3 (1.77)	1.62	4.00	6.35	1.73	4.54	6.15
Saltadora 4 (1.74)	2.05	3.12	6.64	1.82	4.34	6.10
Saltadora 5 (1.74)	1.87	3.33	6.49	1.77	4.16	6.24
Saltadora 6 (1.71)	1.71	3.70	6.27	1.70	4.54	6.16
Saltadora 7 (1.71)	1.90	3.33	6.55	1.73	4.34	6.27
Saltadora 8 (1.68)	1.81	3.33	6.28	1.87	4.00	6.14
Saltadora 9 (1.68)	1.76	3.70	6.50	1.70	5.00	6.39
Saltadora 10 (1.68)	1.78	3.57	6.35	1.70	4.34	6.11
Saltadora 11 (1.64)	1.74	3.84	6.34	1.79	4.00	6.11
Saltadora 12 (1.64)	1.74	3.33	5.96	1.67	4.34	5.91
Media	1.83	3.45	6.43	1.77	4.37	6.20
Mínimo	1.62	3.12	5.96	1.67	4.00	5.91
Máximo	2.08	4.00	6.87	1.91	5.00	6.49
SD	0.14	0.29	0.22	0.08	0.27	0.16

Tabla 140.

Evolución de los últimos pasos de carrera para la categoría senior femenino.

	Penúltimo paso		Último paso	
	LPP (m)	% talla	LUP (m)	% talla
Saltadora 1 (1.93)	1.99	103.64	1.88	97.91
Saltadora 2 (1.85)	2.08	118.18	1.91	108.52
Saltadora 3 (1.77)	1.62	96.42	1.73	102.97
Saltadora 4 (1.74)	2.05	110.81	1.82	98.37
Saltadora 5 (1.74)	1.87	114.02	1.77	107.92
Saltadora 6 (1.71)	1.71	106.87	1.70	106.25
Saltadora 7 (1.71)	1.90	113.09	1.73	102.97
Saltadora 8 (1.68)	1.81	104.02	1.87	107.47
Saltadora 9 (1.68)	1.76	107.31	1.70	103.65
Saltadora 10 (1.68)	1.78	112.65	1.70	107.59
Saltadora 11 (1.64)	1.74	107.40	1.79	110.49
Saltadora 12 (1.64)	1.74	103.57	1.67	99.40
Media	1.83	108.16	1.77	104.46
Mínimo	1.62	96.42	1.67	97.91
Máximo	2.08	118.18	1.91	110.49
SD	0.14	5.92	0.08	4.23

Leyenda: LPP= longitud del penúltimo paso; LUP= longitud del último paso; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la orientación de los apoyos y la trayectoria del CM (tabla 141), el ángulo que describe la trayectoria del centro de masas respecto al listón durante la parte final de carrera es más abierto que el de los apoyos. Una saltadora tiene una relación de los ángulos del centro de masas en la fase aérea $P2 > P1 > P0$, tres saltadoras tienen una relación $P2 > P1 = P0$, y ocho saltadoras tienen una relación $P2 > P1 < P0$. La orientación del penúltimo apoyo es más abierta que la orientación del antepenúltimo y que la batida en relación a la trayectoria de la zancada.

Tabla 141.

Trayectoria del CM y orientación de los apoyos al final de la carrera para la categoría senior femenino.

	Trayectoria del CM			Orientación del pie		
	P2 (°)	P1 (°)	P0 (°)	t2 (°)	t1 (°)	e1 (°)
Saltadora 1 (1.93)	39	31	37	17	10	9
Saltadora 2 (1.85)	50	40	41	28	35	10
Saltadora 3 (1.77)	38	28	29	19	22	2
Saltadora 4 (1.74)	50	42	44	26	57	10
Saltadora 5 (1.74)	43	34	38	27	42	8
Saltadora 6 (1.71)	42	34	36	28	57	8
Saltadora 7 (1.71)	43	36	33	17	37	8
Saltadora 8 (1.68)	47	38	41	26	51	15
Saltadora 9 (1.68)	46	37	37	22	38	17
Saltadora 10 (1.68)	47	38	42	47	30	9
Saltadora 11 (1.64)	39	29	29	26	11	17
Saltadora 12 (1.64)	42	34	34	34	24	18
Media	43.83	35.08	36.75	26.41	34.5	10.91
Mínimo	38	28	29	17	10	2
Máximo	50	42	44	47	57	18
SD	4.15	4.27	4.86	8.19	15.95	4.81

Leyenda: P2= ángulo del CM en la fase aérea del penúltimo paso; P1= ángulo del CM en la fase aérea del último paso; P0= ángulo de entrada a la batida; t2= ángulo del penúltimo paso; t1= ángulo del último paso; e1= orientación del apoyo en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las inclinaciones durante la batida (tabla 143), al inicio de la acción de batida el nivel de inclinación anterior es de 78° (72-84°) y de 88° (82-96°) al final. La inclinación anterior se modifica en 10° (6-15°) entre el inicio y el final de la batida. Las saltadoras que terminan la acción con una inclinación hacia atrás es de 2° (1-8°). La inclinación lateral inicial es de 5° (0-10°) respecto a la vertical. Al final de la batida las saltadoras terminan 9° (7-13°) inclinadas hacia la colchoneta.

Tabla 143.

Inclinaciones durante la batida para la categoría senior femenino.

	Inclinación anterior			Inclinación lateral		
	IATD	IATO	TD-TO	ILTD	ILTO	TD-TO
Saltadora 1 (1.93)	72	82	10	89	101	12
Saltadora 2 (1.85)	75	90	15	85	98	13
Saltadora 3 (1.77)	77	84	7	87	97	10
Saltadora 4 (1.74)	76	90	14	90	103	13
Saltadora 5 (1.74)	81	96	15	84	98	14
Saltadora 6 (1.71)	80	89	9	85	99	14
Saltadora 7 (1.71)	81	87	6	85	97	12
Saltadora 8 (1.68)	78	84	6	89	103	14
Saltadora 9 (1.68)	79	87	8	85	101	16
Saltadora 10 (1.68)	76	90	14	80	99	19
Saltadora 11 (1.64)	77	87	10	86	100	14
Saltadora 12 (1.64)	84	94	10	86	100	14
Media	78	88.33	10.33	85.91	99.66	13.75
Mínimo	72	82	6	80	97	10
Máximo	84	96	15	90	103	19
SD	3.21	4.07	3.39	2.67	2.05	2.22

Leyenda: IATD= inclinación anterior al inicio de la batida; IATO= inclinación anterior al final de la batida; ILTD= inclinación lateral al inicio de la batida; ILTO= inclinación lateral al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las características generales de la batida (tabla 144), la distancia frontal de batida es de 0.80 m (0.53-1.00 m). Respecto a la altura del listón representa el 46.78% (32.31-59.52%) y respecto a la estatura de las saltadoras el 47.73% (32.71-63.29%). La distancia entre el centro de masas y el apoyo de batida indica que las saltadoras llegan con una inclinación hacia atrás. Esta distancia es de 0.63 m (0.60-0.75 m). Cuatro saltadoras (el 33.33%) realizan la batida con un ángulo inferior a la media (40°). Este ángulo se sitúa en valores de 36-38°.

Tabla 144.

Características generales de la batida para la categoría senior femenino.

	Distancia frontal		Distancia frontal		Otros		
	DF (m)	% listón	DF (m)	% talla	CM-AP	ATD (°)	α (°)
Saltadora 1 (1.93)	0.85	44.04	0.85	44.27	0.75	31	41
Saltadora 2 (1.85)	0.87	47.02	0.87	49.43	0.62	31	45
Saltadora 3 (1.77)	0.61	34.46	0.61	36.30	0.64	31	44
Saltadora 4 (1.74)	0.86	49.42	0.86	46.48	0.61	31	40
Saltadora 5 (1.74)	0.96	55.17	0.96	58.53	0.63	28	40
Saltadora 6 (1.71)	0.86	50.29	0.86	53.75	0.62	29	44
Saltadora 7 (1.71)	0.60	35.08	0.60	35.71	0.61	30	40
Saltadora 8 (1.68)	0.95	56.54	0.95	54.59	0.62	28	38
Saltadora 9 (1.68)	0.88	52.38	0.88	53.65	0.63	29	36
Saltadora 10 (1.68)	1.00	59.52	1.00	63.29	0.60	32	44
Saltadora 11 (1.64)	0.53	32.31	0.53	32.71	0.64	25	38
Saltadora 12 (1.64)	0.74	45.12	0.74	44.04	0.60	28	37
Media	0.80	46.78	0.80	47.73	0.63	29.41	40.58
Mínimo	0.53	32.31	0.53	32.71	0.60	25	36
Máximo	1.00	59.52	1.00	63.29	0.75	32	45
SD	0.15	8.97	0.15	9.57	0.03	1.97	3.05

Leyenda: DF= distancia frontal de batida; CM-AP= distancia entre el CM y el apoyo en la batida; ATD= ángulo del apoyo al inicio de la batida; α = ángulo de proyección en la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la velocidad durante la batida (tabla 148), la velocidad horizontal del CM experimenta un reducción entre el inicio y el final de la batida de 2 m/s (1.52-2.55 m/s). Esta reducción en la velocidad horizontal es del 33.20% (24.91-40.41%) respecto a la velocidad inicial. La velocidad vertical aumenta en 3.39 m/s (3.04-3.82 m/s). Este incremento de velocidad vertical es superior a la media en el 54.54% de las saltadoras. Los valores de velocidad vertical al inicio de la batida son cercanos a 0, oscilando entre -0.09 m/s y 0.39 m/s.

Tabla 148.

Velocidad del CM durante la batida para la categoría senior femenino.

	Velocidad horizontal (m/s)			Velocidad vertical (m/s)			Suma
	VhTD	VhTO	ΔVh	VvTD	VvTO	ΔVv	VR
Saltadora 1 (1.93)	6.50	4.22	-2.28	0.02	3.74	3.72	5.64
Saltadora 2 (1.85)	6.31	3.76	-2.55	-0.05	3.77	3.82	5.33
Saltadora 3 (1.77)	6.06	3.80	-2.26	0.10	3.75	3.65	5.34
Saltadora 4 (1.74)	6.28	3.98	-2.30	0.31	3.37	3.06	5.22
Saltadora 5 (1.74)	5.87	4.00	-1.87	-0.09	3.42	3.51	5.26
Saltadora 6 (1.71)	5.90	3.83	-2.07	0.18	3.74	3.56	5.36
Saltadora 7 (1.71)	5.93	4.16	-1.77	0.17	3.57	3.40	5.49
Saltadora 8 (1.68)	6.00	4.18	-1.82	0.19	3.31	3.12	5.34
Saltadora 9 (1.68)	6.10	4.58	-1.52	0.03	3.40	3.37	5.71
Saltadora 10 (1.68)	5.88	3.76	-2.12	0.39	3.69	3.30	5.27
Saltadora 11 (1.64)	5.63	3.90	-1.73	0.12	3.16	3.04	5.02
Saltadora 12 (1.64)	5.90	4.12	-1.78	0.04	3.18	3.14	5.21
Media	6.03	4.02	-2.00	0.11	3.50	3.39	5.34
Mínimo	5.63	3.76	-1.52	-0.09	3.16	3.04	5.02
Máximo	6.50	4.58	-2.55	0.39	3.77	3.82	5.71
SD	0.23	0.24	0.30	0.14	0.22	0.26	0.18

Legenda: VhTD= velocidad horizontal al inicio de la batida; VhTO= velocidad horizontal al final de la batida; ΔVh = reducción en la velocidad horizontal durante la batida; VvTD= velocidad vertical al inicio de la batida; VvTO= velocidad vertical al final de la batida; ΔVv = incremento en la velocidad vertical durante la batida; VR= velocidad resultante al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de las alturas (tabla 145, 146, y 147), la altura del CM al llegar a la batida es de 0.91 m (0.82-1.03 m) y representa el 53.83% (51.70-58.64%) de la estatura de la saltadora. Al final de la batida las saltadoras son capaces de ubicar el CM a una altura media de 1.21 m (1.14-1.34 m) y representa el 70.12% (64.86-75%) de la altura del listón y el 71.43% (68.18-75.92%) de la estatura. El recorrido de aceleración durante la batida es de 0.29 m (0.25-0.33 m). La altura de vuelo es de 0.58 m (0.42-0.70 m) y representa el 33.60% (25.60-37.83%) de la altura del listón. La eficacia de paso del CM por el listón es de 0.06 m (0.01-0.12 m). Siete saltadoras (58.33%) alcanzan la máxima altura del CM justo en el momento en el que éste se encuentra a la altura del listón. Para las que no lo consiguen la diferencia es de 0.01-0.04 m.

Tabla 145.

Alturas de salto para la categoría senior femenino.

	H0	H1	H2	H3	Hmax	HCML	ΔH
Saltadora 1 (1.93)	1.03	1.34	0.68	0.09	2.02	2.00	0.31
Saltadora 2 (1.85)	0.91	1.20	0.70	0.05	1.90	1.90	0.29
Saltadora 3 (1.77)	0.88	1.18	0.66	0.07	1.84	1.84	0.30
Saltadora 4 (1.74)	0.96	1.28	0.58	0.12	1.86	1.86	0.32
Saltadora 5 (1.74)	0.88	1.20	0.60	0.06	1.80	1.80	0.32
Saltadora 6 (1.71)	0.84	1.14	0.62	0.05	1.76	1.75	0.30
Saltadora 7 (1.71)	0.91	1.23	0.54	0.06	1.77	1.73	0.32
Saltadora 8 (1.68)	0.95	1.23	0.52	0.07	1.75	1.75	0.28
Saltadora 9 (1.68)	0.93	1.21	0.54	0.07	1.75	1.72	0.28
Saltadora 10 (1.68)	0.82	1.15	0.63	0.10	1.78	1.78	0.33
Saltadora 11 (1.64)	0.95	1.23	0.42	0.01	1.65	1.64	0.28
Saltadora 12 (1.64)	0.91	1.16	0.51	0.03	1.67	1.67	0.25
Media	0.91	1.21	0.58	0.06	1.79	1.78	0.29
Mínimo	0.82	1.14	0.42	0.01	1.65	1.64	0.25
Máximo	1.03	1.34	0.70	0.12	2.02	2.00	0.33
SD	0.05	0.05	0.08	0.02	0.10	0.10	0.02

Leyenda: H0= altura del CM al inicio de la batida; H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; Hmax= máxima altura del CM; HCML= altura del CM sobre el listón; ΔH = recorrido vertical del CM durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 146.

Alturas de salto respecto al listón para la categoría senior femenino.

	H1		H2		H3	
	m	% listón	m	% listón	m	% listón
Saltadora 1 (1.93)	1.34	69.43	0.68	35.23	0.09	4.66
Saltadora 2 (1.85)	1.20	64.86	0.70	37.83	0.05	2.70
Saltadora 3 (1.77)	1.18	66.66	0.66	37.28	0.07	3.95
Saltadora 4 (1.74)	1.28	73.56	0.58	33.33	0.12	6.89
Saltadora 5 (1.74)	1.20	68.96	0.60	34.48	0.06	3.44
Saltadora 6 (1.71)	1.14	66.66	0.62	36.25	0.05	2.92
Saltadora 7 (1.71)	1.23	71.92	0.54	31.57	0.06	3.50
Saltadora 8 (1.68)	1.23	73.21	0.52	30.95	0.07	4.16
Saltadora 9 (1.68)	1.21	72.02	0.54	32.14	0.07	4.16
Saltadora 10 (1.68)	1.15	68.45	0.63	37.50	0.10	5.95
Saltadora 11 (1.64)	1.23	75.00	0.42	25.60	0.01	0.60
Saltadora 12 (1.64)	1.16	70.73	0.51	31.09	0.03	1.82
Media	1.21	70.12	0.58	33.60	0.06	3.72
Mínimo	1.14	64.86	0.42	25.60	0.01	0.60
Máximo	1.34	75.00	0.70	37.83	0.12	6.89
SD	0.05	3.14	0.08	3.57	0.02	1.69

Leyenda: H1= altura del CM al final de la batida; H2= altura de vuelo; H3= eficacia de franqueo; SD= desviación típica.

Tabla 147.

Alturas de salto respecto a la estatura para la categoría senior femenino.

	HTD		HTO	
	m	% estatura	m	% estatura
Saltadora 1 (1.93)	1.03	53.64	1.34	69.79
Saltadora 2 (1.85)	0.91	51.70	1.20	68.18
Saltadora 3 (1.77)	0.88	52.38	1.18	70.23
Saltadora 4 (1.74)	0.96	51.89	1.28	69.18
Saltadora 5 (1.74)	0.88	53.65	1.20	73.17
Saltadora 6 (1.71)	0.84	52.50	1.14	71.25
Saltadora 7 (1.71)	0.91	54.16	1.23	73.21
Saltadora 8 (1.68)	0.95	54.59	1.23	70.68
Saltadora 9 (1.68)	0.93	56.70	1.21	73.78
Saltadora 10 (1.68)	0.82	51.89	1.15	72.78
Saltadora 11 (1.64)	0.95	58.64	1.23	75.92
Saltadora 12 (1.64)	0.91	54.16	1.16	69.04
Media	0.91	53.83	1.21	71.43
Mínimo	0.82	51.70	1.14	68.18
Máximo	1.03	58.64	1.34	75.92
SD	0.05	2.09	0.05	2.33

Leyenda: HTD= altura del CM al inicio de la batida; HTO= altura del CM al final de la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis de la contribución de los segmentos libres (tabla 149, 150, 151, y 152), el brazo de la pierna de batida tiene mayor velocidad angular que el brazo de la pierna de batida y que la pierna libre. El brazo de la pierna de batida alcanza su máxima velocidad angular en el instante que representa el 69.90% del total de la duración de la batida, el brazo de la pierna libre alcanza esta velocidad en el 21.15%, y la pierna libre lo hace al 32.01%. Al final de la batida la velocidad angular alcanzada representa el 80.40% de la máxima para el brazo de la pierna de batida, el 29.40% para el brazo de la pierna libre, y el 6.54% para la pierna libre.

Tabla 149.

Contribución de los segmentos libres para la categoría senior femenino.

	BPL (°/s)	BPB (°/s)	Suma	PL (°/s)	Total
Saltadora 1 (1.93)	69.56	308.35	377.91	157.70	535.61
Saltadora 2 (1.85)	145.68	360.03	505.71	98.06	603.77
Saltadora 3 (1.77)	449.85	1044.88	1494.73	126.16	1620.89
Saltadora 4 (1.74)	-101.76	368.86	267.10	-113.25	153.85
Saltadora 5 (1.74)	390.56	489.34	879.90	31.16	911.06
Saltadora 6 (1.71)	60.21	475.53	535.74	34.96	570.70
Saltadora 7 (1.71)	40.45	310.56	351.01	-10.02	340.99
Saltadora 8 (1.68)	622.07	649.25	1271.32	46.31	1317.63
Saltadora 9 (1.68)	-184.41	356.24	171.83	115.77	287.60
Saltadora 10 (1.68)	311.10	279.41	590.51	111.07	701.58
Saltadora 11 (1.64)	129.54	206.17	335.71	30.21	365.92
Saltadora 12 (1.64)	314.81	394.59	709.40	87.15	796.55
Media	187.30	436.93	624.23	59.60	683.84
Mínimo	-184.41	206.17	171.83	-113.25	153.85
Máximo	622.07	1044.88	1494.73	157.70	1620.89
SD	235.33	223.26	407.08	73.40	430.86

Leyenda: BPL= brazo de la pierna libre; BPB= brazo de la pierna de batida; PL= pierna libre; SD= desviación típica.

Tabla 150.

Contribución del brazo de la pierna de batida para la categoría senior femenino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltadora 1 (1.93)	308.35	308.35	100.00	0.140	0.140	100.00
Saltadora 2 (1.85)	360.03	360.03	100.00	0.130	0.130	100.00
Saltadora 3 (1.77)	1044.88	1044.88	100.00	0.140	0.140	100.00
Saltadora 4 (1.74)	415.42	368.86	88.79	0.140	0.090	64.28
Saltadora 5 (1.74)	1030.00	489.34	47.50	0.150	0.100	66.66
Saltadora 6 (1.71)	685.88	475.53	69.33	0.130	0.080	61.53
Saltadora 7 (1.71)	388.54	310.56	79.92	0.140	0.070	50.00
Saltadora 8 (1.68)	690.58	649.25	94.01	0.140	0.120	85.71
Saltadora 9 (1.68)	405.26	356.24	87.90	0.140	0.120	85.71
Saltadora 10 (1.68)	406.65	279.41	68.71	0.140	0.070	50.00
Saltadora 11 (1.64)	418.76	206.17	49.23	0.120	0.050	41.66
Saltadora 12 (1.64)	496.52	394.59	79.47	0.150	0.050	33.33
Media	554.23	436.93	80.40	0.138	0.096	69.90
SD	254.69	223.26	18.53	0.008	0.033	23.84

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 151.

Contribución del brazo de la pierna libre para la categoría senior femenino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltadora 1 (1.93)	291.88	69.56	23.83	0.140	0	0
Saltadora 2 (1.85)	145.68	145.68	100.00	0.130	0.130	100.00
Saltadora 3 (1.77)	1114.99	449.85	40.34	0.140	0.060	42.85
Saltadora 4 (1.74)	402.51	-101.76	-25.28	0.140	0.020	14.28
Saltadora 5 (1.74)	752.48	390.56	51.90	0.150	0.070	46.66
Saltadora 6 (1.71)	372.17	60.21	16.17	0.130	0	0
Saltadora 7 (1.71)	578.89	40.45	6.98	0.140	0	0
Saltadora 8 (1.68)	763.59	622.07	81.46	0.140	0.050	35.71
Saltadora 9 (1.68)	402.80	-184.41	-45.78	0.140	0.010	7.14
Saltadora 10 (1.68)	1007.88	311.10	30.86	0.140	0.010	7.14
Saltadora 11 (1.64)	720.27	129.54	17.98	0.120	0	0
Saltadora 12 (1.64)	578.83	314.81	54.38	0.150	0	0
Media	594.33	187.30	29.40	0.138	0.029	21.15
SD	290.40	235.33	40.93	0.008	0.040	30.49

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

Tabla 152.

Contribución de la pierna libre para la categoría senior femenino.

	Velocidad angular			Momento de consecución Vmax		
	Vmax (°/s)	VTO (°/s)	%	TB (s)	Tmax (s)	%
Saltadora 1 (1.93)	960.02	157.70	16.42	0.140	0.040	28.57
Saltadora 2 (1.85)	900.89	98.06	10.88	0.130	0.050	38.46
Saltadora 3 (1.77)	793.82	126.16	15.89	0.140	0.040	28.57
Saltadora 4 (1.74)	748.37	-113.25	-15.13	0.140	0.020	14.28
Saltadora 5 (1.74)	882.55	31.16	3.53	0.150	0.050	33.33
Saltadora 6 (1.71)	1106.34	34.96	3.15	0.130	0.060	46.15
Saltadora 7 (1.71)	853.48	-10.02	-1.17	0.140	0.030	21.42
Saltadora 8 (1.68)	794.41	46.31	5.82	0.140	0.030	21.42
Saltadora 9 (1.68)	847.07	115.77	13.66	0.140	0.050	35.71
Saltadora 10 (1.68)	1030.53	111.07	10.77	0.140	0.060	42.85
Saltadora 11 (1.64)	721.59	30.21	4.18	0.120	0.040	33.33
Saltadora 12 (1.64)	834.24	87.15	10.44	0.150	0.060	40.00
Media	872.77	59.60	6.54	0.138	0.044	32.01
SD	113.28	73.40	8.75	0.008	0.013	9.54

Leyenda: Vmax= velocidad angular máxima; VTO= velocidad angular al final de la batida; TB= duración de la batida; Tmax= tiempo que tarda en conseguir la velocidad angular máxima durante la batida; SD= desviación típica.

En relación al análisis del ángulo de la rodilla durante la batida (tabla 153), al inicio de la batida el ángulo de la rodilla es de 156° (148-163°). Este ángulo indica un nivel de flexión de 33° (27-42°). En el punto de mayor flexión, el ángulo se encuentra en unos valores medios de 139° (132-148°). Se reducen los valores iniciales en 17° (10-25°). Al final de la batida las saltadoras terminan la acción sin tener la rodilla totalmente estirada (150-173°).

Tabla 153.

Ángulo de la rodilla durante la batida para la categoría senior femenino.

	Rodilla TD (°)	Rodilla sostén (°)	Rodilla TO (°)	Flexión (°)
Saltadora 1 (1.93)	163	143	164	27
Saltadora 2 (1.85)	156	137	161	34
Saltadora 3 (1.77)	158	133	150	32
Saltadora 4 (1.74)	156	140	160	34
Saltadora 5 (1.74)	160	139	170	30
Saltadora 6 (1.71)	155	138	155	35
Saltadora 7 (1.71)	158	148	173	32
Saltadora 8 (1.68)	152	139	164	38
Saltadora 9 (1.68)	155	140	162	35
Saltadora 10 (1.68)	148	132	155	42
Saltadora 11 (1.64)	157	143	171	33
Saltadora 12 (1.64)	157	138	159	33
Media	156.25	139.16	162	33.75
Mínimo	148	132	150	27
Máximo	163	148	173	42
SD	3.76	4.32	6.94	3.76

Leyenda: TD= inicio de la batida; TO= final de la batida; SD= desviación típica.

5.2. RESULTADOS INFERENCIALES

Se exponen los resultados de tres pruebas diferentes aplicadas sobre los valores medios de los parámetros cinemáticos de eficacia: la prueba de Spearman para determinar qué variables son importantes para el rendimiento de cada categoría, la prueba ANOVA de un factor para determinar la variación de los datos obtenidos, y la prueba T-test para determinar en que variables se producen diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres.

5.2.1. Variables que determinan la altura máxima del CM

Se comprueban las características de la muestra. El test de *Kolmogorov-Smirnov* concluye que las variables se ajustan a la curva de normalidad estadística. Se realiza correlación uni-variante entre la variable dependiente (Hmax) y las variables independientes (parámetros cinemáticos de eficacia). La prueba utilizada es el coeficiente de Spearman. A continuación se exponen los resultados en hombres (tabla 154, 155, y 156) y en mujeres (tabla 157, 158, y 159), respectivamente.

Tabla 154.

Valor de los parámetros y correlación de Spearman con la máxima altura del CM en cadetes masculinos.

Parámetro	Media \pm SD	Rango	r	p
TCAPA (s)	0.140 \pm 0.01	0.120-0.170	-0.187	0.581
TVPP (s)	0.141 \pm 0.02	0.110-0.190	-0.619	0.042
TCPA(s)	0.150 \pm 0.00	0.130-0.160	0.045	0.895
TVUP(s)	0.083 \pm 0.02	0.050-0.130	-0.425	0.192
TB(s)	0.152 \pm 0.02	0.120-0.190	-0.065	0.851
LPP(m)	1.84 \pm 0.17	1.58-2.08	-0.107	0.753
LUP(m)	1.71 \pm 0.13	1.45-1.93	0.212	0.531
DF (m)	0.72 \pm 0.10	0.50-0.86	0.178	0.601
CM-AP (m)	0.63 \pm 0.09	0.49-0.82	-0.023	0.947
Δ H (m)	0.34 \pm 0.04	0.30-0.43	0.490	0.126
H0 (m)	0.86 \pm 0.03	0.83-0.92	-0.389	0.237
H1 (m)	1.20 \pm 0.02	1.17-1.26	0.360	0.276
H2 (m)	0.60 \pm 0.07	0.45-0.69	0.906	0.000
H3 (m)	0.10 \pm 0.03	0.04-0.15	0.649	0.031
Hmax (m)	1.80 \pm 0.08	1.64-1.91	-	-
HCML (m)	1.79 \pm 0.08	1.64-1.91	0.989	0.000
FPP (p/s)	3.62 \pm 0.43	3.12-4.54	0.693	0.018
FUP (p/s)	4.37 \pm 0.40	3.57-5.00	0.478	0.137
VhPP (m/s)	6.20 \pm 0.51	4.82-6.75	0.392	0.233
VhUP (m/s)	5.95 \pm 0.57	4.82-6.68	0.379	0.250
BPL ($^{\circ}$ /s)	182.55 \pm 226.86	-87.76 a 568.75	0.761	0.007
BPB ($^{\circ}$ /s)	531.29 \pm 193.34	176.58-830.80	-0.005	0.989
PL ($^{\circ}$ /s)	72.47 \pm 100.16	-142.94 a 187.55	0.524	0.098
VhTD (m/s)	5.71 \pm 0.59	4.66-6.57	0.360	0.277
VvTD (m/s)	0.22 \pm 0.24	-0.22 a 0.62	0.109	0.749
VhTO (m/s)	3.65 \pm 0.57	2.62-4.65	0.446	0.169
VvTO (m/s)	3.69 \pm 0.30	3.28-4.14	0.648	0.031
VR (m/s)	5.21 \pm 0.57	4.33-6.08	0.610	0.046
ILCAP ($^{\circ}$)	70.72 \pm 2.32	68-74	-0.687	0.020
ILCPA ($^{\circ}$)	78.90 \pm 3.70	74-87	0.115	0.737
t2 ($^{\circ}$)	29.81 \pm 12.68	12-53	0.005	0.989
t1 ($^{\circ}$)	47.72 \pm 10.74	28-62	0.354	0.286
e1 ($^{\circ}$)	13.27 \pm 4.42	4-19	0.034	0.920
P2 ($^{\circ}$)	47.72 \pm 4.81	37-54	0.376	0.255
P1 ($^{\circ}$)	37 \pm 4.66	26-42	0.174	0.608
P0 ($^{\circ}$)	36.27 \pm 2.93	31-40	-0.588	0.057
KTD ($^{\circ}$)	153.81 \pm 7.15	142-166	0.465	0.149
KL ($^{\circ}$)	140.72 \pm 10.16	127-156	0.379	0.250
KTO ($^{\circ}$)	166.63 \pm 5.04	155-173	0.170	0.618
ATD ($^{\circ}$)	29.36 \pm 5.50	19-39	0.313	0.348
ILTD ($^{\circ}$)	83.54 \pm 2.80	77-87	-0.693	0.018
IATD ($^{\circ}$)	79.81 \pm 5.01	69-88	0.121	0.722
ILTO ($^{\circ}$)	101.81 \pm 5.01	94-111	-0.813	0.002
IATO ($^{\circ}$)	84.90 \pm 4.98	75-90	0.122	0.722
α ($^{\circ}$)	45 \pm 3.40	40-52	-0.071	0.835

Tabla 155.

Valor de los parámetros y correlación de Spearman con la máxima altura del CM en juniors masculinos.

Parámetro	Media \pm SD	Rango	r	p
TCAPA (s)	0.120 \pm 0.02	0.100-0.170	-0.538	0.058
TVPP (s)	0.149 \pm 0.02	0.110-0.200	0.466	0.109
TCPA(s)	0.126 \pm 0.01	0.090-0.150	-0.718	0.006
TVUP(s)	0.084 \pm 0.01	0.050-0.120	-0.301	0.318
TB(s)	0.147 \pm 0.02	0.120-0.190	0.199	0.514
LPP(m)	1.96 \pm 0.18	1.69-2.24	0.113	0.713
LUP(m)	1.81 \pm 0.12	1.58-2.01	-0.299	0.320
DF (m)	0.68 \pm 0.17	0.28-0.95	0.161	0.598
CM-AP (m)	0.63 \pm 0.04	0.58-0.71	0.199	0.515
Δ H (m)	0.38 \pm 0.05	0.32-0.46	0.291	0.334
H0 (m)	0.87 \pm 0.06	0.77-0.95	-0.149	0.627
H1 (m)	1.25 \pm 0.03	1.18-1.30	0.140	0.648
H2 (m)	0.76 \pm 0.10	0.63 \pm 1.07	0.790	0.001
H3 (m)	0.06 \pm 0.03	0.01-0.12	-0.240	0.430
Hmax (m)	2.01 \pm 0.09	1.94-2.28	-	-
HCML (m)	1.95 \pm 0.11	1.83-2.25	0.729	0.005
FPP (p/s)	3.72 \pm 0.32	3.12-4.16	-0.116	0.705
FUP (p/s)	4.81 \pm 0.63	4.16-6.25	-0.677	0.011
VhPP (m/s)	6.86 \pm 0.33	6.35-7.32	0.309	0.304
VhUP (m/s)	6.69 \pm 0.27	6.29-7.12	0.377	0.204
BPL ($^{\circ}$ /s)	302.30 \pm 208.30	-75.01 a 593.55	-0.218	0.475
BPB ($^{\circ}$ /s)	480.58 \pm 188.05	177.95-747.76	0.072	0.816
PL ($^{\circ}$ /s)	43.85 \pm 137.85	-120.13 a 404.67	0.091	0.768
VhTD (m/s)	6.41 \pm 0.29	5.82-6.87	0.474	0.102
VvTD (m/s)	0.40 \pm 0.27	-0.02 a 0.93	-0.207	0.498
VhTO (m/s)	3.86 \pm 0.30	3.42-4.35	-0.138	0.654
VvTO (m/s)	4.11 \pm 0.20	3.85-4.60	0.590	0.034
VR (m/s)	5.65 \pm 0.20	5.31-6.04	0.332	0.267
ILCAP ($^{\circ}$)	66.92 \pm 4.13	61-77	0.130	0.672
ILCPA ($^{\circ}$)	75 \pm 3.43	71-82	-0.013	0.967
t2 ($^{\circ}$)	35.69 \pm 11.42	18-56	-0.214	0.482
t1 ($^{\circ}$)	42.30 \pm 12.94	20-57	0.452	0.121
e1 ($^{\circ}$)	14 \pm 6.15	7-26	0.191	0.532
P2 ($^{\circ}$)	48.15 \pm 5.50	38-56	0.337	0.260
P1 ($^{\circ}$)	36.30 \pm 4.88	29-44	0.438	0.135
P0 ($^{\circ}$)	35 \pm 5.43	25-43	0.112	0.716
KTD ($^{\circ}$)	152.30 \pm 4.38	144-159	0.024	0.939
KL ($^{\circ}$)	137.07 \pm 8.47	123-150	-0.305	0.311
KTO ($^{\circ}$)	166.84 \pm 3.84	157.172	-0.081	0.792
ATD ($^{\circ}$)	31.53 \pm 4.33	26-39	0.323	0.282
ILTD ($^{\circ}$)	80.46 \pm 3.82	74.86	-0.230	0.449
IATD ($^{\circ}$)	73.84 \pm 4.27	66-79	-0.365	0.220
ILTO ($^{\circ}$)	93.61 \pm 4.80	90-106	-0.147	0.632
IATO ($^{\circ}$)	85.15 \pm 4.41	79-92	0.122	0.690
α ($^{\circ}$)	46.30 \pm 3.11	42-52	0.382	0.198

Tabla 156.

Valor de los parámetros y correlación de Spearman con la máxima altura del CM en seniors masculinos.

Parámetro	Media ± SD	Rango	r	p
TCAPA (s)	0.133 ± 0.01	0.110-0.150	-0.296	0.326
TVPP (s)	0.150 ± 0.02	0.120-0.200	-0.581	0.037
TCPA(s)	0.127 ± 0.01	0.110-0.150	-0.542	0.056
TVUP(s)	0.081 ± 0.02	0.040-0.140	0.229	0.452
TB(s)	0.154 ± 0.02	0.130-0.190	0.165	0.589
LPP(m)	2.06 ± 0.17	1.67-2.28	-0.209	0.493
LUP(m)	1.86 ± 0.20	1.62-2.36	0.200	0.513
DF (m)	0.93 ± 0.16	0.75-1.23	-0.025	0.935
CM-AP (m)	0.67 ± 0.06	0.58-0.83	0.088	0.775
ΔH (m)	0.42 ± 0.04	0.35-0.49	0.439	0.133
H0 (m)	0.93 ± 0.04	0.87-1.00	-0.237	0.435
H1 (m)	1.36 ± 0.04	1.29-1.44	0.143	0.642
H2 (m)	0.81 ± 0.09	0.68-0.92	0.941	0.000
H3 (m)	0.07 ± 0.02	0.03-0.12	0.336	0.262
Hmax (m)	2.18 ± 0.09	2.08-2.36	-	-
HCML (m)	2.17 ± 0.09	2.07-2.36	0.989	0.000
FPP (p/s)	3.46 ± 0.40	2.94-4.34	0.586	0.035
FUP (p/s)	4.85 ± 0.67	4.00-6.25	-0.099	0.747
VhPP (m/s)	7.24 ± 0.26	6.86-7.64	0.800	0.001
VhUP (m/s)	6.74 ± 0.30	6.32-7.24	0.668	0.013
BPL (°/s)	360.55 ± 256.47	60.39-805.19	0.493	0.087
BPB (°/s)	635.20 ± 223.94	257.24-1024.03	-0.017	0.957
PL (°/s)	85.42 ± 66.79	4.94-200.79	0.568	0.043
VhTD (m/s)	6.69 ± 0.25	6.21-7.10	0.490	0.089
VvTD (m/s)	0.28 ± 0.37	-0.41 a 0.89	-0.156	0.611
VhTO (m/s)	3.92 ± 0.35	3.37-4.56	-0.284	0.347
VvTO (m/s)	4.20 ± 0.30	3.71-4.63	0.844	0.000
VR (m/s)	5.76 ± 0.24	5.49-6.37	0.504	0.079
ILCAP (°)	67.92 ± 3.83	64-76	-0.513	0.073
ILCPA (°)	76.23 ± 4.81	63-83	-0.491	0.088
t2 (°)	34.69 ± 10.46	15-49	-0.161	0.600
t1 (°)	44.61 ± 8.09	24-53	-0.149	0.627
e1 (°)	10.53 ± 7.63	1-24	0.235	0.440
P2 (°)	47.69 ± 5.25	37-56	-0.108	0.725
P1 (°)	36.46 ± 4.96	24-44	0.056	0.855
P0 (°)	36.15 ± 5.99	22-44	0.103	0.739
KTD (°)	154.30 ± 7.25	145-166	0.025	0.935
KL (°)	137.38 ± 7.51	126-149	-0.492	0.088
KTO (°)	168 ± 3.89	160-175	-0.346	0.248
ATD (°)	33.23 ± 3.00	29-38	0.385	0.194
ILTD (°)	82.76 ± 2.45	78.87	-0.210	0.490
IATD (°)	77 ± 4.67	69-83	-0.255	0.401
ILTO (°)	98.07 ± 3.27	92-103	-0.259	0.393
IATO (°)	89.92 ± 4.55	83.99	-0.496	0.085
α (°)	46.38 ± 4.09	39-53	0.622	0.023

En categoría cadete masculino, las variables cinemáticas de eficacia técnica que mayor importancia tienen sobre el resultado son 11. Siete variables aumentan su valor cuanto mayor es la altura máxima alcanzada por el CM: altura de vuelo, eficacia de franqueo, altura del CM sobre el listón, frecuencia del penúltimo paso, velocidad angular del brazo de la pierna libre, velocidad vertical del CM al final de la batida, y velocidad resultante. Cuatro variables disminuyen su valor al aumentar la altura de salto: tiempo de vuelo del penúltimo paso, inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo, inclinación lateral al inicio de la batida, e inclinación lateral al final de la batida.

En categoría junior masculino, las variables cinemáticas de eficacia técnica más importantes son cinco. Tres variables aumentan con la altura máxima alcanzada por el CM: altura de vuelo, altura del CM sobre el listón, y velocidad vertical del CM al final de la batida. Dos variables disminuyen su valor al aumentar la altura de salto: tiempo de contacto del penúltimo apoyo y frecuencia del último paso.

En categoría senior masculino, las variables cinemáticas de eficacia técnica más importantes son nueve. Ocho variables aumentan su valor al aumentar la altura máxima alcanzada por el CM: altura de vuelo, altura del CM sobre el listón, frecuencia del penúltimo paso, velocidad horizontal del penúltimo paso, velocidad horizontal del último paso, velocidad angular de la pierna libre, velocidad vertical del CM al final de la batida, y ángulo de batida. Una variable disminuye su valor al aumentar la altura de salto: tiempo de vuelo del penúltimo paso.

Tabla 157.

Valor de los parámetros y correlación de Spearman con la máxima altura del CM en cadetes femeninas.

Parámetro	Media \pm SD	Rango	r	p
TCAPA (s)	0.146 \pm 0.02	0.120-0.170	0.005	0.989
TVPP (s)	0.142 \pm 0.03	0.080-0.210	-0.254	0.452
TCPA(s)	0.149 \pm 0.01	0.120-0.180	-0.051	0.882
TVUP(s)	0.088 \pm 0.01	0.070-0.110	-0.074	0.828
TB(s)	0.143 \pm 0.01	0.130-0.180	-0.139	0.683
LPP(m)	1.73 \pm 0.24	1.46-2.24	-0.009	0.979
LUP(m)	1.61 \pm 0.14	1.34-1.80	-0.214	0.528
DF (m)	0.75 \pm 0.15	0.54-0.96	-0.492	0.124
CM-AP (m)	0.57 \pm 0.03	0.50-0.64	0.182	0.592
Δ H (m)	0.28 \pm 0.03	0.24-0.37	0.408	0.212
H0 (m)	0.88 \pm 0.05	0.76-0.96	0.637	0.035
H1 (m)	1.17 \pm 0.07	1.00-1.27	0.667	0.025
H2 (m)	0.47 \pm 0.05	0.42-0.61	-0.103	0.762
H3 (m)	0.09 \pm 0.02	0.05-0.11	0.406	0.216
Hmax (m)	1.65 \pm 0.03	1.61-1.72	-	-
HCML (m)	1.65 \pm 0.03	1.61-1.72	0.998	0.000
FPP (p/s)	3.52 \pm 0.50	2.70-4.16	0.255	0.450
FUP (p/s)	4.23 \pm 0.36	3.70-5.00	0.038	0.911
VhPP (m/s)	5.71 \pm 0.26	5.45-6.40	0.037	0.915
VhUP (m/s)	5.62 \pm 0.29	5.18-6.08	-0.229	0.499
BPL ($^{\circ}$ /s)	42.30 \pm 126.57	-109.99 a 281.17	-0.101	0.768
BPB ($^{\circ}$ /s)	452.11 \pm 202.57	47.85-813.71	-0.275	0.414
PL ($^{\circ}$ /s)	143.02 \pm 155.82	-58.69 a 441.70	-0.188	0.581
VhTD (m/s)	5.39 \pm 0.37	4.72-5.96	-0.092	0.789
VvTD (m/s)	0.25 \pm 0.17	0.00-0.61	0.680	0.021
VhTO (m/s)	3.66 \pm 0.41	2.71-4.11	-0.325	0.330
VvTO (m/s)	3.20 \pm 0.21	2.78-3.61	-0.603	0.049
VR (m/s)	4.87 \pm 0.38	3.89-5.27	-0.564	0.071
ILCAP ($^{\circ}$)	75 \pm 3.19	69-80	0.343	0.301
ILCPA ($^{\circ}$)	80.45 \pm 3.95	76-90	-0.153	0.653
t2 ($^{\circ}$)	44.09 \pm 9.44	31-66	0.197	0.562
t1 ($^{\circ}$)	45 \pm 12.25	13-57	0.133	0.696
e1 ($^{\circ}$)	13.90 \pm 5.28	7-25	0.060	0.860
P2 ($^{\circ}$)	46.63 \pm 3.20	43-52	0.469	0.146
P1 ($^{\circ}$)	37.09 \pm 2.94	32-41	-0.169	0.619
P0 ($^{\circ}$)	38.81 \pm 4.85	33-48	0.118	0.731
KTD ($^{\circ}$)	157.18 \pm 6.01	146-165	-0.182	0.592
KL ($^{\circ}$)	146.90 \pm 6.36	134-155	0.164	0.629
KTO ($^{\circ}$)	168.90 \pm 4.13	159-173	0.561	0.063
ATD ($^{\circ}$)	26.45 \pm 2.94	21-30	-0.191	0.573
ILTD ($^{\circ}$)	85.18 \pm 3.06	78-89	-0.065	0.849
IATD ($^{\circ}$)	78.81 \pm 4.21	74-88	-0.205	0.545
ILTO ($^{\circ}$)	97.54 \pm 5.95	88-107	0.076	0.825
IATO ($^{\circ}$)	90.36 \pm 4.20	83-98	-0.310	0.353
α ($^{\circ}$)	40.63 \pm 3.20	36-45	0.088	0.798

Tabla 158.

Valor de los parámetros y correlación de Spearman con la máxima altura del CM en juniors femeninas.

Parámetro	Media \pm SD	Rango	r	p
TCAPA (s)	0.131 \pm 0.01	0.110-0.160	0.398	0.289
TVPP (s)	0.147 \pm 0.02	0.120-0.190	-0.138	0.723
TCPA(s)	0.147 \pm 0.01	0.120-0.170	0.293	0.444
TVUP(s)	0.082 \pm 0.01	0.070-0.100	0.232	0.549
TB(s)	0.147 \pm 0.01	0.130-0.180	0.379	0.314
LPP(m)	1.78 \pm 0.18	1.64-2.13	0.235	0.542
LUP(m)	1.66 \pm 0.11	1.54-1.86	0.570	0.109
DF (m)	0.49 \pm 0.22	0.17-0.84	0.361	0.339
CM-AP (m)	0.60 \pm 0.06	0.51-0.69	-0.409	0.274
Δ H (m)	0.31 \pm 0.03	0.25-0.37	0.679	0.044
H0 (m)	0.86 \pm 0.03	0.83-0.95	0.336	0.376
H1 (m)	1.17 \pm 0.06	1.10-1.32	0.585	0.098
H2 (m)	0.49 \pm 0.05	0.42-0.60	0.661	0.053
H3 (m)	0.07 \pm 0.04	0.04-0.18	0.773	0.015
Hmax (m)	1.66 \pm 0.08	1.55-1.82	-	-
HCML (m)	1.61 \pm 0.10	1.47-1.77	0.928	0.000
FPP (p/s)	3.61 \pm 0.33	2.94-4.00	-0.004	0.991
FUP (p/s)	4.57 \pm 0.40	3.84-5.26	-0.253	0.511
VhPP (m/s)	6.36 \pm 0.20	6.13-6.66	0.168	0.666
VhUP (m/s)	6.05 \pm 0.18	5.71-6.28	0.312	0.413
BPL ($^{\circ}$ /s)	203.43 \pm 307.80	-109.18 a 812.05	0.134	0.730
BPB ($^{\circ}$ /s)	386.32 \pm 219.07	70.82-651.71	-0.235	0.542
PL ($^{\circ}$ /s)	-47.28 \pm 144.29	-310.06 a 146.93	-0.092	0.813
VhTD (m/s)	5.73 \pm 0.30	5.17-6.20	0.471	0.201
VvTD (m/s)	0.14 \pm 0.20	-0.06 a 0.60	-0.101	0.796
VhTO (m/s)	3.80 \pm 0.34	3.45-4.57	-0.521	0.150
VvTO (m/s)	3.28 \pm 0.20	3.05-3.73	0.513	0.158
VR (m/s)	5.03 \pm 0.30	4.68-5.71	-0.042	0.915
ILCAP ($^{\circ}$)	70.66 \pm 1.73	68-73	-0.408	0.276
ILCPA ($^{\circ}$)	80.44 \pm 4.47	73-85	-0.165	0.671
t2 ($^{\circ}$)	28.77 \pm 13.59	11-55	-0.218	0.572
t1 ($^{\circ}$)	32.88 \pm 14.48	11-60	0.312	0.413
e1 ($^{\circ}$)	12.55 \pm 6.10	2-23	0.468	0.204
P2 ($^{\circ}$)	42.11 \pm 5.32	34-51	0.378	0.316
P1 ($^{\circ}$)	32.22 \pm 5.19	24-42	0.608	0.083
P0 ($^{\circ}$)	32.88 \pm 6.25	24-43	0.696	0.037
KTD ($^{\circ}$)	154.88 \pm 7.67	143-167	-0.105	0.787
KL ($^{\circ}$)	139.11 \pm 6.17	130-149	0.092	0.813
KTO ($^{\circ}$)	165.44 \pm 7.03	151-174	0.644	0.061
ATD ($^{\circ}$)	28.11 \pm 3.58	22-32	0.483	0.188
ILTD ($^{\circ}$)	82.66 \pm 3.08	77-88	-0.237	0.539
IATD ($^{\circ}$)	80.22 \pm 2.43	76-84	0.186	0.631
ILTO ($^{\circ}$)	98.44 \pm 6.22	88-109	0.089	0.821
IATO ($^{\circ}$)	90.11 \pm 3.58	83-94	-0.735	0.024
α ($^{\circ}$)	40.22 \pm 2.77	36-45	0.609	0.082

Tabla 159.

Valor de los parámetros y correlación de Spearman con la máxima altura del CM en seniors femeninas.

Parámetro	Media \pm SD	Rango	r	p
TCAPA (s)	0.142 \pm 0.01	0.110-0.170	0.054	0.868
TVPP (s)	0.148 \pm 0.01	0.120-0.180	0.755	0.004
TCPA(s)	0.134 \pm 0.00	0.120-0.150	-0.440	0.153
TVUP(s)	0.095 \pm 0.01	0.080-0.110	0.044	0.893
TB(s)	0.138 \pm 0.00	0.120-0.150	0.047	0.884
LPP(m)	1.83 \pm 0.14	1.62-2.08	0.607	0.036
LUP(m)	1.77 \pm 0.08	1.67-1.91	0.544	0.067
DF (m)	0.80 \pm 0.15	0.53-1.00	0.175	0.585
CM-AP (m)	0.63 \pm 0.03	0.60-0.75	0.187	0.562
Δ H (m)	0.29 \pm 0.02	0.25-0.33	0.605	0.037
H0 (m)	0.91 \pm 0.05	0.82-1.03	0.058	0.857
H1 (m)	1.21 \pm 0.05	1.14-1.34	0.223	0.487
H2 (m)	0.58 \pm 0.08	0.42-0.70	0.872	0.000
H3 (m)	0.06 \pm 0.02	0.01-0.12	0.538	0.071
Hmax (m)	1.79 \pm 0.10	1.65-2.02	-	-
HCML (m)	1.78 \pm 0.10	1.64-2.00	0.970	0.000
FPP (p/s)	3.45 \pm 0.29	3.12-4.00	-0.561	0.058
FUP (p/s)	4.37 \pm 0.27	4.00-5.00	0.306	0.333
VhPP (m/s)	6.43 \pm 0.22	5.96-6.87	0.754	0.005
VhUP (m/s)	6.20 \pm 0.16	5.91-6.49	-0.474	0.120
BPL ($^{\circ}$ /s)	187.30 \pm 235.33	-184.41 a 622.07	-0.053	0.871
BPB ($^{\circ}$ /s)	436.93 \pm 223.26	206.17-1044.88	0.063	0.846
PL ($^{\circ}$ /s)	59.60 \pm 73.40	-113.25 a 157.70	0.273	0.390
VhTD (m/s)	6.03 \pm 0.23	5.63-6.50	0.642	0.024
VvTD (m/s)	0.11 \pm 0.14	-0.09 a 0.39	-0.238	0.456
VhTO (m/s)	4.02 \pm 0.24	3.76-4.58	-0.232	0.469
VvTO (m/s)	3.50 \pm 0.22	3.16-3.77	0.733	0.007
VR (m/s)	5.34 \pm 0.18	5.02-5.71	0.237	0.459
ILCAP ($^{\circ}$)	69.83 \pm 3.51	65-78	-0.432	0.161
ILCPA ($^{\circ}$)	76.08 \pm 3.70	70-81	-0.053	0.870
t2 ($^{\circ}$)	26.41 \pm 8.19	17-47	-0.212	0.507
t1 ($^{\circ}$)	34.50 \pm 15.95	10.57	-0.053	0.871
e1 ($^{\circ}$)	10.91 \pm 4.81	2-18	-0.541	0.069
P2 ($^{\circ}$)	43.83 \pm 4.15	38-50	0.186	0.564
P1 ($^{\circ}$)	35.08 \pm 4.27	28-42	0.182	0.571
P0 ($^{\circ}$)	36.75 \pm 4.86	29-44	0.412	0.183
KTD ($^{\circ}$)	156.25 \pm 3.76	148-163	0.347	0.268
KL ($^{\circ}$)	139.16 \pm 4.32	132-148	-0.138	0.670
KTO ($^{\circ}$)	162 \pm 6.94	150-173	-0.174	0.589
ATD ($^{\circ}$)	29.41 \pm 1.97	25.32	0.765	0.004
ILTD ($^{\circ}$)	85.91 \pm 2.67	80-90	0.122	0.706
IATD ($^{\circ}$)	78 \pm 3.21	72-84	-0.634	0.027
ILTO ($^{\circ}$)	99.66 \pm 2.05	97-103	-0.191	0.552
IATO ($^{\circ}$)	88.33 \pm 4.07	82-96	-0.044	0.891
α ($^{\circ}$)	40.58 \pm 3.05	36-45	0.699	0.011

En categoría cadete femenino, las variables cinemáticas de eficacia técnica que mayor importancia tienen sobre el resultado son cinco. Cuatro variables aumentan su valor cuanto mayor es la altura máxima alcanzada por el CM: altura del CM al inicio de la batida, altura del CM al final de la batida, altura del CM sobre el listón, y velocidad vertical del CM al inicio de la batida. Una variable disminuye su valor al aumentar la altura de salto: velocidad vertical del CM al final de la batida.

En categoría junior femenino, las variables cinemáticas de eficacia técnica más importantes son cinco. Cuatro variables aumentan con la altura máxima alcanzada por el CM: recorrido vertical de aceleración del CM, eficacia de franqueo, altura del CM sobre el listón, y ángulo de entrada a la batida. Una variable disminuye su valor al aumentar la altura de salto: inclinación anterior al final de la batida.

En categoría senior femenino, las variables cinemáticas de eficacia técnica más importantes son 11. Diez variables aumentan su valor al aumentar la altura máxima alcanzada por el CM: tiempo de vuelo del penúltimo paso, longitud del penúltimo paso, recorrido vertical de aceleración del CM, altura de vuelo, altura del CM sobre el listón, velocidad horizontal del penúltimo paso, velocidad horizontal del CM al inicio de la batida, velocidad vertical del CM al final de la batida, ángulo del apoyo al inicio de la batida, y ángulo de batida. Una variable disminuye su valor al aumentar la altura de salto: inclinación anterior al inicio de la batida.

5.2.2. Evolución de las variables en función de la edad

Se realiza la prueba *ANOVA de un factor* comparando entre grupos con la prueba *Post Hoc Tukey*. Se determinan qué variables cinemáticas tienen diferencias estadísticamente significativas al comparar grupos de edad del mismo género. En las tablas (160 y 162) se exponen los resultados en hombres y mujeres, respectivamente. Se añaden dos tablas en las que se muestra la tendencia en los valores de los parámetros de eficacia (tabla 161 y 163).

Tabla 160.

Cálculo de las diferencias entre categorías en hombres.

Parámetro	Cadete-junior			Cadete-senior			Junior-Senior		
	cadete	junior	Sig.	cadete	senior	Sig.	junior	senior	Sig.
TCAPA (s)	0.140	0.120	0.015*	0.140	0.133	0.493	0.120	0.133	0.160
TVPP (s)	0.141	0.149	0.713	0.141	0.150	0.612	0.149	0.150	0.984
TCPA(s)	0.150	0.126	0.001*	0.150	0.127	0.002*	0.126	0.127	0.959
TVUP(s)	0.083	0.084	0.993	0.083	0.081	0.970	0.084	0.081	0.932
TB(s)	0.152	0.147	0.838	0.152	0.154	0.975	0.147	0.154	0.697
LPP(m)	1.84	1.96	0.233	1.84	2.06	0.015*	1.96	2.06	0.382
LUP(m)	1.71	1.81	0.316	1.71	1.86	0.068	1.81	1.86	0.661
DF (m)	0.72	0.68	0.794	0.72	0.93	0.004*	0.68	0.93	0.000*
CM-AP (m)	0.63	0.63	0.998	0.63	0.67	0.261	0.63	0.67	0.259
ΔH (m)	0.34	0.38	0.109	0.34	0.42	0.000*	0.38	0.42	0.055
H0 (m)	0.86	0.87	0.913	0.86	0.93	0.002*	0.87	0.93	0.004*
H1 (m)	1.20	1.25	0.009*	1.20	1.36	0.000*	1.25	1.36	0.000*
H2 (m)	0.60	0.76	0.000*	0.60	0.81	0.000*	0.76	0.81	0.289
H3 (m)	0.10	0.06	0.017*	0.10	0.07	0.175	0.06	0.07	0.501
Hmax (m)	1.80	2.01	0.000*	1.80	2.18	0.000*	2.01	2.18	0.000*
HCML (m)	1.79	1.95	0.001*	1.79	2.17	0.000*	1.95	2.17	0.000*
FPP (p/s)	3.62	3.72	0.805	3.62	3.46	0.928	3.72	3.46	0.555
FUP (p/s)	4.37	4.81	0.194	4.37	4.85	0.136	4.81	4.85	0.978
VhPP (m/s)	6.20	6.86	0.000*	6.20	7.24	0.000*	6.86	7.24	0.033*
VhUP (m/s)	5.95	6.69	0.000*	5.95	6.74	0.000*	6.69	6.74	0.956
BPL (°/s)	182.55	302.30	0.426	182.55	360.55	0.161	302.30	360.55	0.799
BPB (°/s)	531.29	480.58	0.816	531.29	635.20	0.433	480.58	635.20	0.142
PL (°/s)	72.47	43.85	0.789	72.47	85.42	0.952	43.85	85.42	0.582
VhTD (m/s)	5.71	6.41	0.000*	5.71	6.69	0.000*	6.41	6.69	0.199
VvTD (m/s)	0.22	0.40	0.338	0.22	0.28	0.901	0.40	0.28	0.558
VhTO (m/s)	3.65	3.86	0.467	3.65	3.92	0.276	3.86	3.92	0.921
VvTO (m/s)	3.69	4.11	0.002*	3.69	4.20	0.000*	4.11	4.20	0.677
VR (m/s)	5.21	5.65	0.015*	5.21	5.76	0.002*	5.65	5.76	0.697
ILCAP (°)	70	66	0.036*	70	67	0.151	66	67	0.758
ILCPA (°)	78	75	0.061	78	76	0.253	75	76	0.721
t2 (°)	29	35	0.434	29	34	0.560	35	34	0.973
t1 (°)	47	42	0.445	47	44	0.762	42	44	0.849
e1 (°)	13	14	0.957	13	10	0.545	14	10	0.352
P2 (°)	47	48	0.978	47	47	1.000	48	47	0.972
P1 (°)	37	36	0.935	37	36	0.960	36	36	0.996
P0 (°)	36	35	0.814	36	36	0.998	35	36	0.831
KTD (°)	153	152	0.832	153	154	0.981	152	154	0.704
KL (°)	140	137	0.567	140	137	0.620	137	137	0.996
KTO (°)	166	166	0.992	166	168	0.716	166	168	0.770
ATD (°)	29	31	0.446	29	33	0.089	31	33	0.583
ILD (°)	83	80	0.052	83	82	0.815	80	82	0.154
IATD (°)	79	73	0.010*	79	77	0.312	73	77	0.208
ILTO (°)	101	93	0.000*	101	98	0.110	93	98	0.037*
IATO (°)	84	85	0.991	84	89	0.033*	85	89	0.034*
α (°)	45	46	0.648	45	46	0.615	46	46	0.998

Tabla 161.

Tendencia en los valores medios de las variables de eficacia en saltadores masculinos.

Parámetro	Cadetes		Juniors		Seniors
TCAPA (s)	0.140	>	0.120	<	0.133
TVPP (s)	0.141	<	0.149	<	0.150
TCPA(s)	0.150	>	0.126	<	0.127
TVUP(s)	0.083	<	0.084	>	0.081
TB(s)	0.152	>	0.147	<	0.154
LPP(m)	1.84	<	1.96	<	2.06
LUP(m)	1.71	<	1.81	<	1.86
DF (m)	0.72	>	0.68	<	0.93
CM-AP (m)	0.63	=	0.63	<	0.67
ΔH (m)	0.34	<	0.38	<	0.42
H0 (m)	0.86	<	0.87	<	0.93
H1 (m)	1.20	<	1.25	<	1.36
H2 (m)	0.60	<	0.76	<	0.81
H3 (m)	0.10	>	0.06	<	0.07
Hmax (m)	1.80	<	2.01	<	2.18
HCML (m)	1.79	<	1.95	<	2.17
FPP (p/s)	3.62	<	3.72	>	3.46
FUP (p/s)	4.37	<	4.81	<	4.85
VhPP (m/s)	6.20	<	6.86	<	7.24
VhUP (m/s)	5.95	<	6.69	<	6.74
BPL ($^{\circ}/s$)	182.55	<	302.30	<	360.55
BPB ($^{\circ}/s$)	531.29	>	480.58	<	635.20
PL ($^{\circ}/s$)	72.47	>	43.85	<	85.42
VhTD (m/s)	5.71	<	6.41	<	6.69
VvTD (m/s)	0.22	<	0.40	>	0.28
VhTO (m/s)	3.65	<	3.86	<	3.92
VvTO (m/s)	3.69	<	4.11	<	4.20
VR (m/s)	5.21	<	5.65	<	5.76
ILCAP ($^{\circ}$)	70	>	66	<	67
ILCPA ($^{\circ}$)	78	>	75	<	76
t2 ($^{\circ}$)	29	<	35	>	34
t1 ($^{\circ}$)	47	>	42	<	44
e1 ($^{\circ}$)	13	<	14	>	10
P2 ($^{\circ}$)	47	<	48	>	47
P1 ($^{\circ}$)	37	>	36	=	36
P0 ($^{\circ}$)	36	>	35	<	36
KTD ($^{\circ}$)	153	>	152	<	154
KL ($^{\circ}$)	140	>	137	=	137
KTO ($^{\circ}$)	166	=	166	<	168
ATD ($^{\circ}$)	29	<	31	<	33
ILTD ($^{\circ}$)	83	>	80	<	82
IATD ($^{\circ}$)	79	>	73	<	77
ILTO ($^{\circ}$)	101	>	93	<	98
IATO ($^{\circ}$)	84	<	85	<	89
α ($^{\circ}$)	45	<	46	=	46

En hombres, al comparar a los cadetes con los juniors hay 15 variables cuya diferencia de valor es estadísticamente significativa. Cinco variables tienen un valor mayor en los cadetes: tiempo de contacto del antepenúltimo apoyo, tiempo de contacto del penúltimo apoyo, eficacia de franqueo, inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo, e inclinación lateral al final de la batida. Diez variables tienen un valor mayor en los juniors: altura del CM al inicio de la batida, altura del CM al final de la batida, altura de vuelo, altura máxima del CM, altura del CM sobre el listón, velocidad horizontal del penúltimo paso, velocidad horizontal del último paso, velocidad horizontal del CM al inicio de la batida, velocidad vertical del CM al final de la batida, velocidad resultante, e inclinación anterior al final de la batida.

Al comparar a los cadetes con los saltadores de categoría senior hay 15 variables cuya diferencia de valor es estadísticamente significativa. Una variable tiene un valor mayor en los cadetes: tiempo de contacto del penúltimo apoyo. Catorce variables tienen un valor mayor en categoría senior: longitud del penúltimo paso, distancia frontal de batida, recorrido vertical de aceleración de CM, altura del CM al inicio de la batida, altura del CM al final de la batida, altura de vuelo, altura máxima del CM, altura del CM sobre el listón, velocidad horizontal del penúltimo paso, velocidad horizontal del último paso, velocidad horizontal del CM al inicio de la batida, velocidad vertical del CM al final de la batida, velocidad resultante, e inclinación anterior al final de la batida.

Al comparar a los juniors con los saltadores de categoría senior hay ocho variables cuya diferencia de valor es estadísticamente significativa. Todas las variables tienen un valor mayor en categoría senior: distancia frontal de batida, altura del CM al inicio de la batida, altura del CM al final de la batida, altura máxima del CM, altura del CM sobre el listón, velocidad horizontal del penúltimo paso, inclinación anterior al final de la batida, e inclinación lateral al final de la batida.

Tabla 162.

Cálculo de las diferencias entre categorías en mujeres.

Parámetro	Cadete-junior			Cadete-senior			Junior-Senior		
	cadete	junior	Sig.	cadete	senior	Sig.	junior	senior	Sig.
TCAPA (s)	0.146	0.131	0.160	0.146	0.142	0.865	0.131	0.142	0.336
TVPP (s)	0.142	0.147	0.913	0.142	0.148	0.878	0.147	0.148	0.999
TCPA(s)	0.149	0.137	0.221	0.149	0.134	0.056	0.137	0.134	0.845
TVUP(s)	0.088	0.082	0.552	0.088	0.095	0.410	0.082	0.095	0.072
TB(s)	0.143	0.147	0.792	0.143	0.138	0.645	0.147	0.138	0.298
LPP(m)	1.73	1.78	0.846	1.73	1.83	0.441	1.78	1.83	0.816
LUP(m)	1.61	1.66	0.644	1.61	1.77	0.009*	1.66	1.77	0.101
DF (m)	0.75	0.49	0.007*	0.75	0.80	0.770	0.49	0.80	0.001*
CM-AP (m)	0.57	0.60	0.442	0.57	0.63	0.029*	0.60	0.63	0.400
ΔH (m)	0.28	0.31	0.110	0.28	0.29	0.627	0.31	0.29	0.434
H0 (m)	0.88	0.86	0.503	0.88	0.91	0.452	0.86	0.91	0.071
H1 (m)	1.17	1.17	0.982	1.17	1.21	0.335	1.17	1.21	0.475
H2 (m)	0.47	0.49	0.905	0.47	0.58	0.002*	0.49	0.58	0.009*
H3 (m)	0.09	0.07	0.476	0.09	0.06	0.119	0.07	0.06	0.743
Hmax (m)	1.65	1.66	0.868	1.65	1.79	0.000*	1.66	1.79	0.003*
HCML (m)	1.65	1.61	0.614	1.65	1.78	0.002*	1.61	1.78	0.000*
FPP (p/s)	3.52	3.61	0.881	3.52	3.45	0.899	3.61	3.45	0.641
FUP (p/s)	4.23	4.57	0.092	4.23	4.37	0.612	4.57	4.37	0.398
VhPP (m/s)	5.71	6.36	0.000*	5.71	6.43	0.000*	6.36	6.43	0.779
VhUP (m/s)	5.62	6.05	0.001*	5.62	6.20	0.000*	6.05	6.20	0.293
BPL (°/s)	42.30	203.43	0.278	42.30	187.30	0.299	203.43	187.30	0.986
BPB (°/s)	452.11	386.32	0.777	452.11	436.93	0.984	386.32	436.93	0.856
PL (°/s)	143.02	-47.28	0.007*	143.02	59.60	0.274	-47.28	59.60	0.155
VhTD (m/s)	5.39	5.73	0.052	5.39	6.03	0.000*	5.73	6.03	0.090
VvTD (m/s)	0.25	0.14	0.341	0.25	0.11	0.153	0.14	0.11	0.932
VhTO (m/s)	3.66	3.80	0.641	3.66	4.02	0.041*	3.80	4.02	0.307
VvTO (m/s)	3.20	3.28	0.677	3.20	3.50	0.005*	3.28	3.50	0.063
VR (m/s)	4.87	5.03	0.479	4.87	5.34	0.002*	5.03	5.34	0.060
ILCAP (°)	75	70	0.009*	75	69	0.001*	70	69	0.805
ILCPA (°)	80	80	1.000	80	76	0.037*	80	76	0.051
t2 (°)	44	28	0.007*	44	26	0.001*	28	26	0.864
t1 (°)	45	32	0.164	45	34	0.204	32	34	0.965
e1 (°)	13	12	0.841	13	10	0.386	12	10	0.769
P2 (°)	46	42	0.061	46	43	0.267	42	43	0.630
P1 (°)	37	32	0.037*	37	35	0.489	32	35	0.280
P0 (°)	38	32	0.047*	38	36	0.621	32	36	0.238
KTD (°)	157	154	0.661	157	156	0.923	154	156	0.858
KL (°)	146	139	0.012*	146	139	0.007*	139	139	1.000
KTO (°)	168	165	0.432	168	162	0.031*	165	162	0.423
ATD (°)	26	28	0.406	26	29	0.046*	28	29	0.555
ILTD (°)	85	82	0.154	85	85	0.821	82	85	0.045*
IATD (°)	78	80	0.636	78	78	0.835	80	78	0.318
ILTO (°)	97	98	0.914	97	99	0.567	98	99	0.842
IATO (°)	90	90	0.989	90	88	0.452	90	88	0.577
α (°)	40	40	0.951	40	40	0.999	40	40	0.961

Tabla 163.

Tendencia en los valores medios de las variables de eficacia en saltadoras femeninas.

Parámetro	Cadetes		Juniors		Seniors
TCAPA (s)	0.146	>	0.131	<	0.142
TVPP (s)	0.142	<	0.147	<	0.148
TCPA(s)	0.149	>	0.137	>	0.134
TVUP(s)	0.088	>	0.082	<	0.095
TB(s)	0.143	<	0.147	>	0.138
LPP(m)	1.73	<	1.78	<	1.83
LUP(m)	1.61	<	1.66	<	1.77
DF (m)	0.75	>	0.49	<	0.80
CM-AP (m)	0.57	<	0.60	<	0.63
ΔH (m)	0.28	<	0.31	>	0.29
H0 (m)	0.88	>	0.86	<	0.91
H1 (m)	1.17	=	1.17	<	1.21
H2 (m)	0.47	<	0.49	<	0.58
H3 (m)	0.09	>	0.07	>	0.06
Hmax (m)	1.65	<	1.66	<	1.79
HCML (m)	1.65	>	1.61	<	1.78
FPP (p/s)	3.52	<	3.61	>	3.45
FUP (p/s)	4.23	<	4.57	>	4.37
VhPP (m/s)	5.71	<	6.36	<	6.43
VhUP (m/s)	5.62	<	6.05	<	6.20
BPL ($^{\circ}/s$)	42.30	<	203.43	>	187.30
BPB ($^{\circ}/s$)	452.11	>	386.32	<	436.93
PL ($^{\circ}/s$)	143.02	>	-47.28	<	59.60
VhTD (m/s)	5.39	<	5.73	<	6.03
VvTD (m/s)	0.25	>	0.14	>	0.11
VhTO (m/s)	3.66	<	3.80	<	4.02
VvTO (m/s)	3.20	<	3.28	<	3.50
VR (m/s)	4.87	<	5.03	<	5.34
ILCAP ($^{\circ}$)	75	>	70	>	69
ILCPA ($^{\circ}$)	80	=	80	>	76
t2 ($^{\circ}$)	44	>	28	>	26
t1 ($^{\circ}$)	45	>	32	<	34
e1 ($^{\circ}$)	13	>	12	>	10
P2 ($^{\circ}$)	46	>	42	<	43
P1 ($^{\circ}$)	37	>	32	<	35
P0 ($^{\circ}$)	38	>	32	<	36
KTD ($^{\circ}$)	157	>	154	<	156
KL ($^{\circ}$)	146	>	139	=	139
KTO ($^{\circ}$)	168	>	165	>	162
ATD ($^{\circ}$)	26	<	28	<	29
ILTD ($^{\circ}$)	85	>	82	<	85
IATD ($^{\circ}$)	78	<	80	>	78
ILTO ($^{\circ}$)	97	<	98	<	99
IATO ($^{\circ}$)	90	=	90	>	88
α ($^{\circ}$)	40	=	40	=	40

En mujeres, al comparar a las cadetes con las juniors hay nueve variables cuya diferencia de valor es estadísticamente significativa. Siete variables tienen un valor mayor en las cadetes: distancia frontal de batida, velocidad angular de la pierna libre, ángulo del penúltimo paso, ángulo del CM en la fase aérea del último paso, ángulo de entrada a la batida, ángulo de la rodilla en el sostén, e inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo. Dos variables tienen un valor mayor en las juniors: velocidad horizontal del penúltimo paso y velocidad horizontal del último paso.

Al comparar a las cadetes con las saltadoras de categoría senior hay 17 variables cuya diferencia de valor es estadísticamente significativa. Seis variables tienen un valor mayor en las cadetes: ángulo del penúltimo paso, ángulo de la rodilla en el sostén, ángulo de la rodilla al final de la batida, ángulo del apoyo al inicio de la batida, inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo, e inclinación lateral en el penúltimo apoyo. Diez variables tienen un valor mayor en la categoría senior: longitud del último paso, distancia entre el CM y el apoyo en la batida, altura de vuelo, altura máxima del CM, altura del CM sobre el listón, velocidad horizontal del penúltimo paso, velocidad horizontal del último paso, velocidad horizontal del CM al inicio de la batida, velocidad horizontal del CM al final de la batida, velocidad vertical del CM al final de la batida, velocidad resultante, y ángulo de la rodilla al final de la batida.

Al comparar a las juniors con las saltadoras de categoría senior hay cinco variables cuya diferencia de valor es estadísticamente significativa. Todas las variables tienen un valor mayor en categoría senior: distancia frontal de batida, altura de vuelo, altura máxima del CM, altura del CM sobre el listón, e inclinación lateral al inicio de la batida.

5.2.3. Comportamiento de las variables en saltadores de diferente género

Se utiliza la prueba *T-test para muestras independientes*. Esta prueba define qué variables cinemáticas muestran diferencias estadísticamente significativas al comparar hombres y mujeres de las categorías cadete, junior, y senior. La columna "t", mediante el signo negativo, indica en qué variables cinemáticas las mujeres tienen un valor mayor que los hombres. En la tabla 164 se exponen los resultados.

Tabla 164.

Cálculo de las diferencias entre géneros dentro de una misma categoría.

Parámetro	Cadete			Junior			Senior		
	Diferencia	gl	Sig.	Diferencia	gl	Sig.	Diferencia	gl	Sig.
TCAPA (s)	-0.730	20	0.474	-1.225	20	0.235	-1.580	23	0.128
TVPP (s)	-0.068	20	0.947	0.149	20	0.883	0.288	23	0.776
TCPA(s)	0.149	20	0.883	-1.515	20	0.145	-1.435	23	0.165
TVUP(s)	-0.561	20	0.581	0.340	20	0.738	-1.752	23	0.093
TB(s)	1.024	20	0.318	-0.010	20	0.992	2.586	23	0.017
LPP(m)	1.194	20	0.246	2.243	20	0.036	3.456	23	0.002
LUP(m)	1.636	20	0.118	2.774	20	0.012	1.499	23	0.148
DF (m)	-0.648	20	0.524	2.157	20	0.043	2.047	23	0.052
CM-AP (m)	1.811	20	0.85	1.445	20	0.164	2.129	23	0.044
ΔH (m)	3.216	20	0.000	3.294	20	0.004	9.107	23	0.000
H0 (m)	-1.271	20	0.218	0.406	20	0.689	1.161	23	0.258
H1 (m)	1.373	20	0.185	3.464	20	0.002	7.671	23	0.000
H2 (m)	4.314	20	0.000	6.938	20	0.000	6.791	23	0.000
H3 (m)	0.837	20	0.412	-0.745	20	0.465	1.105	23	0.281
Hmax (m)	5.621	20	0.000	8.772	20	0.000	9.945	23	0.000
HCML (m)	5.460	20	0.000	7.100	20	0.000	9.902	23	0.000
FPP (p/s)	0.469	20	0.644	0.791	20	0.438	0.722	23	0.477
FUP (p/s)	0.876	20	0.392	0.984	20	0.337	2.304	23	0.031
VhPP (m/s)	2.790	20	0.011	3.986	20	0.001	8.207	23	0.000
VhUP (m/s)	1.711	20	0.102	6.102	20	0.000	5.307	23	0.000
BPL (°/s)	1.791	20	0.089	0.902	20	0.378	1.755	23	0.093
BPB (°/s)	0.938	20	0.360	1.081	20	0.292	2.215	23	0.037
PL (°/s)	-1.263	20	0.221	1.496	20	0.150	0.921	23	0.367
VhTD (m/s)	1.508	20	0.147	5.241	20	0.000	6.745	23	0.000
VvTD (m/s)	-0.295	20	0.771	2.414	20	0.025	1.424	23	0.168
VhTO (m/s)	-0.017	20	0.987	0.452	20	0.656	-0.787	23	0.439
VvTO (m/s)	4.417	20	0.000	9.405	20	0.000	6.385	23	0.000
VR (m/s)	1.621	20	0.121	5.696	20	0.000	4.774	23	0.000
ILCAP (°)	-3.586	20	0.002	-2.552	20	0.019	-1.294	23	0.208
ILCPA (°)	-0.946	20	0.355	-3.230	20	0.004	0.085	23	0.933
t2 (°)	-2.992	20	0.007	1.292	20	0.211	2.188	23	0.039
t1 (°)	0.556	20	0.584	1.599	20	0.125	2.024	23	0.055
e1 (°)	-0.306	20	0.763	0.543	20	0.593	-0.147	23	0.885
P2 (°)	0.625	20	0.539	2.564	20	0.018	2.026	23	0.054
P1 (°)	-0.055	20	0.957	1.880	20	0.075	0.741	23	0.466
P0 (°)	-1.488	20	0.152	0.843	20	0.409	-0.272	23	0.788
KTD (°)	-1.194	20	0.247	-1.005	20	0.327	-0.829	23	0.415
KL (°)	-1.709	20	0.103	-0.614	20	0.546	-0.719	23	0.480
KTO (°)	-1.156	20	0.261	0.603	20	0.553	2.694	23	0.013
ATD (°)	1.546	20	0.138	1.951	20	0.065	3.716	23	0.001
ILTD (°)	-1.307	20	0.206	-1.435	20	0.167	-3.066	23	0.005
IATD (°)	0.506	20	0.618	-4.022	20	0.001	-0.618	23	0.543
ILTO (°)	1.820	20	0.084	-2.055	20	0.053	-1.437	23	0.164
IATO (°)	-2.774	20	0.012	-2.787	20	0.011	0.917	23	0.369
α (°)	3.096	20	0.006	4.700	20	0.000	3.986	23	0.001

Al comparar a los cadetes, existen diez variables que presentan diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres. Siete variables tienen un valor mayor en hombres: recorrido vertical de aceleración del CM, altura de vuelo, altura máxima del CM, altura del CM sobre el listón, velocidad horizontal del penúltimo paso, velocidad vertical del CM al final de la batida, y ángulo de batida. Tres variables tienen un valor mayor en mujeres: inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo, ángulo del penúltimo paso, e inclinación anterior al final de la batida.

Al comparar a los juniors, existen 18 variables que presentan diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres. Quince variables tienen un valor mayor en hombres: longitud del penúltimo paso, longitud del último paso, distancia frontal de batida, recorrido vertical de aceleración del CM, altura del CM al inicio de la batida, altura de vuelo, altura máxima del CM, altura del CM sobre el listón, velocidad horizontal del penúltimo paso, velocidad horizontal del último paso, velocidad horizontal del CM al inicio de la batida, velocidad vertical del CM al inicio de la batida, velocidad vertical del CM al final de la batida, y ángulo de CM en la fase aérea del penúltimo paso. Tres variables tienen un valor mayor en mujeres: inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo, inclinación lateral en el penúltimo apoyo, e inclinación anterior al inicio de la batida.

Al comparar la categoría senior, existen 20 variables que presentan diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres. Diecinueve variables tienen un valor mayor en hombres: duración de la batida, longitud del penúltimo paso, distancia entre el CM y el apoyo en la batida, recorrido vertical de aceleración del CM, altura del CM al inicio de la batida, altura de vuelo, altura máxima del CM, altura del CM sobre el listón, frecuencia del último paso, velocidad del penúltimo paso, velocidad del último paso, velocidad angular del brazo de la pierna de batida, velocidad horizontal del CM al inicio de la batida, velocidad vertical del CM al final de la batida, velocidad resultante, ángulo del penúltimo paso, ángulo de la rodilla al final de la batida, ángulo del apoyo al inicio de la batida, y ángulo de batida. Una variable tiene un valor mayor en mujeres: inclinación lateral al inicio de la batida.

5.3. MODELO CINEMÁTICO DE EJECUCIÓN

A continuación se exponen unas tablas resumen que contienen los valores mínimos y máximos de los parámetros de rendimiento analizados para cada categoría de edad y sexo.

CADETE MASCULINO (Resultado: 1.60-1.78 m)

ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS (s)

TCAPA	TVPP	TCPA	TVUP	TB
0.120	0.110	0.130	0.050	0.120
0.170	0.190	0.160	0.130	0.190

ANÁLISIS DE LAS DISTANCIAS (m)

LPP	LUP	DF	CM-AP	ΔH
1.58	1.45	0.50	0.49	0.30
2.08	1.93	0.86	0.82	0.43

ANÁLISIS DE LAS ALTURAS (m)

HL	H0	H1	H2	H3	HMAX	HCML
1.60	0.83	1.17	0.45	0.04	1.64	1.64
1.78	0.92	1.26	0.69	0.15	1.91	1.91

ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES (m/s)

FPP (p/s)	FUP (p/s)	VhPP	VhUP	VBPL (°/s)	VBPB (°/s)
3.12	3.57	4.92	5.81	-87.76	176.58
4.54	5.00	7.33	9.05	568.75	830.80

VPL (°/s)	VhTD	VvTD	VhTO	VvTO	VR
-142.94	4.66	-0.22	2.62	3.28	4.33
187.55	6.57	0.62	4.65	4.14	6.08

ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS (°)

ILCAPA	ILCPA	t2	t1	e1	P2	P1	P0
68	74	12	28	4	37	26	31
74	87	53	62	19	54	42	40

KTD	KL	KTO	ILTD	IATD	ILTO	IATO	α
ATD							
142-166	127	155	77	69	94	75	42
19-39	156	173	87	88	111	90	52

JUNIOR MASCULINO (Resultado: 1.82-2.27 m)

ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS (s)

TCAPA	TVPP	TCPA	TVUP	TB
0.100	0.110	0.090	0.050	0.120
0.170	0.200	0.150	0.120	0.190

ANÁLISIS DE LAS DISTANCIAS (m)

LPP	LUP	DF	CM-AP	ΔH
1.69	1.58	0.28	0.58	0.32
2.24	2.01	0.95	0.71	0.46

ANÁLISIS DE LAS ALTURAS (m)

HL	H0	H1	H2	H3	HMAX	HCML
1.82	0.77	1.18	0.63	0.01	1.94	1.83
2.27	0.95	1.30	1.07	0.12	2.28	2.25

ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES (m/s)

FPP (p/s)	FUP (p/s)	VhPP	VhUP	VBPL (°/s)	VBPB (°/s)
3.12	4.16	6.35	6.29	-75.01	177.95
4.16	6.25	7.32	7.12	593.55	747.76

VPL (°/s)	VhTD	VvTD	VhTO	VvTO	VR
-120.13	5.82	-0.02	3.42	3.85	5.31
404.67	6.87	0.93	4.35	4.60	6.04

ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS (°)

ILCAPA	ILCPA	t2	t1	e1	P2	P1	P0
61	71	18	20	7	38	29	25
77	82	56	57	26	56	44	43

KTD	KL	KTO	ILTD	IATD	ILTO	IATO	α
ATD							
144-159	123	157	74	66	90	79	42
26-39	150	172	86	79	106	92	52

SENIOR MASCULINO (Resultado: 2.00-2.24 m)

ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS (s)

TCAPA	TVPP	TCPA	TVUP	TB
0.110	0.120	0.110	0.040	0.130
0.150	0.200	0.150	0.140	0.190

ANÁLISIS DE LAS DISTANCIAS (m)

LPP	LUP	DF	CM-AP	ΔH
1.67	1.62	0.70	0.58	0.35
2.28	2.36	1.23	0.83	0.49

ANÁLISIS DE LAS ALTURAS (m)

HL	H0	H1	H2	H3	HMAX	HCML
2.00	0.87	1.29	0.68	0.03	2.08	2.07
2.24	1.00	1.44	0.92	0.12	2.36	2.36

ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES (m/s)

FPP (p/s)	FUP (p/s)	VhPP	VhUP	VBPL (°/s)	VBPB (°/s)
2.94	4.00	6.86	6.32	60.39	257.24
4.34	6.25	7.64	7.24	805.19	1024.03

VPL (°/s)	VhTD	VvTD	VhTO	VvTO	VR
4.94	6.21	-0.41	3.37	3.71	5.49
200.79	7.10	0.89	4.56	4.63	6.37

ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS (°)

ILCAPA	ILCPA	t2	t1	e1	P2	P1	P0
64	63	15	24	1	37	24	22
76	83	49	53	24	56	44	44

KTD	KL	KTO	ILTD	IATD	ILTO	IATO	α
ATD							
145-166	126	160	78	69	92	83	39
29-38	149	175	87	83	103	99	53

CADETE FEMENINO (Resultado: 1.50-1.63 m)

ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS (s)

TCAPA	TVPP	TCPA	TVUP	TB
0.120	0.080	0.120	0.070	0.130
0.170	0.210	0.180	0.110	0.180

ANÁLISIS DE LAS DISTANCIAS (m)

LPP	LUP	DF	CM-AP	ΔH
1.46	1.34	0.54	0.50	0.24
2.24	1.80	0.96	0.64	0.37

ANÁLISIS DE LAS ALTURAS (m)

HL	H0	H1	H2	H3	HMAX	HCML
1.50	0.76	1.00	0.42	0.05	1.61	1.61
1.63	0.96	1.27	0.61	0.11	1.72	1.72

ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES (m/s)

FPP (p/s)	FUP (p/s)	VhPP	VhUP	VBPL (°/s)	VBPB (°/s)
2.70	3.70	5.45	5.18	-109.99	47.85
4.16	5.00	6.40	6.08	281.17	813.71

VPL (°/s)	VhTD	VvTD	VhTO	VvTO	VR
-58.69	4.72	-0.008	2.71	2.78	3.89
441.70	5.96	0.61	4.11	3.61	5.27

ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS (°)

ILCAPA	ILCPA	t2	t1	e1	P2	P1	P0
69	76	31	13	7	43	32	33
80	90	66	57	25	52	41	48

KTD	KL	KTO	ILTD	IATD	ILTO	IATO	α
ATD							
146-165	134	159	78	74	88	83	36
21-30	155	173	89	88	107	98	45

JUNIOR FEMENINO (Resultado: 1.50-1.70 m)

ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS (s)

TCAPA	TVPP	TCPA	TVUP	TB
0.110	0.120	0.120	0.070	0.130
0.160	0.190	0.170	0.100	0.180

ANÁLISIS DE LAS DISTANCIAS (m)

LPP	LUP	DF	CM-AP	ΔH
1.64	1.54	0.17	0.51	0.25
2.13	1.86	0.84	0.69	0.37

ANÁLISIS DE LAS ALTURAS (m)

HL	H0	H1	H2	H3	HMAX	HCML
1.50	0.83	1.10	0.42	0.04	1.55	1.47
1.70	0.95	1.32	0.60	0.18	1.82	1.77

ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES (m/s)

FPP (p/s)	FUP (p/s)	VhPP	VhUP	VBPL (°/s)	VBPB (°/s)
2.94	3.84	6.13	5.71	-109.18	70.82
4.00	5.26	6.66	6.28	812.05	651.71

VPL (°/s)	VhTD	VvTD	VhTO	VvTO	VR
-310.06	5.17	-0.06	3.45	3.05	4.68
146.93	6.20	0.60	4.57	3.73	5.71

ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS (°)

ILCAPA	ILCPA	t2	t1	e1	P2	P1	P0
68	73	11	11	2	34	24	24
73	85	55	60	23	51	42	43

KTD	KL	KTO	ILTD	IATD	ILTO	IATO	α
ATD							
143-167	130	151	77	76	88	83	36
22-32	149	174	88	84	109	94	45

SENIOR FEMENINO (Resultado: 1.64-1.93 m)

ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS (s)

TCAPA	TVPP	TCPA	TVUP	TB
0.110	0.120	0.120	0.080	0.120
0.170	0.180	0.150	0.110	0.150

ANÁLISIS DE LAS DISTANCIAS (m)

LPP	LUP	DF	CM-AP	ΔH
1.62	1.67	0.53	0.60	0.25
2.08	1.91	1.00	0.75	0.33

ANÁLISIS DE LAS ALTURAS (m)

HL	H0	H1	H2	H3	HMAX	HCML
1.64	0.82	1.14	0.42	0.01	1.65	1.64
1.93	1.03	1.34	0.70	0.12	2.02	2.00

ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES (m/s)

FPP (p/s)	FUP (p/s)	VhPP	VhUP	VBPL (°/s)	VBPB (°/s)
3.12	4.00	5.96	5.91	-184.41	206.17
4.00	5.00	6.87	6.49	622.07	1044.88

VPL (°/s)	VhTD	VvTD	VhTO	VvTO	VR
-113.25	5.63	-0.09	3.76	3.16	5.02
157.70	6.50	0.39	4.58	3.77	5.71

ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS (°)

ILCAPA	ILCPA	t2	t1	e1	P2	P1	P0
65	70	17	10	2	38	28	29
78	81	47	57	18	50	42	44

KTD	KL	KTO	ILTD	IATD	ILTO	IATO	α
ATD							
148-163	132	150	80	72	97	82	36
25-32	148	173	90	84	103	96	45

6. DISCUSIÓN

La discusión de los resultados se encuentra dividida en tres apartados: visión general del salto, análisis de las fases temporales del salto, y criterios biomecánicos para la ejecución eficaz de un salto. En el primero se expone el objetivo fundamental del salto, se definen los principales parámetros de eficacia que determinan la consecución de este objetivo, y se ubica la tipología de los saltadores de altura nacionales. En el segundo se discute sobre cómo los diferentes parámetros de eficacia técnica contribuyen y evolucionan sobre la consecución de los objetivos parciales (objetivos de las fases de ante-salto, batida, y vuelo) y globales (objetivo general del salto). Finalmente se exponen cuales son los criterios biomecánicos fundamentales que determinan la ejecución óptima de un salto de altura en función de la categoría de edad y el sexo.

En este estudio, la discusión de los resultados se basa en un enfoque similar al planteado por Dapena et al. (1990) por el que se considera mejor técnicamente a los saltadores y saltadoras de mayor categoría de edad por el hecho de saltar una mayor altura de listón (escalón más elevado de la pirámide de rendimiento). Este enfoque resulta más apropiado cuando se aplica al rendimiento en competición. Por otra parte, no valora si la técnica empleada es o no la óptima para las características personales de cada saltador (técnicas, antropométricas, y físicas), como se hace con otro enfoque como el desarrollado por Greig y Yeadon (2000) en el que un mismo saltador aplica ligeras modificaciones en su ejecución y se observa cómo afectan al rendimiento.

El actual modelo de eficacia técnica para categoría senior, en hombres y en mujeres, se establece a partir de los datos de la bibliografía internacional. En el presente trabajo se toma como el modelo válido de referencia. El objetivo de la tesis doctoral no es determinar el nivel de validez de este modelo técnico, sino establecer cuales son los escalones de la pirámide que permiten llegar a este último peldaño. El presente trabajo busca con el establecimiento de los peldaños de la pirámide ayudar a guiar el proceso de entrenamiento físico y técnico en cada

categoría de edad. Hay que tener en cuenta que el establecimiento del modelo técnico de rendimiento en función del momento dentro del proceso de formación está asociado a un resultado en competición determinado. Los resultados de este estudio sólo son aplicables a saltadores de altura con características de edad y rendimiento similares.

6.1. VISIÓN GENERAL DEL SALTO

6.1.1. Objetivo y parámetros de eficacia

El objetivo general del salto de altura es proyectar el CM a la máxima distancia vertical para superar el listón mediante movimientos segmentarios, logrando una posición sobre el listón denominada de arqueo (Kreighbaun y Brathles, 1988). En el presente estudio, el análisis de las variables cinemáticas de eficacia técnica reveló que el aumento de la velocidad vertical al final de la fase de batida es uno de los parámetros con mayor influencia sobre la consecución de la mayor altura vertical alcanzada por el CM. Este criterio se cumple en todas las categorías de edad en hombres y mujeres, excepto para la categoría junior en mujeres. En esta categoría de edad, este parámetro parece que se compensa con una mayor eficacia de paso por el listón.

En hombres, los saltadores de categoría cadete consiguen aumentar la velocidad vertical al final de la batida (V_{vTO}) con lo que aumentan: la velocidad horizontal del CM al inicio de la batida (V_{hTD}), el recorrido vertical del CM durante la batida (ΔH), el ángulo de la rodilla al inicio de la batida (KTD), y la contribución de los segmentos libres durante la batida. En esta categoría de edad, el aprovechamiento del impulso de los brazos permite estar más tiempo empujando al suelo y conseguir mayor V_{vTO} . Sin embargo, las mayores V_{vTO} son logradas por los saltadores que registran un tiempo de contacto en la batida menor. El aumento del ΔH se logra disminuyendo el valor de la altura del CM al inicio de la batida (H_0), esto es: disminución de la longitud del último paso, aumento de la inclinación del cuerpo hacia atrás, y disminución de la inclinación lateral hacia el centro de la curva.

Al aumentar la categoría de edad (categoría junior y senior), los saltadores son capaces de aprovechar la mayor duración de la batida para generar mayor VvTO. Esto es posible que se deba al mayor número de años de preparación física (sección transversal del músculo) y/o años de entrenamiento técnico (coordinación intermuscular e intramuscular). Este hecho les permite aprovechar un mayor tiempo de contacto para aplicar mayor fuerza sin que ello suponga una pérdida de eficacia. En la categoría junior, parece que una mayor flexión de rodilla al inicio de la batida les permite batir produciendo mayor VvTO. Esto es posible que esté relacionado con un modelo de salto en potencia. En la categoría senior, la disminución del valor de H_0 se consigue disminuyendo la longitud del paso y la inclinación lateral-frontal al inicio de la batida.

En mujeres, las saltadoras de categoría cadete aumentan la VvTO a través del aumento de: la velocidad horizontal del CM al inicio de la batida (V_{hTD}), el ángulo de la rodilla al inicio de la batida (KTD), y la contribución de los segmentos libres durante la batida. Al aumentar la categoría de edad, el aumento del ΔH aumenta también la VvTO. Este incremento del ΔH se logra principalmente por la disminución del valor de H_0 (disminución de la longitud del paso y aumento de la inclinación lateral-frontal al inicio de la batida). En la categoría senior, una mayor flexión de rodilla al inicio de la batida les permite batir produciendo mayor VvTO. Sólo en esta categoría de edad y sólo en las mujeres, la mayor contribución de los segmentos libres no incrementa la duración de la batida. En todas las categorías de edad femeninas, las mayores VvTO son logradas por aquellas que registran un tiempo de contacto en la batida menor.

6.1.2. Tipología de los saltadores de altura nacionales

El modelo que se toma como referencia para el establecimiento de la tipología de salto es el propuesto por Reid (1986). Este modelo se basa en una tabla comparativa formada por 17 aspectos clave (anexo 2). La mayoría de estos aspectos clave son de tipo cualitativo (forma de realizar la carrera de aproximación, última zancada, tipo de recepción, acción de brazos, acción de la pierna libre, movimientos segmentarios, mirada en el franqueo, y puntos clave) o indican la tendencia de un parámetro sin especificar su valor aproximado (ángulo de ataque, pérdida de velocidad en la última zancada, situación con el listón,

parábola de salto, y caída). Otros hacen referencia a características personales del atleta (tipología y entrenamiento de velocidad). Los aspectos clave de tipo cuantitativo se dan en menor número (velocidad de aproximación, zancadas de carrera, y duración de la batida). Estos aspectos clave de tipo cuantitativo parecen definirse en función de saltadores de categoría senior y nivel internacional.

El presente estudio sólo analiza variables de tipo cinemático (cuantitativas). Sin embargo, es posible establecer la tipología del saltador. Lo que se hace es tomar el valor de determinados parámetros cinemáticos del estudio que se ajustan a los aspectos clave y se comparan entre las diferentes categorías de edad. Estos parámetros corresponden a las fases de ante-salto y batida: descenso de la velocidad en el último paso de carrera, ángulo que describe la trayectoria del CM al aproximarse al listón, distancia frontal de batida, ubicación del CM respecto al apoyo al iniciar el contacto para la batida, altura del CM al inicio de la batida, duración de la batida, ángulo de la rodilla al final de la batida, contribución de la pierna libre al impulso, y ángulo de proyección del CM al final de la batida.

Los resultados del estudio, en relación a la velocidad de aproximación y la duración de la batida (aspectos cuantitativos en la tabla del anexo 2), parecen indicar que la tipología de los saltadores de altura nacionales pertenecientes a las categorías atléticas masculinas cadete ($h = 1.70$ m; estatura = 1.70 m), junior ($h = 1.95$ m; estatura = 1.80 m), y senior ($h = 2.10$ m; estatura = 1.89 m) y a las categorías femeninas cadete ($h = 1.55$ m; estatura = 1.63 m), junior ($h = 1.59$ m; estatura = 1.67 m), y senior ($h = 1.73$ m; estatura = 1.69 m) se corresponde con un salto en velocidad. Este aspecto es posible explicarlo a partir de los conceptos: velocidad horizontal y altura del listón (relación positiva entre la velocidad de carrera y la máxima altura del CM) (Primakov, Lazarev y Konestiapin, 1986). Llegar al inicio de la batida con una elevada velocidad horizontal de carrera correlaciona positivamente con la capacidad para generar elevada velocidad vertical al final de la batida. Este es el aspecto con mayor influencia sobre el resultado final.

Además, en general se produce en todas las categorías analizadas: una ligera pérdida de velocidad en el último paso, ubicación del CM adelantado y elevado al iniciar la batida, extensión incompleta de la pierna de batida al final del

impulso, baja contribución de la pierna libre a la producción de velocidad vertical (incluso negativa en mujeres de categoría junior), y proyección del CM al final de la batida en un ángulo que describe una trayectoria abierta. Sin embargo, en la categoría junior de hombres y mujeres parece que hay una serie de parámetros que se corresponden con un salto en potencia si se comparan con el resto de categorías.

En hombres, los parámetros que indican una posible batida en potencia son: mayor proximidad del punto de batida respecto al listón, la velocidad horizontal de entrada a la batida, la ubicación del CM al inicio de la batida, y la relación entre la distancia del CM con el apoyo y el ángulo de la pierna de batida respecto a la proyección vertical del listón. En mujeres, los parámetros que indican una posible batida en potencia son: menor inclinación al inicio de la batida (posible menor ángulo de entrada a la batida), mayor descenso de velocidad en el último paso y en la batida, mayor descenso del CM al inicio de la batida, mayor recorrido vertical del CM, mayor duración de la batida, y mayor proximidad del punto de batida respecto al listón.

6.2. ANÁLISIS DE LAS FASES TEMPORALES DEL SALTO

Todas las acciones técnicas analizadas en este estudio se realizan dentro del marco de las fases temporales del salto de altura (ante-salto, batida, y vuelo-paso del listón). Se trata de tres fases relacionadas entre sí. Las acciones en una fase repercuten en la siguiente. Debido al elevado número de parámetros de tipo cuantitativo analizados es necesario diferenciar entre estos momentos del salto. Esto va a permitir dar: a) en primer lugar, una visión analítica de las causas que determinan la modificación de los parámetros de eficacia, y b) posteriormente, una visión global de cómo evoluciona la técnica en las diferentes categorías de edad, distinguiendo los diversos factores que pueden condicionar esta evolución.

Se realiza una diferenciación entre la discusión de los resultados obtenidos por los hombres y los resultados obtenidos por las mujeres. El motivo de realizar esta diferenciación es que se trata de dos grupos de deportistas con diferentes características físicas, diferentes características antropométricas, y diferentes rendimientos. Esto indica que se trata de dos grupos no homogéneos entre sí y,

por tanto, no se pueden comparar. Además de este aspecto, hay que tener en cuenta las limitaciones a la hora de realizar la comparación con los estudios de la bibliografía.

Para la categoría cadete, ni en hombres ni en mujeres se han encontrado estudios en la revisión realizada con los que se puedan realizar comparaciones. Para la categoría junior, únicamente se ha encontrado el estudio de Conrad y Ritzdorf (1986). El rendimiento de los saltadores y saltadoras es superior al encontrado en la muestra de la presente tesis doctoral (2.19-2.25 m frente a 1.82-2.27 m en hombres y 1.86-1.92 m frente a 1.50-1.70 m en mujeres). Para la categoría senior, los resultados del presente estudio no es posible compararlos con los resultados de la mayoría de los estudios de la bibliografía. Esto es debido a diferentes factores: a) que los estudios de la bibliografía se realizan con saltadores de nivel internacional; b) se trata de los mejores del mundo; c) tienen rendimientos diferentes (superiores); y/o d) posiblemente el nivel de preparación física y el entrenamiento sea totalmente diferente. Sin embargo, en el estudio de Mateos (2003) los saltadores y saltadoras son de nivel nacional y los rendimientos son similares (2.04-2.26 m frente a 2.00-2.24 m en hombres y 1.67-1.83 m frente a 1.64-1.93 m en mujeres). Determina que para algunos parámetros sea el único estudio con el que es posible realizar comparaciones.

6.2.1. Preparación para la batida (ante-salto)

El objetivo fundamental de esta fase del salto es generar mucha fuerza (velocidad horizontal) para que ésta sea transformada en velocidad vertical al final de la fase de batida. Además, se busca ubicar al saltador en las condiciones óptimas al llegar al inicio de la batida (talonamiento). Para lograr este objetivo, los hombres y las mujeres analizados realizan una serie de acciones técnicas que varían en función de la categoría de edad. Estas variaciones en la técnica son las que determinan las diferencias en los rendimientos de las categorías cadete, junior, y senior (en hombres: 1.70 m, 1.95 m, y 2.10 m, respectivamente; y en mujeres: 1.55 m, 1.59 m, y 1.73 m, respectivamente). Tomando el valor de la velocidad de aproximación, los saltadores/as de mayor categoría de edad se pueden considerar técnicamente mejores en la realización del ante-salto.

Con la realización de la carrera de aproximación, el saltador busca llegar a la batida con la máxima velocidad horizontal controlable (Bothmischel, 1990). La explicación de este concepto es que al aumentar la velocidad de carrera, cuando el saltador posiciona el pie en el punto de batida, se produce un aumento de la tensión muscular durante la fase excéntrica de la batida que en la posterior fase concéntrica permite ejercer mayor fuerza (Bompa, 1990). En este estudio se analizan los dos últimos pasos de carrera, porque es donde se producen las modificaciones más importantes (Mateos, 2003; Ritzdorf, 1986). Estas modificaciones son en: longitud del paso, frecuencia del paso, velocidad del paso, inclinación lateral, tiempo de contacto, y tiempo de vuelo.

Los dos últimos pasos de carrera son ejecutados en el tramo del ante-salto en el que el saltador describe la curva (Jacoby y Farley, 1995). El objetivo de esta parte de la carrera es el de preparar las condiciones idóneas para poder ejecutar la batida con la mayor eficacia posible (Paolillo, 1989). Al realizar esta parte final de la carrera en curva, el saltador se inclina hacia el centro de la curva (Gutiérrez y Soto, 1992). Con esta inclinación se puede compensar la fuerza centrífuga generada y la velocidad que se puede desarrollar es mayor. Sin embargo, el principal objetivo de esta acción es poder llegar a la batida con el CM lo más bajo posible sin la necesidad de correr con las rodillas muy flexionadas (Hay, 1977) y llegar al inicio de la batida con una inclinación lateral que facilite el desplazamiento hacia el listón tras la batida y la creación de momento angular que facilite el volteo sobre el listón (Bothmischel, 1990; Dapena, 1992; Tellez, 1993; Tidow, 1993). Esta inclinación hace que el CM describa una trayectoria diferente a la que describen los apoyos (Reid, 1986; Tidow, 1993). Esta trayectoria es más próxima al centro de la curva, aunque al final de la carrera ambas trayectorias convergen como consecuencia del enderezamiento progresivo y la necesidad de proyectar al saltador hacia el listón.

Respecto a las variables analizadas, se debe tener en cuenta que al realizar el análisis y discusión de los resultados existe un problema asociado al cálculo de las duraciones de los apoyos y las fases aéreas en los dos últimos pasos de carrera. Este problema está asociado a la frecuencia de muestreo utilizada en el estudio. Normalmente, para duraciones que muestran un tiempo pequeño (tiempos de contacto y tiempos de vuelo) lo mejor sería medir con una sensibilidad de

milisegundos (ms). En el presente análisis, el tiempo se está midiendo con una sensibilidad de tan solo 0.02 s, debido a que la frecuencia de grabación utilizada (50 Hz) se encuentra condicionada por el tipo de cámara de vídeo empleada.

Otro aspecto a considerar al comparar los resultados de este estudio sobre la orientación del pie con otros estudios de la bibliografía, es que en la bibliografía, la trayectoria final de los apoyos se calcula a través del ángulo entre el listón y la línea que resulta de unir dos apoyos sucesivos (pie izquierdo-pie derecho), tomando como referencia la punta del pie. En este estudio se calcula la orientación real del pie (ángulo entre el eje longitudinal del pie y el listón). Este aspecto proporciona mayor información sobre lo que pasa durante el apoyo del pie en el suelo. Sin embargo, limita el poder comparar los resultados de este estudio con los resultados de los estudios previos realizados con saltadores de mayor nivel internacional. Entre los resultados de los estudios previos y los de esta tesis doctoral se analizan conceptos diferentes.

6.2.1.1. *Hombres*

La ejecución del ante-salto se realiza de forma más efectiva por los saltadores de mayor categoría de edad y rendimiento. La velocidad del CM en el penúltimo paso (6.20 m/s en categoría cadete, 6.86 m/s en categoría junior, y 7.24 m/s en senior) y en el último paso de carrera (5.95 m/s en cadete, 6.69 m/s en junior, y 6.74 m/s en senior) se incrementa con la edad. Sin embargo, esta velocidad se encuentra por debajo de los saltadores de mayor categoría y rendimiento internacional (7-8.5 m/s) (Ae, et al., 2008; Brüggeman y Loch, 1992; Coh y Supje, 2008; Dapena y Bahamonde, 1991; Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990; Gutiérrez y Soto, 1992; Liying, Yang, y Xing, 1996; Bravo, Ruf, y Vélez, 2004), aunque próxima al estudio de Mateos (2003) (6.84 m/s).

Este aumento de la velocidad de carrera es posible que se deba a que, durante la fase previa de aceleración en recta y al inicio de la curva, la acción se realiza utilizando una carrera de mayor longitud, aplicando mayor fuerza contra el suelo, y/o con una mejor conservación del momento horizontal a través de la ejecución activa de los apoyos (Schexnayder, 1994). El incremento de la velocidad al subir de categoría de edad implica que se genere mayor energía cinética al final

de la carrera y se pueda utilizar mayor fuerza reactiva (impulso) en la batida (Dapena y Chung, 1988).

La mayor velocidad de carrera podría ser la causa de una mayor inclinación lateral, sin embargo, los resultados indican que los saltadores de categoría junior son los que más se inclinan y no los saltadores de categoría senior. Este hecho se podría explicar por la utilización de mayores radios de curva (Dapena, 1995b) y por los tiempos de contacto del penúltimo paso (0.140 s en categoría cadete, 0.120 s en junior, y 0.133 s en senior) y último paso (0.150 s en cadete, 0.126 s en junior, y 0.127 s en senior). Esta relación entre la inclinación lateral y la duración del apoyo implica que los saltadores de categoría junior realizan la carrera aplicando fuerza de forma más reactivo-refleja y con el pie en el apoyo más abierto que las categorías senior y cadete.

La consecuencia de correr con tiempos de contacto menores es que se produce una mayor reducción de la fuerza de frenado al apoyar el pie en el suelo (Schexnayder, 1994). Por ello, los saltadores de categoría junior se inclinan más en curva. Los menores tiempos de contacto requieren correr con un mayor nivel de inclinación lateral en curva (Dapena, 1997a). La mayor inclinación lateral es posible que se dé como consecuencia de correr con un mayor radio de curva (Dapena, 1995b), aunque este aspecto no se conoce. Esta opción es la más probable, porque el otro parámetro que puede causar aumento de la inclinación lateral, la velocidad de carrera, se incrementa con la edad. En el modelo técnico de rendimiento de la parte superior de la pirámide de rendimiento se observa mayor inclinación (15-30°) (Houvion, Prost y Raffin-Peyloz, 1986; Tellez, 1993) y mayor duración del apoyo (Conrad y Ritzdorf, 1986; Isolehto et al., 2006; Mateos, 2003) (entre 0.050-0.100 s más). Sin embargo, en otros estudios se observa una menor duración (Schubin y Schustin, 1993) (0.010-0.020 s menos).

Parece que esta inclinación lateral no determina que la trayectoria del CM sea más cerrada o más abierta. Tanto la media como el rango son similares en todas las categorías de edad y menores (10-20° menos) que los encontrados por la bibliografía (Conrad y Ritzdorf, 1986; Dapena, McDonald y Cappaert, 1990; Mateos, 2003). Sin embargo, al comparar los datos dentro de un mismo grupo se puede concluir una característica técnica común en todas las categorías de edad.

Los resultados encontrados indican que la relación predominante de los ángulos de aproximación del CM a la batida en los dos últimos pasos de carrera es $P2 > P1 > P0$ y coincide con los autores mencionados anteriormente (Conrad y Ritzdorf, 1986; Dapena, McDonald y Cappaert, 1990; Mateos, 2003). Se cumple en el 54.54% de los saltadores en categoría cadete, 61.53% e junior, y 53.84% en senior. Esta relación indica que se empuja lejos de la curva, que es algo que normalmente se hace inconscientemente (Dapena, 1988).

Como consecuencia de correr con una mayor velocidad de carrera (mayor nivel de fuerza en la extremidad inferior), sumado al hecho de tener características antropométricas de estatura favorables al subir de categoría de edad (1.70 m en cadete, 1.80 m en junior, y 1.89 m en senior), se produce un incremento en la longitud del paso, tanto en el penúltimo paso (1.84 m en cadete, 1.96 m en junior, y 2.06 m en senior) como en el último (1.71 m en cadete, 1.81 en junior, y 1.86 m en senior). En el penúltimo paso, su ejecución se realiza con un incremento de la fase aérea (0.141 s en cadete, 0.149 s en junior, y 0.150 s en senior). La combinación de mayor longitud de paso y mayor duración de la fase aérea con la edad produce un mayor retraso del CM y se relaciona con una realización del ante-salto y/o velocidad más controlable para realizarlo mejor. Estas acciones contrarrestan el mayor empuje de la cadera hacia delante y ayudan al descenso del CM al llegar a la batida (Bothmischel, 1990; Tellez, 1993).

En el último paso, la fase aérea se incrementa en los saltadores de categoría junior para volver a descender en categoría senior (0.083 s en categoría cadete, 0.084 s en junior, y 0.081 s en senior). No queda claro cuáles pueden ser las causas de estos resultados. Los valores encontrados son mayores que los correspondientes a saltadores de mayor nivel de rendimiento. Los saltadores de mayor rendimiento analizados en la bibliografía tienen mayores longitudes de paso (mayor velocidad de carrera correspondiente con un valor de 7.5-8 m/s), y tiempos de vuelo inferiores (máximo de 0.080 s). Además, las longitudes del paso son diferentes debido a las diferencias en la estatura y velocidad de aproximación.

Al relacionar la trayectoria del CM durante la parte final de la carrera con la longitud de los pasos, la frecuencia, y la velocidad se ha encontrado lo siguiente: 1) el aumento de la frecuencia y la velocidad del penúltimo paso y la disminución

de la longitud del penúltimo paso provoca: a) un aumento del ángulo P2 en las categorías cadete y senior y b) una disminución de este ángulo en la categoría junior; 2) la disminución de la longitud, frecuencia, y velocidad del último paso provoca un aumento en el ángulo P1 en categoría cadete, mientras que para categoría junior y senior lo provoca el aumento de la frecuencia y longitud del paso y la disminución de la longitud del paso.

Se ha relacionado la orientación del pie durante la carrera con: la inclinación lateral durante los apoyos y el ángulo de carrera. En categoría cadete y junior, la orientación del pie en el apoyo se incrementa al aumentar la inclinación lateral. Sin embargo, en categoría senior, este ángulo de orientación del pie se incrementa con la disminución de la inclinación lateral hacia el centro de la curva. La orientación del pie en el antepenúltimo y penúltimo apoyo aumenta con el aumento de los ángulos P2 y P1, respectivamente.

Al comparar los pasos finales se concluyen unas modificaciones en el último paso como consecuencia de la necesidad de facilitar la transición de mayores fuerzas horizontales de los saltadores de mayor categoría de edad a mayores fuerzas verticales al final de la batida (Myers, 1988). Los resultados indican que estas modificaciones se acentúan al subir de categoría. Estas modificaciones son: disminución del tiempo de vuelo (0.020-0.080 s en cadete, 0.030-0.130 s en junior, y 0.010-0.160 s en senior), disminución de la inclinación hacia el centro de la curva (8° en cadete y 9° en junior y en senior), aumento de la frecuencia del paso (0.75 p/s en cadete, 1.08 p/s en junior, y 1.29 p/s en senior), y disminución de la longitud del paso (0.13 m en cadete, 0.15 m en junior, y 0.19 m en senior). Sin embargo, el tiempo de contacto en el apoyo aumenta en las categorías cadete y junior (0.010-0.030 s) para que en categoría senior se reduzca (0.010-0.020 s). Esto es esperable porque se mueven a mayor velocidad. Lo mismo ocurre con los saltadores de categoría senior en el estudio de Mateos (2003).

La disminución del tiempo de vuelo en el último paso ocurre de forma natural como consecuencia de llegar a la batida con la rodilla extendida, el tronco inclinado hacia atrás y hacia el centro de la curva, y el retraso del CM respecto al apoyo del pie de batida. Esta disminución del tiempo de vuelo provoca un aumento de la frecuencia, de forma que la influencia sobre la velocidad de carrera

es mínima y se puede iniciar la batida con una elevada velocidad horizontal. La mayor disminución en la longitud del paso produce una mayor reducción de la fuerza de frenado al apoyar el pie de batida y aumento del recorrido del CM durante la batida por descenso del CM en H0 (Schexnayder, 1994; Tidow, 1993). Se afirma que la diferencia entre el penúltimo paso y el último es de 20-30 cm (Strizhak, 1988), sin embargo, este estudio muestra valores medios inferiores más acordes con Mateos (2003). Esta modificación en la longitud y el ritmo de los pasos son mayores al subir de categoría debido a la necesidad de proyectar el CM a mayor altura llevando una mayor velocidad (Bothmischel, 1990).

6.2.1.2. Mujeres

Atendiendo al objetivo del ante-salto (generar la mayor cantidad posible de velocidad de forma controlada) y teniendo en cuenta la relación positiva entre este parámetro y la capacidad para batir con una mayor velocidad vertical (Primakov, Lazarev y Konestiapin, 1986), las saltadoras de mayor categoría de edad se muestran más eficaces en esta fase del salto. La velocidad de carrera alcanza su máximo valor en categoría senior, tanto para el penúltimo paso (5.71 m/s en cadete, 6.36 m/s en junior, y 6.43 m/s en senior) como para el último (5.62 m/s en cadete, 6.05 m/s en junior, y 6.20 m/s en senior). Esta evolución es posible que se deba a la realización de una carrera previa de mayor longitud (más tiempo para acelerar), a una mayor longitud de pierna determinada por las características antropométricas de estatura favorables a las saltadoras de mayor edad (relacionado con la capacidad para correr más rápido), y a un mayor nivel de fuerza en la extremidad inferior (mayor capacidad física) (Alexander, 1990; Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990).

Los resultados para las saltadoras de categoría senior son inferiores a los que fija la bibliografía para la parte superior de la pirámide de rendimiento (6-7.5 m/s) (Blažević, Antekolović y Mejovšek, 2006; Brüggemann y Loch, 1992; Challis y Yeadon, 1992; Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990; Ritzdorf, Conrad, y Loch, 1989). Esto es comprensible, porque el rendimiento en las saltadoras de estas investigaciones es superior a las saltadoras en este estudio (desde 1.67 m hasta 2.09 m, frente a 1.64-1.93 m en las saltadoras estudiadas). Sin embargo, existe proximidad con el estudio de Mateos (2003) (6.39 m/s de media). Este

estudio se realiza con saltadoras nacionales, de características parecidas, aunque de rendimiento inferior (1.67-1.83 m). Entre las categorías cadete y junior se produce el mayor distanciamiento en el valor de la velocidad, posiblemente debido a que las variaciones de estatura y desarrollo músculo-esquelético son mayores en este rango de edad (Wilmore y Costill, 2000; Mironenko, 1995).

La mayor velocidad de carrera, utilizada por las saltadoras de mayor categoría de edad, implica la posibilidad de poder llegar más rápido al inicio de la batida. Este aspecto conlleva que se pueda generar una mayor presión al apoyar el pie, con la posibilidad de producir mayor fuerza reactiva en la fase de impulso (concéntrica) durante la batida (Dapena y Chung, 1988). La mayor velocidad de carrera en las saltadoras de mayor categoría de edad parece que está condicionada y condiciona a su vez la utilización de mayores longitudes del paso y mayores niveles de inclinación lateral hacia el centro de la curva durante los dos últimos pasos de carrera.

El aumento de la velocidad se acompaña de incrementos en la longitud del penúltimo paso (1.73 m en cadete, 1.78 m en junior, y 1.83 m en senior) y el último paso (1.61 m en cadete, 1.66 m en junior, y 1.77 m en senior). Este incremento de la longitud implica un mayor retraso del CM, que es necesario para frenar el movimiento de avance del CM con mayor inercia. Además, este aspecto se relaciona con la ejecución de la fase de ante-salto de forma más controlada (Bothmischel, 1990; Tellez, 1993). Sin embargo, la mayor longitud del paso depende de las mejores características antropométricas y musculares, que determina la capacidad para correr más rápido (Alexander, 1990; Dapena, McDonald, y Cappaert, 1990). Los valores en este estudio son inferiores a los que fija la bibliografía (Blažević, Antekolović y Mejovšek, 2006; Challis y Yeadon, 1992; Conrad y Ritzdorf, 1986; Mateos, 2003). Esto es posible que se deba a que la longitud del paso depende de la estatura, de la velocidad de carrera (necesidad de retrasar más o menos el CM), y del radio de curva.

En relación a la inclinación lateral, ocurre algo parecido. La mayor velocidad de carrera parece requerir mayores niveles inclinación lateral. La inclinación lateral en el penúltimo paso (75° en cadete, 70° en junior, y 69° en senior) y el último paso (80° en cadete, 80° en junior, y 76° en senior) se

incrementa con la edad. Esta mayor inclinación es posible que sea una estrategia para compensar el mayor desplazamiento hacia fuera producido por una mayor fuerza centrífuga (mayor velocidad de carrera), aunque también existe la posibilidad de que se produzca por un mayor radio (Dapena, 1995b), pero este aspecto se desconoce. Sin embargo, las mayores inclinaciones determinan la velocidad de carrera, ya que se asume que esta es necesaria para hacer un nivel más amplio de fuerzas horizontales sobre el suelo (Dapena, 1997a). Los resultados de este estudio son inferiores a los que expone la bibliografía para la parte superior de la pirámide de rendimiento (15-30°) (Houvion, Prost y Raffin-Peyloz, 1986; Tellez, 1993). Las saltadoras de categoría junior y senior se inclinan menos en comparación con los estudios de Conrad y Ritzdorf (1986) (65-71° en penúltimo paso y 59-71° en último paso) y de Challis y Yeadon (1992) (60-79° en penúltimo paso y 68-99° en último paso), respectivamente.

La inclinación lateral hacia el centro de la curva durante la parte final de la carrera parece que no determina ni la trayectoria del CM ni la orientación del pie en el apoyo. Los resultados indican que las saltadoras de categoría junior son las que presentan la trayectoria del CM más cerrada y las saltadoras de categoría cadete más abierta. En teoría, esto no debería ser así, porque la inclinación aumenta con la edad, lo que tendría que dar como resultado un ángulo más cerrado. Al comparar los resultados de categoría senior con atletas de la parte superior de la pirámide, éstas utilizan ángulos más abiertos. Sin embargo, las investigaciones que estudian este parámetro son escasas. El ángulo P2 es superior que el ángulo que se encuentra en saltadoras internacionales (Challis y Yeadon, 1992) (14-26°, frente a los 38-50° en este estudio) aunque inferior a saltadoras nacionales (Mateos, 2003) (45-63°). El ángulo P1 es superior a los estudios de Challis y Yeadon (1992), Mateos (2003), y Blažević, Antekolović, y Mejovšek (2006) (10-27°, 18-32°, y 31-28°, respectivamente, frente a los 28-42° en este estudio). El ángulo P0 es superior a los estudios de Challis y Yeadon (1992) y Mateos (2003) (22-34° y 7-28°, respectivamente, frente a 29-44° en este estudio).

A pesar de que no hay una tendencia clara en la evolución de este parámetro de eficacia técnica (debido a la proximidad de los valores medios y el rango de valores), los resultados de este estudio pertenecientes a una misma categoría de edad revelan que existe una relación predominante del ángulo del

CM en su trayectoria de aproximación al listón. Esta relación es $P2 > P1 < P0$. Se cumple en la mayoría de saltadoras analizadas (72.72% en saltadoras de categoría cadete, 55.55% en junior, y 66.66% en senior). Esta relación parece indicar que las saltadoras de altura nacionales generan un insuficiente momento angular lateral, imposible de compensar con la colocación del apoyo delante del CM (Dapena, 1988). Al comparar esta relación con las saltadoras de la parte superior de la pirámide de rendimiento, los resultados coinciden con los encontrados por Challis y Yeadon (1992), sin embargo, no ocurre con el estudio que analiza saltadoras nacionales (Mateos, 2003). En este estudio la relación es $P2 > P1 > P0$, lo que indica que las saltadoras de este estudio empujan lejos de la curva.

Al relacionar la trayectoria del CM durante la fase aérea del penúltimo paso con la longitud del paso, la frecuencia, y la velocidad se ha encontrado que: 1) en categoría cadete, el aumento de la frecuencia y la velocidad del penúltimo paso y la disminución de la longitud del paso provoca el aumento del ángulo $P2$; 2) en categoría junior y senior, la disminución de la frecuencia y la velocidad y el aumento de la longitud del paso provoca el aumento de $P2$. En cuanto al último paso: 1) en categoría cadete y senior, el aumento de la longitud, frecuencia, y velocidad del paso provoca un aumento del $P1$; 2) en categoría junior, la disminución de la frecuencia y la velocidad y el aumento de la longitud del paso provoca el aumento de $P1$. No existe relación para la evolución de la trayectoria del CM con la edad, posiblemente debido a las diferencias con los estudios de la bibliografía en: longitud de carrera, radio de curva, velocidad de carrera, niveles de inclinación lateral, y trayectoria de los apoyos.

Para la orientación del pie en el apoyo durante los dos últimos pasos es difícil concluir una evolución. A pesar de ello, si se observa que las saltadoras de categoría cadete son las que posicionan el pie en el suelo con un ángulo respecto al listón más abierto. Dentro de una misma categoría de edad, los resultados encontrados indican que la relación predominante es $t2 < t1$. Esta relación se cumple en la mayoría de las saltadoras analizadas. Indica que el penúltimo apoyo se realiza más abierto para ayudar a la colocación del CM al inicio de la batida. La relación $t2 > t1$ parece cumplirse en aquellas saltadoras que ocupan un lugar bajo en la clasificación, excepto en categoría senior. En esta categoría de edad, la primera clasificada obtiene esta relación de ángulos. No es posible comparar estos

datos con los expuestos en la bibliografía, porque se analizan conceptos diferentes.

En el penúltimo paso, las saltadoras de categoría senior son las que obtienen un ángulo de posicionamiento del pie en el suelo más cerrado. Este ángulo es de 26° (17-47°), frente a los 28° (11-55°) que registran las saltadoras pertenecientes a la categoría junior. Sin embargo, en el último paso de carrera las saltadoras de categoría junior registran el ángulo más cerrado en comparación con las saltadoras de categoría senior. Este ángulo es de 32° (11-60°), frente a los 34° (10-57°) en las saltadoras de categoría de mayor edad. Los valores encontrados se encuentran próximos entre sí. No queda clara la relación de este parámetro con la velocidad de carrera y la duración de los tiempos de contacto. Sería interesante que futuras investigaciones tuvieran en cuenta este aspecto, incrementando la muestra, para poder replicar los resultados de este estudio.

Se ha relacionado la orientación del pie durante la carrera con: la inclinación lateral durante los apoyos y el ángulo de carrera. En todas las categorías, la orientación del pie en el antepenúltimo apoyo se incrementa al aumentar la inclinación lateral. En el penúltimo apoyo, la orientación del pie se incrementa al aumentar la inclinación lateral, excepto en categoría cadete. En cuanto a la relación con el ángulo de carrera, la orientación del pie en el antepenúltimo y penúltimo apoyo aumenta con el aumento de los ángulos P2 y P1, excepto para la categoría cadete en la que el aumento de t_1 se produce por disminución de P1.

La ejecución del penúltimo paso de carrera se realiza enfatizando en la fase aérea (0.142 s en categoría cadete, 0.147 s en junior, y 0.148 s en senior) y la realización del último paso en la brevedad de la duración del tiempo de contacto del pie con el suelo (0.149 s en categoría cadete, 0.137 s en junior, y 0.134 s en senior) al subir de categoría de edad. Este comportamiento de las duraciones, junto con la longitud del paso, parece indicar que al subir de categoría se incrementa el retraso del CM, lo que es necesario cuando se corre con una mayor de velocidad. La disminución del tiempo de contacto parece necesaria al correr con una curva de mayor radio, ya que se necesita de correr de forma más reactivo-refleja para reducir la fuerza de choque del pie y poder inclinarse más. Los valores de los tiempos de contacto de las saltadoras de mayor rendimiento de

la pirámide son mayores (0.100 s más) que las saltadoras del estudio de Mateos (2003). Sin embargo, estos estudios con mujeres son escasos (Conrad y Ritzdorf, 1986; Mateos, 2003).

La relación de los tiempos de vuelo y tiempos de contacto indica que las saltadoras de categoría junior corren la parte final de la carrera con una mayor frecuencia de paso, tanto en el penúltimo paso (3.52 p/s en cadete, 3.61 p/s en junior, y 3.45 p/s en senior) como en el último paso (4.23 p/s en cadete, 4.57 p/s en junior, y 4.37 p/s en senior). Las saltadoras de categoría junior presentan un menor tiempo de contacto en el penúltimo paso y menor tiempo de vuelo en el último paso. En mujeres, tal vez esta característica determine el incremento de la frecuencia en los dos últimos pasos de carrera.

En el penúltimo paso de carrera, las saltadoras de categoría cadete presentan valores mayores que las saltadoras de categoría senior. Esto posiblemente se deba al menor énfasis realizado en la fase aérea de este paso. En el último paso de carrera, las saltadoras de categoría senior son las que enfatizan más la fase de vuelo. Este aspecto, sumado a la mayor longitud del paso y mayor velocidad de carrera hace que el CM se retrase más para que pueda ser proyectado más vertical. Las saltadoras que definen la parte superior de la pirámide (Mateos, 2003) tienen una frecuencia similar en el penúltimo paso (3.13-3.85 p/s, frente a los 3.12-4.00 p/s en este estudio) y superior en el último (4.17-5.56 p/s, frente a los 4.00-5.00 p/s en este estudio).

Al comparar los pasos finales, se producen unas modificaciones en el último paso de carrera que tienen como objetivo ubicar el CM en una posición baja al principio de la batida y facilitar la traslación del CM. Estas modificaciones son mayores en las saltadoras de categoría junior. Las modificaciones son: disminución del tiempo de vuelo (0.010-0.120 s en cadete, 0.030-0.100 s en junior, y 0.010-0.080 s en senior), disminución de la inclinación hacia el centro de la curva (5° en cadete, 10° en junior, y 7° en senior), disminución de la longitud del paso (0.11 m en cadete, 0.12 m en junior, y 0.06 m en senior), aumento de la frecuencia del paso (0.70 p/s en cadete, 0.96 p/s en junior, y 0.91 p/s en senior), y disminución de la velocidad de carrera (0.09 m/s en cadete, 0.31 m/s en junior, y 0.23 m/s en senior). Sin embargo, el tiempo de contacto aumenta en categoría cadete y junior

(0.010-0.040 s) y en categoría senior sufre una disminución (0.010-0.030 s). Esto mismo ocurre con saltadoras de altura nacionales (Mateos, 2003).

6.2.2. Batida

La principal finalidad de la batida es transferir la velocidad horizontal, acumulada durante la fase de ante-salto, en velocidad vertical al final de la acción (Hay, 1993). Existen dos aspectos fundamentales que determinan la consecución de este objetivo: 1) la activación del ciclo estiramiento-acortamiento (CEA) en la musculatura de la pierna de batida (Greig y Yeadon, 2000); 2) la coordinación de los impulsos parciales de los segmentos libres (Dapena; 1987; Luthanen y Komi, 1978). Para cumplir estos dos aspectos el saltador: a) llega a la batida inclinado lateralmente hacia el centro de la curva-atrás y posiciona el pie delante del cuerpo con la rodilla extendida provocando el retraso del CM respecto al apoyo; y b) finaliza la batida en una posición coordinada en la que la pierna de batida se encuentra extendida, la pierna libre con la rodilla flexionada y el muslo paralelo al suelo a la altura de la cadera, y los brazos bloqueados arriba flexionados por el codo 90° .

Las acciones realizadas para producir el CEA de la musculatura extensora de rodilla de la pierna de batida permiten aplicar mayor fuerza de empuje durante la fase de aceleración (concéntrica) por efecto de la pre-activación muscular (Greig y Yeadon, 2000; Komi y Bosco, 1978). La posición del pie delante del tronco, de planta, con la pierna extendida, y tronco retrasado permite el cambio de paso sin un elevado tiempo de vuelo (Tidow, 1993). La coordinación de los impulsos parciales al final de la batida permite alcanzar la mayor velocidad total (sumatorio de los impulsos generados por la pierna de batida contra el suelo y el impulso de los segmentos libres hacia arriba). Sin embargo, hay que tener en cuenta que el saltador necesita girar el cuerpo para pasar el listón de espaldas, por lo que la pierna libre realiza un movimiento de rotación del muslo hacia el centro de la curva.

Un aspecto a tener en cuenta es que los valores de los segmentos libres obtenidos en este estudio no son comparables a los de otros estudios. El motivo es que en este estudio se está analizando la velocidad angular de los brazos y la

pierna libre con eje de giro en la articulación del hombro y la cadera, respectivamente, mientras que en otros estudios se analiza la velocidad lineal. El problema de medir la contribución de los segmentos libres a través del valor de la velocidad lineal es que se pierde referencia de lo que está pasando en el resto del segmento. Esto es, los segmentos son considerados palos compuestos por dos puntos y la velocidad se mide a partir de la variación de un punto (distal o CM) en el tiempo. Si por ejemplo se mide la velocidad del punto muñeca-antebrazo puede ocurrir que esta acción se produzca por acción del codo, del hombro, o simplemente por acción de las piernas que empujan hacia arriba, mientras que la extremidad superior permanece inmóvil y su velocidad se debe al movimiento del cuerpo.

En este estudio, el valor de la altura de vuelo (H2) se podría tomar como indicador del nivel de preparación del saltador. Sin embargo, existe un problema asociado al tipo de cámaras utilizadas en las grabaciones, como ocurre en el estudio de Dapena, McDonald, y Cappaert (1990). La frecuencia de análisis utilizada puede provocar errores en el valor calculado de la altura del CM al final de la batida (medio fotograma para una frecuencia de 50 Hz, lo que supone ± 0.01 s). Por este motivo, se cree oportuno que el criterio de elevación de los saltadores se determine por el valor registrado en VvTO en lugar de tomando el valor de H2. La velocidad vertical en el despegue indica además la capacidad de para resistir la flexión de la rodilla de la pierna de batida.

6.2.2.1. *Hombres*

Los saltadores de mayor categoría de edad llegan a la batida en condiciones de mayor eficacia. Esto se produce como consecuencia de la carrera previa realizada a mayor velocidad y las modificaciones estructurales en los últimos pasos de carrera más acentuadas. El aumento de la velocidad de carrera y la mayor longitud del paso producen un posterior mejor aprovechamiento del CEA. El saltador consigue llegar al inicio de la batida con mayor velocidad horizontal (5.71 m/s en cadete, 6.41 m/s en junior, y 6.69 m/s en senior), con un mayor ángulo de la pierna de batida respecto a la proyección vertical del listón (29° en cadete, 31° en junior, y 33° en senior), y con el CM más retrasado respecto al apoyo al llegar a la categoría senior (0.63 m en cadete, 0.63 m en junior, y 0.67 m en senior).

Sin embargo, la extensión de la rodilla al inicio de la batida no parece revelar ninguna relación con la edad ni con el rendimiento (153° en cadete, 152° en junior, y 154° en senior).

Estas acciones técnicas implican un aumento en la tensión muscular de la pierna de batida (aumento de la fuerza de reacción en la fase excéntrica), mayor aprovechamiento del ciclo estiramiento-acortamiento, y se evita que el CM se desplace hacia delante como consecuencia de una mayor velocidad horizontal. El efecto es una mayor transferencia de velocidad al final de la batida (5.21 m/s en cadete, 5.65 m/s en junior, y 5.76 m/s en senior) y producción de mayor velocidad vertical (3.69 m/s en cadete, 4.11 m/s en junior, y 4.20 m/s en senior). En la bibliografía internacional, los saltadores con un mayor rendimiento, llegan al inicio de la batida con mayor velocidad horizontal (6.20 m/s hasta 8.6 m/s, frente a 6.2-7.1 m/s de los saltadores en este estudio), con un ángulo de la pierna al inicio de la batida similar a los saltadores de categoría senior de este estudio (34°) (Alexander, 1990; Despina, 1980; Greig y Yeadon, 2000), y con una mayor extensión de la rodilla al inicio de la batida (10-20° más extendida) (Isolehto et al., 2006; Mateos, 2003; Mihajlovic y Solaja, 2005; Papadopoulos et al., 1995).

Estas acciones provocan que el valor de la velocidad vertical también sea mayor (3.6 m/s hasta 4.7 m/s, lo que supone 0.2-0.3 m/s más que en este estudio con saltadores nacionales) y en consecuencia también sea mayor la altura de salto. En el estudio de Coh y Supej (2008) con un saltador de nivel internacional y con un rendimiento parecido al de los saltadores en este estudio (2.00-2.25 m, frente a 2.00-2.24 m en este estudio) los valores medios obtenidos para la velocidad horizontal al inicio de la batida también son similares (6.64 m/s, frente a 6.69 m/s en este estudio). En este estudio el valor de la velocidad vertical al final de la batida es de 4.33 m/s, frente a los 4.20 m/s.

En este estudio, el ángulo de flexión de la rodilla para los saltadores de categoría senior se mueve en un rango que va desde los 145° a los 166°, mayor que en saltadores de categoría junior (144-159°) y parecido a los saltadores de categoría cadete (142-166°). Dentro de la bibliografía internacional existe controversia. Hay autores que defienden la extensión total de la rodilla (Alexander, 1990; Dapena y Chung, 1988; Despina, 1980; Greig y Yeadon, 2000) y

otros que fijan un ángulo de $160^\circ \pm 5^\circ$ (Lazarev et al., 1984; Reid, 1989; Bravo, Ruf, y Vélez, 2004). Los estudios de campo revelan que la rodilla se posiciona casi extendida (160 - 170°) (Ae et al., 2008; Coh y Supej, 2008; Conrad y Ritzdorf, 1986; Isolehto et al., 2006; Mateos, 2003; Mihajlovic y Solaja, 2005; Papadopoulos et al., 1995), excepto en el estudio de Schubin y Schustin (1993) (128 - 144°). En los saltadores de este estudio parece que esta menor extensión de rodilla produce un menor retraso de los hombros respecto a las caderas. Se asume una menor tensión muscular al inicio de la batida.

La carga muscular que se produce cuando se posiciona el pie de batida en el suelo es menor en los saltadores que pertenecen a una menor categoría de edad. Este aspecto produce un menor impulso de frenado. Este menor impulso de frenado en los saltadores de menor categoría de edad es posible que se produzca como consecuencia de la técnica utilizada durante la carrera en curva (menor velocidad horizontal, menor inclinación lateral, y menor longitud del paso). Este aspecto limita la capacidad para llegar más rápido a la batida y posicionar el pie de batida con el CM más retrasado.

Se afirma que para obtener una óptima batida lo más adecuado es incrementar el valor de la velocidad de carrera, aumentar el movimiento de los segmentos libres, y reducir el tiempo de batida (Aura y Viitasalo, 1985; Deporte y Van Gheluwe, 1990; Primakov, Lazarev y Konestiapin., 1986; Lazarev, Mijailov, Yakunin y De la Paz, 1984; Isolehto y Komi, 2002). En este estudio, la eficacia de la batida se incrementa al aumentar la velocidad de carrera y la contribución de los segmentos libres en los saltadores de categoría junior y senior. En categoría junior, este aspecto se produce junto con una disminución en la duración de la batida (0.152 s en cadete, 0.147 s en junior, y 0.154 s en senior) y en categoría senior con un aumento en el retraso del CM al iniciar el contacto para la batida. La duración de la batida en los saltadores de categoría junior muestra un rango similar al estudio de Conrad y Ritzdorf (1986) (0.140-0.190 s, por 0.130-0.190 s en los saltadores de este estudio). Los valores de la bibliografía internacional con saltadores de categoría senior se mueven en un rango que varía de un estudio a otro. El valor va desde los 0.120 s a los 0.200 s. Esto es posible que se deba a que depende de múltiples factores.

Ozolín (1973) afirma que el aumento de la eficacia en la batida producido por incremento en el retraso del CM se acompaña de una mayor inclinación lateral y hacia atrás al inicio de la batida para saltadores de mayor rendimiento. Esto no es así en el presente estudio. Parece que tiene relación con el tipo de batida empleada por los saltadores de categoría junior (salto en potencia). Los saltadores de categoría junior en este estudio realizan la batida con mayor proximidad al listón (0.72 m en cadete, 0.68 m en junior, y 0.93 m en senior). Esta menor distancia frontal de batida implica en esta categoría de edad mayores niveles de inclinación inicial hacia atrás y hacia el centro de la curva.

La causa de esta mayor inclinación es que se necesita girar más rápido y poner el cuerpo boca arriba en menos tiempo (Dapena, 1993b, 1980b), por lo que es necesario mayor momento angular lateral y frontal. Además, este aspecto se acompaña de ángulos del pie en el posicionamiento para la batida más abiertos cuanto mayor es la proximidad del punto de batida (13° en cadete, 14° en junior, y 10° en senior). En saltadores de categoría junior, la mayor inclinación al inicio de la batida y mayor proximidad del punto de batida se acompañan de valores en la velocidad angular de la pierna libre menores (72°/s en cadete, 43°/s en junior, y 85°/s en senior). Estas características (mayor proximidad del punto de batida, mayor inclinación al inicio de la batida, y menor contribución de la pierna libre) se consideran aspectos clave de una batida en potencia (Reid, 1986).

En categoría senior, la distancia frontal de batida parece coincidir con estudios en los que la altura del listón, la duración de la batida, la velocidad de aproximación, y el ángulo de proyección del CM al final de la batida son similares (Mateos, 2003) (0.75-1.19 m, frente a 0.70-1.23 m en este estudio). Esta distancia es mayor en aquellos estudios en los que la altura del listón y la velocidad de aproximación es mayor (Dapena y Bahamonde, 1991; Gutiérrez y Soto, 1992) (0.83-1.38 m y 0.85-1.25 m, respectivamente). Sin embargo, también parecen aproximarse a los valores de Dapena et al. (1993) (0.71-1.16 m) con saltadores de mayor rendimiento (2.24-2.36 m). Esto podría estar determinado por la tipología de salto utilizada por los atletas del estudio. En cuanto al ángulo del pie al posicionarlo en la batida los valores se alejan de los teóricos (15-20°) y los del estudio con saltadores con características de rendimiento similares de Mateos (2003) (17.9°). Sin embargo, se aproximan al estudio de Dapena et

al. (1993) (12.77°). No quedan claras las causas que expliquen el comportamiento del ángulo e_1 en los saltadores con diferente rendimiento.

La mayor activación del CEA en los saltadores de mayor categoría de edad se acompaña de una mayor coordinación de los impulsos parciales de los segmentos libres y de una mayor diferencia en la flexión de rodilla entre el inicio de la batida y la fase de sostén (140° en cadete, 137° en junior, y 137° en senior). La mayor diferencia en el ángulo de rodilla (13° en cadete, 15° en junior, y 16° en senior) produce una disminución de la distancia radial entre el CM y apoyo, aumenta la tensión muscular de la pierna de batida, y los valores positivos de velocidad vertical comienzan antes. Es posible que los saltadores de mayor categoría de edad consigan además un mayor empuje en los primeros instantes de la acción muscular concéntrica (mayor capacidad física), que es el punto donde la velocidad vertical es cero y los músculos trabajan de forma más intensa (Asmussen, 1974). En este estudio, los valores de flexión de la rodilla en el sostén ($126-149^\circ$) coinciden con el estudio de Mateos (2003) ($126-146^\circ$), aunque son inferiores a las investigaciones con saltadores de mayor rendimiento (Ae et al, 2008; Coh y Supej, 2008; Isolehto et al., 2006; Mihajlovic y Solaja, 2005; Papadopoulos et al., 1995).

La mayor velocidad angular de los segmentos libres contribuye a incrementar el impulso producido al final de la batida y se refleja en el valor de la velocidad vertical final. La evolución en la contribución total de los segmentos libres a la velocidad vertical final es mayor a medida que se sube de categoría de edad ($786^\circ/s$ en cadete, $826^\circ/s$ en junior, y $1081^\circ/s$ en senior). Para los brazos se produce una evolución similar ($713^\circ/s$ en cadete, $782^\circ/s$ en junior, y $995^\circ/s$ en senior). Esto podría deberse a que la técnica de brazos simultánea es más utilizada al subir de categoría.

En este estudio se omiten los datos referidos a la técnica de brazos y su relación con el nivel de velocidad angular y la capacidad para aumentar la altura del CM al final de la batida. Existen dos razones que motivan esta decisión. Dentro de una misma categoría de edad, las diferentes técnicas de brazos no se utilizan por igual en todos los saltadores. Se piensa que dependiendo del dominio técnico se puede producir un mayor aprovechamiento de una u otra técnica.

Además, las características antropométricas de los saltadores dentro de una misma categoría de edad no son las mismas. Por tanto, un saltador que utilice la técnica de brazos simple (a priori menos efectiva que la técnica simultánea) y tenga unas características antropométricas de estatura favorables posiblemente consiga posicionar el CM a una mayor altura al final de la batida en comparación con otro saltador que utilice una técnica de brazos simultánea y tenga una menor estatura.

La posición del CM al final de la batida se encuentra más influenciada por las características antropométricas que por las inclinaciones corporales y por la técnica de brazos utilizada (Müller, 1986; Rodríguez, 1984). Sin embargo, las características antropométricas no son mejorables mientras que la técnica sí. Sabiendo que la contribución de los segmentos libres y las inclinaciones corporales al final de la batida pueden mejorar la altura de lanzamiento del CM en un valor máximo de 20 cm (Wirhed, 1982), esto es un factor a tener en cuenta cuando se realiza el entrenamiento de la técnica. En categoría junior, los saltadores despegan de la batida con una posición del cuerpo más vertical, sin embargo, no son capaces de conseguir una elevada contribución de los segmentos libres (batida en potencia).

El análisis de los brazos de forma aislada indica que la contribución del brazo de la pierna de batida evoluciona de forma similar a como lo hace la pierna libre (531°/s en cadete, 480°/s en junior, y 995°/s en senior). La implicación es la misma que para la pierna de batida. El brazo de la pierna de batida reduce su aportación al incremento de la velocidad vertical final en aquellos saltadores en los que se prioriza el giro sobre el empuje (categorías cadete y junior). La contribución del brazo de la pierna libre evoluciona con la edad (182°/s en cadete, 302°/s en junior, y 360°/s en senior). Estos resultados parecen indicar que a medida que se asciende de categoría el empuje en la batida se incrementa por acción del brazo de la pierna libre, mientras que el brazo de la pierna de batida y la pierna libre reducen su aportación en la categoría junior por motivo de realizar un salto en potencia.

La velocidad angular al final de la batida no es la máxima en ninguna de las categorías de edad estudiadas. La pierna libre produce una velocidad final cuyo

porcentaje respecto a la máxima es mayor en los saltadores de categoría senior y menor en los saltadores de categoría junior (9.42% en cadete, 4.83% en junior, y 10.93% en senior). Este aspecto posiblemente esté relacionado con el tipo de batida y la mayor necesidad de provocar el giro sobre el eje longitudinal de los saltadores de categoría junior. El porcentaje final de contribución respecto a la velocidad máxima en el brazo de la pierna libre es mayor en los saltadores de categoría junior y menor en los saltadores de categoría cadete (34.71% en cadete, 43.74% en junior, y 41.44% en senior). Esto parece deberse a que el giro se provoca más por acción del brazo de la pierna libre. El porcentaje de contribución del brazo de la pierna de batida es mayor en los saltadores de categoría cadete y menor en los saltadores de categoría junior (81.13% en cadete, 71.76% en junior, y 77.59% en senior). Estos valores no siguen una lógica y sería necesario replicar el estudio y/o incrementar la muestra. Son muy parecidos y podrían estar asociados al mismo problema de la sensibilidad en la medición del tiempo.

Además, la interacción entre los brazos y la pierna libre no es la óptima. La máxima velocidad de ambos no se alcanza en el momento del despege, sino en un momento de la batida que varía en función de la categoría de edad. Para la pierna libre, el porcentaje respecto a la duración de la batida es similar en todas las categorías estudiadas, aunque menor en los juniors (33.91% en cadete, 30.17% en junior, y 31.74% en senior). Para el brazo de la pierna libre, los saltadores pertenecientes a una mayor categoría de edad (mayor velocidad vertical y mayor contribución total de los segmentos libres) consiguen antes la máxima velocidad angular de este segmento (38.88% en cadete, 35.87% en junior, y 29.74% en senior). Estos valores parecen indicar que la acción de estos dos segmentos va más encaminada a la generación de mayor momento angular sobre el listón en la categoría junior (salto en potencia). El brazo de la pierna de batida consigue su máxima velocidad más próxima al final de la batida en saltadores de categoría senior (salto en velocidad con más énfasis en el empuje) y más alejada al final de la batida en saltadores de categoría junior (salto en potencia con más énfasis en el giro).

En este estudio se ha comprobado que los saltadores de mayor capacidad física y técnica (mayor categoría de edad) desarrollan una carrera de aproximación de mayor velocidad, consiguen un mejor aprovechamiento del

CEA, y coordinan los segmentos libres mejor para producir una mayor contribución a la velocidad vertical al final de la batida. Además, en la categoría junior parece que se utiliza un tipo de salto en potencia, ya que la distancia frontal de batida es más próxima al listón y la inclinación al inicio de la batida es más pronunciada debido a la necesidad de producir mayor momento angular. En consecuencia, la contribución de la pierna libre y el brazo de la pierna de batida a la velocidad vertical es menor, ya que parece que las acciones de estos segmentos disminuyen su contribución al priorizar el empuje.

Coincidiendo con la afirmación de Dapena, McDonald y Cappaert (1990), los saltadores de mayor categoría de edad (mayor capacidad física/técnica) pueden desarrollar una carrera más rápida y aumentar el recorrido vertical del CM (0.34 m en cadete, 0.38 m en junior, y 0.42 m en senior). Este aumento del recorrido vertical del CM aumenta el tiempo de aplicación de la fuerza contra el suelo y en consecuencia incrementa la velocidad vertical final. Esto parece indicar que los saltadores de mayor categoría de edad utilizan de forma más eficaz un mayor recorrido vertical para aplicar mayor fuerza y generar mayor velocidad vertical. Este mayor recorrido parece que se produce más por el aumento de la altura del CM al final de la batida (1,20 m en cadete, 1.25 m en junior, y 1.36 m en senior), que por la disminución de su altura al posicionar el pie de batida al inicio de la misma (0.86 m en cadete, 0.87 m en junior, y 0.93 m en senior).

Al inicio de la batida los saltadores de categoría junior llegan más inclinados, sin embargo, la altura del CM no es menor que en los saltadores de categoría cadete. Esto se debe a que posiblemente las características antropométricas de estatura tienen mayor influencia sobre estas alturas de salto. Al final de la batida, la altura del CM parece que se encuentra influenciada por diferentes aspectos: 1) las características antropométricas de estatura favorables a los saltadores de mayor categoría de edad; 2) la mayor velocidad angular generada por los segmentos libres al final de la batida; 3) el mayor nivel de extensión de la rodilla al final de la batida; y/o 4) el nivel de inclinación lateral y hacia atrás.

La rodilla de la pierna de batida debe terminar su acción lo más extendida posible (Jacoby y Farley, 1995; Patrick, 2001; Tidow, 1993). Parece que hay una

tendencia a incrementar esta extensión en categoría senior: 166° en categoría cadete y junior, y 168° para categoría senior. Sin embargo, esta diferencia no es significativa y no hace falta buscar una explicación. Esta acción técnica determina que la altura del CM se incremente más en los saltadores de categoría senior. Además, la mayor extensión de rodilla permite aplicar mayor fuerza (mayor contracción muscular) en esta categoría de edad. Estos dos aspectos incrementan la altura de salto. En categoría senior, los resultados parecen ser similares a los obtenidos por Mateos (2003). Sin embargo, el resto de estudios con saltadores internacionales y de mayor nivel de rendimiento indican que la extensión de la rodilla al final de la batida se incrementa en estos saltadores ($170-180^\circ$) y se obtiene una mayor altura del listón franqueada.

Debido al tipo de batida utilizada por los saltadores de categoría junior (salto en potencia), esta categoría experimenta una posición del cuerpo más vertical al final de la batida. Esto posiblemente esté determinado por la mayor proximidad del punto de batida. Los saltadores de categoría cadete abandonan el suelo en una posición menos eficaz, con mayor inclinación hacia el listón y hacia atrás. En esta categoría de edad, el principal defecto es echarse sobre el listón. Esto posiblemente se deba a la menor diferencia entre la altura del listón y la estatura, lo que precipita su búsqueda. Los saltadores de categoría senior también se inclinan hacia el listón, pero en menor medida que los saltadores de categoría cadete. Esta inclinación es probable que sea necesaria debido a la ubicación más alejada del punto de batida.

Los saltadores de la bibliografía internacional, en comparación con los saltadores de categoría senior de este estudio, son capaces de ubicar el CM en una posición más baja al inicio de la batida (0.77-1.04 m, por 0.87-1.00 m en los saltadores de este estudio). Sin embargo, en el estudio de Mateos (2003) con saltadores nacionales de similares características tienen valores casi idénticos (0.87-1.05 m). El estudio de Coh y Supej (2008) con saltadores de rendimiento similar también coincide en los valores medios (0.96 m, frente a 0.93 m en este estudio). En el presente estudio, los resultados de los saltadores de categoría senior referidos a la ubicación del CM al final de la batida coinciden con el estudio de Mihajlovic y Solaja (2005) (1.28-1.43 m, por 1.29-1.44 m en los saltadores de este estudio) y con el de Coh y Supej (2008) (1.36 m de media, frente

a 1.33 m en este estudio). Sin embargo, el estudio de Mihajlovic y Solaja (2005) se realiza con saltadores que consiguen un mayor rendimiento (2.29-2.32m, frente a 2.00-2.24 m en los saltadores de este estudio). Parece que el mayor rendimiento es posible que se deba a una mayor capacidad física.

En relación al porcentaje que representan estas alturas de salto respecto a la estatura del saltador. En este estudio, la altura del CM al inicio de la batida tiene un valor medio próximo al 50% en todas las categorías estudiadas (50% en cadete, 48% en junior, y 49% en senior). El rango es del 47-54% para categoría cadete, 43-51% para categoría junior, y 45-53% para categoría senior. En categoría senior, estos resultados parecen coincidir con los valores expuestos en los estudios de Dapena (1993b) (45-50%), Mateos (2003) (47-54%), y Coh y Supej (2008) (49%). La altura del CM al final de la batida tiende a adoptar un valor medio que representa el 70% de la estatura del saltador (70% en cadete, 69% en junior, y 71% en senior). El rango es de 69-73% para categoría cadete, 66-72% para categoría junior, y 69-74% para categoría senior. En categoría senior, los valores medios coinciden con los estudios de Nigg y Waser (1974) y Dapena (1980a). El rango de valores es próximo a los estudios de Dapena (1987) (70-75%), Arampatzis y Brüggemann (1998) (68-73%), Mihajlovic y Solaja (2005) (67-73%), e Isolehto et al. (2006) (67-73%).

6.2.2.2. Mujeres

Las saltadoras de mayor categoría de edad inician la batida de forma más eficaz. Al subir de categoría se produce un incremento de la velocidad horizontal del CM al inicio de la batida (5.39 m/s en cadete, 5.73 m/s en junior, y 6.03 m/s en senior), menor velocidad vertical del CM (0.25 m/s en cadete, 0.14 m/s en junior, y 0.11 m/s en senior), mayor ángulo de la pierna de batida respecto a la proyección vertical del listón (26° en cadete, 28° en junior, y 29° en senior), y más retraso del CM respecto al apoyo del pie de batida (0.57 m en cadete, 0.60 m en junior, y 0.63 m en senior). Sin embargo, la extensión de la rodilla al inicio de la batida indica valores similares y no parece revelar ninguna relación con la edad ni con el rendimiento (157° en cadete, 154° en junior, y 156° en senior). Las saltadoras de la bibliografía de categoría junior (Conrad y Ritzdorf, 1986) (157-171°, frente a los

143-167°) y senior (Mateos, 2003) (156-163°, frente a los 148-163°) posicionan la pierna más extendida.

El incremento de los parámetros de eficacia al inicio de la batida se produce fundamentalmente como consecuencia de correr a mayor velocidad en la carrera y con mayor longitud del paso. Además, parece que la mayor velocidad de entrada requiere un posicionamiento del pie más cerrado (13° en cadete, 12° en junior, y 10° en senior) para resistir el mayor movimiento de avance del CM y poder cambiar la dirección de las fuerzas. Este ángulo de orientación del pie se encuentra por debajo de los valores que fija la bibliografía a nivel teórico (15-20°) (Despina, 1980; Bothmischel, 1990; Houvión, Prost y Raffin-Peyloz, 1986; Reid, 1986; Tellez, 1993; Tidow, 1993; Bravo, Ruf, y Vélez, 2004) y también por debajo de los estudios de Dapena et al. (1993) (20.56°) y Mateos (2003) (19.3°).

Todas estas acciones al inicio de la batida producen un incremento de la tensión muscular al posicionar el pie de batida en el suelo y la mayor capacidad física permite un mejor aprovechamiento del ciclo estiramiento-acortamiento. Parece que las saltadoras de mayor categoría de edad son capaces de producir una mayor tensión, lo que se traduce en mayor velocidad final (4.87 m/s en cadete, 5.03 m/s en junior, y 5.34 m/s en senior) y mayor rendimiento (1.55 m en cadete, 1.59 m en junior, y 1.63 m en senior). Las saltadoras de la parte superior de la pirámide de rendimiento llegan a la batida con una mayor velocidad horizontal del CM (5.4-7.3 m/s, frente a los 5.6-6.5 m/s en este estudio) (Blažević, Antekolović, y Mejovšek, 2006; Brüggemann y Loch, 1992; Challis y Yeadon, 1992; Mateos, 2003) y menor velocidad vertical del CM (desde 0.00 m/s hasta -0.6 m/s, frente a los -0.09-0.39 m/s en este estudio) (Blažević, Antekolović, y Mejovšek, 2006; Mateos, 2003). Sin embargo, se desconoce información relativa al ángulo de la pierna de batida respecto a la proyección vertical del listón y el retraso del CM respecto al apoyo.

El mayor aprovechamiento del CEA en las saltadoras de mayor categoría de edad se acompaña de una mayor diferencia en la flexión de rodilla entre el inicio de la batida y la fase de sostén (146° en cadete, 139° en junior, y 139° en senior). La mayor diferencia en el ángulo de rodilla (11° en cadete, 15° en junior, y 17° en senior) produce una disminución de la distancia radial entre el CM y apoyo,

aumenta la tensión muscular de la pierna de batida, y los valores positivos de velocidad vertical comienzan antes. Las saltadoras de mayor categoría de edad consiguen un mayor empuje en los primeros instantes de la acción muscular concéntrica (mayor capacidad física), que es el punto donde la velocidad vertical es cero y los músculos trabajan de forma más intensa (Asmussen, 1974). En este estudio, los valores de flexión de la rodilla en el sostén (132-148°) son próximos al estudio de Mateos (2003) (132-151°). En categoría junior, las saltadoras de este estudio utilizan un mayor rango (130-149°) que el que utilizan las saltadoras del estudio de Conrad y Ritzdorf (1986) (140-150°).

En este estudio, parece que la eficacia de la batida aumenta al incrementar el valor de la velocidad horizontal de carrera. Al subir de categoría de edad, las saltadoras de categoría junior incrementan la eficacia de la batida aumentando también el valor de la inclinación lateral y frontal al inicio de la batida (82° y 80°, respectivamente, frente a los 85° y 78° de las saltadoras de categoría cadete y senior). En categoría senior, las saltadoras aumentan la eficacia de la batida reduciendo el tiempo de contacto del pie con el suelo durante la acción de batida (0.143 s en cadete, 0.147 s en junior, y 0.138 s en senior) y aumentando la contribución total de los segmentos libres (637°/s en cadete, 542°/s en junior, y 683°/s en senior). Este incremento de la eficacia de la batida en las saltadoras de categoría senior coincide con la bibliografía (Aura y Viitasalo, 1985; Deporte y Van Gheluwe, 1990; Primakov, Lazarev y Konestiapin., 1986; Lazarev, Mijailov, Yakunin y De la Paz, 1984; Isolehto y Komi, 2002).

En categoría junior, el aumento de la inclinación lateral y frontal es posible que se deba a la mayor proximidad del punto de batida (0.75 m en cadete, 0.49 m en junior, y 0.80 m en senior), determinado por el tipo de salto (en potencia). Esta teoría parece la más probable al observar la mayor pérdida de velocidad al posicionar el pie en el suelo al inicio de la batida (0.23 m/s en cadete, 0.32 m/s en junior, y 0.17 m/s en senior) y la menor contribución de la pierna libre al final de la batida (143°/s en cadete, -47°/s en junior, y 59°/s en senior). Estas tres características (mayor proximidad del punto de batida, mayor pérdida de velocidad de carrera, y menor contribución de la pierna libre) se definen como aspectos clave de una batida en potencia (Reid, 1986).

La velocidad angular de la pierna libre al final de la batida no es la máxima. Las saltadoras de categoría junior registran el menor valor, que es negativo. El porcentaje de velocidad angular en relación a la máxima que es capaz de generar durante toda la batida es de 17.92% en categoría cadete, -3.34% en junior, y 6.54% en senior. En categoría junior, esta menor contribución de la pierna libre se relaciona con una batida en potencia. Este aspecto se refleja también en la menor contribución del brazo de la pierna de batida (70.23% en cadete, 66.92% en junior, y 80.40% en senior). Además, parece que las saltadoras de categoría senior en comparación con las saltadoras de categoría cadete emplean más la acción de empuje de los brazos que la acción de la pierna libre. Para el brazo de la pierna libre el porcentaje sobre la máxima velocidad angular es de 7.57% en cadete, 36.08% en junior, y 29.40% en senior. Esta mayor contribución en las saltadoras de categoría junior es posible que se deba a que la acción de giro se produce por mayor implicación del brazo de la pierna libre.

La mayor inclinación de las saltadoras de categoría junior produce mayor momento angular frontal y lateral. Este mayor momento angular es necesario para provocar un giro más rápido como consecuencia de la mayor proximidad del listón. Además, produce un mayor descenso del CM al inicio de la batida (0.88 m en cadete, 0.86 m en junior, y 0.91 m en senior). Este mayor descenso del CM produce además un mayor recorrido vertical del CM durante la batida (0.28 m en cadete, 0.31 m en junior, y 0.29 m en senior). Sin embargo, no se refleja ni en mayor velocidad vertical al final de la batida ni en una mayor altura de vuelo. Esto posiblemente se deba a que a elevados niveles de rendimiento este aspecto depende más de la mejor capacidad física, menor reducción de velocidad de carrera, y/o menor duración de la batida que del mayor recorrido vertical. Además, influyen aspectos de tipo técnico: mayor velocidad de aproximación al listón, mayor longitud del paso final, mayor retraso del CM al inicio de la batida, mayor ángulo de la pierna respecto a la proyección vertical del listón, y mayor contribución de los segmentos libres al final de la batida.

Al comparar los valores de inclinación lateral y frontal al inicio de la batida con los ángulos genéricos que fija la bibliografía se encuentra que la inclinación hacia atrás tiene un valor próximo a los 80° (Dapena, 1996; Gutiérrez y Soto, 1996) y la inclinación lateral es inferior (60-75°, frente a los 80-90° en este estudio)

(Houvion, Prost, y Raffin-Peyloz). Con otras investigaciones, la inclinación lateral es inferior a los estudios de Challis y Yeadon (1992) (68-90°) y Mateos (2003) (72-91°). Para la inclinación hacia atrás los resultados son próximos a los estudios de Dapena (1980a) y Tidow (1993) (75-80°, frente a los 72-84° en este estudio), y Dapena y Bahamonde (1991) (72-88°) y son mayores que los estudios de Gutiérrez y Soto (1992) (72-90°) y Mateos (2003) (76-92°).

Con respecto a la distancia frontal de batida, parece que las saltadoras de la parte superior de la pirámide de rendimiento realizan la batida desde un punto más alejado del listón para batir. Este punto se sitúa a una distancia frontal que va desde un valor mínimo de 0.44 a un valor máximo de 1.16 m (Blažević, Antekolović y Mejovšek, 2006; Bothmischel, 1990; Dapena et al., 1993; Mateos, 2003), frente a los 0.53-1.00 m en las saltadoras de categoría senior en este estudio. En categoría junior, las saltadoras utilizan un mayor rango de valores (0.17-0.84 m) que las saltadoras analizadas en el estudio de Conrad y Ritzdorf (1986) (0.65-0.89 m). Este incremento de la separación del punto de batida parece que se corresponde con una mayor velocidad de carrera en las saltadoras de mayor nivel internacional. Este valor representa un porcentaje del 32-63% de la estatura. Se asemeja más a los valores para hombres que para mujeres (Dapena, 1993b; Mateos, 2003) (53-58% y 45-59%, respectivamente)

La ubicación del CM al inicio de la batida presenta unos valores que son similares a los expuestos en la bibliografía para las saltadoras que definen el modelo de rendimiento de las categorías junior y senior. En la bibliografía se encuentran valores que oscilan entre 0.82-1.00 m (Blažević, Antekolović y Mejovšek, 2006; Brüggemann y Loch, 1992; Conrad y Ritzdorf, 1986), frente a los 0.83-0.95 m en categoría junior y 0.82-1.03 m en las saltadoras de categoría senior en este estudio. Para elevados niveles de rendimiento, Dapena (1993b) fija que este valor representa el 48-52% de la estatura de las saltadoras, y Mateos (2003) el 48-54%. En este estudio, el porcentaje que representa la altura del CM al inicio de la batida supone un mayor valor (51-58%). Esto posiblemente se deba a las menores inclinaciones.

En categoría senior, la disminución del tiempo de batida y la mayor contribución total de los segmentos libres produce mayor velocidad vertical al

final de la batida (3.20 m/s en cadete, 3.28 m/s en junior, y 3.50 m/s en senior). Esto da como resultado que esta categoría de edad consiga una mayor altura de vuelo del CM (0.47 m en cadete, 0.49 m en junior, y 0.58 m en senior). A pesar de que las saltadoras de mayor categoría de edad tienen una mayor estatura (1.63 m en cadete, 1.67 m en junior, y 1.69 m en senior), la ubicación del CM al final de la batida no representa diferencias estadísticamente significativas entre las categorías (1.17 m en cadete y junior y 1.21 m en senior). Esto es posible que se deba a la inclinación lateral y a la extensión de la rodilla al final de la batida. Al subir de categoría de edad, la rodilla se encuentra más flexionada (168° en cadete, 165° en junior, y 162° en senior) y el cuerpo más inclinado hacia el listón (97° en cadete, 98° en junior, y 99° en senior).

El tiempo de contacto empleado en la batida se fija en la bibliografía sin tener en cuenta el sexo, solamente el tipo de salto (velocidad o potencia). Estos valores son de 0.12-0.18 s para batidas en velocidad y 0.17-0.24 s para batidas en potencia (Dapena, 1980a; Zanon, 1977). Reid (1986) propone un rango menor (0.13-0.18 s para batidas en velocidad y 0.17-0.21 s para batidas en potencia). Además, el rango que concluyen los estudios es muy amplio (0.11-0.22 s). En este estudio, las saltadoras de categoría senior registran un menor tiempo de contacto (0.12-0.15 s) que las saltadoras de categoría cadete y junior (0.13-0.18 s). En los saltadores masculinos los valores encontrados se mueven en un rango mayor (0.120-0.190 s en categoría cadete y junior; 0.130-0.190 s en senior). Esto posiblemente se deba al tipo de batida en velocidad de las saltadoras de categoría senior, frente a la batida en potencia de la categoría cadete y junior. Hay que tener en cuenta que las mujeres en este estudio tienen características antropométricas, físicas, técnicas, y de rendimiento diferentes a las saltadoras de la bibliografía, por ello, no se deben de aplicar los mismos criterios. Estos valores representan una primera aproximación para la evolución de este parámetro con la edad en saltadoras nacionales.

Para la velocidad vertical al final de la batida, las saltadoras de categoría senior de este estudio registran un valor de 3.16-3.77 m/s. Los rangos de la parte superior de la pirámide de rendimiento son superiores. Estos valores oscilan entre 3.00-4.40 m/s (Blažević, Antekolović y Mejovšek, 2006; Brüggemann y Loch, 1992; Challis y Yeadon, 1992; Mateos, 2003; Ritzdorf, Conrad, y Loch, 1989). Este mayor

valor de la velocidad vertical es posible que se deba a aspectos de tipo técnico (mayor velocidad de aproximación, mayor ángulo de la rodilla al inicio de la batida, mayor longitud del paso, y mayor retraso del CM). Los resultados de este estudio son similares a los de: Mateos (2003) (3.1-3.8 m/s) y Brüggemann y Loch (1992) (3.2-3.8 m/s). Sin embargo, las saltadoras de estos estudios tienen un mayor rendimiento (1.67-1.83 m y 1.90-2.05 m, respectivamente, frente a los 1.64-1.93 m en este estudio). No quedan claras las causas que expliquen este comportamiento. En categoría junior, las saltadoras de mayor rendimiento internacional consiguen un mayor valor (3.6-3.9 m/s, frente a 3.05-3.73 m/s en este estudio) (Conrad y Ritzdorf, 1986).

Para la altura del CM al final de la batida, las saltadoras de categoría senior de este estudio registran un valor de 1.14-1.34 m. Para las saltadoras de la parte superior de la pirámide de rendimiento el valor superior es mayor. Este valor se fija en 1.14-1.44 m (Blažević, Antekolović y Mejovšek, 2006; Brüggemann y Loch, 1992; Mateos, 2003; Ritzdorf, Conrad, y Loch, 1989). Esto es posible que se deba a la mayor estatura y posición del cuerpo más vertical al final de la batida. En categoría junior, las saltadoras de este estudio obtienen un valor de 1.10-1.32 m. Este valor es mayor que para las saltadoras del estudio de Conrad y Ritzdorf (1986) (1.11-1.22 m) con atletas de mayor nivel de rendimiento (1.86-1.92 m, frente a 1.50-1.70 m en las saltadoras de este estudio). En categoría senior, al relacionar este parámetro con la estatura, en este estudio se obtiene un porcentaje de 68-75%, (71% de media). Estos valores coinciden con los resultados del estudio de Mateos (2003) (67-73%). Además, estos valores parece que permanecen estables con el paso de la edad. En cadete este valor es de 66-74% (71%) y en junior es de 67-73% (70%).

Para el ángulo de la rodilla al final de la batida, las saltadoras de categoría senior y nivel nacional de la bibliografía (Mateos, 2003) presentan una extensión similar a la que registran en el estudio las saltadoras de la misma categoría de edad (150-177°, frente a 150-173° en este estudio). En categoría junior, las saltadoras de mayor rendimiento internacional (Conrad y Ritzdorf, 1986) consiguen un mayor nivel de extensión de la rodilla al final de la fase de impulsión en comparación con las saltadoras de este estudio con un menor nivel de rendimiento (163-176°, frente a 151-174° en este estudio).

Al final de la batida, la contribución total de los brazos a la velocidad vertical es mayor al subir de categoría de edad (494°/s en cadete, 589°/s en junior, y 624°/s en senior). Sin embargo, se observa una característica en las saltadoras de categoría junior. En esta categoría de edad, el brazo de la pierna libre es el que presenta una mayor contribución (42°/s en cadete, 203°/s en junior, y 187°/s en senior) y el brazo de la pierna de batida tiene la menor contribución (452°/s en cadete, 386°/s en junior, y 436°/s en senior). Esto es posible que se deba al tipo de salto en potencia. Las saltadoras de esta categoría de edad utilizan el brazo de la pierna libre de forma más intensa para provocar mayor giro y más rápido. En esta categoría se le da prioridad al giro (distancia frontal, inclinación inicial, contribución de la pierna libre, contribución del brazo de la pierna libre) y no al empuje.

Las saltadoras no son capaces de lograr la máxima velocidad angular de los segmentos libres al final de la batida. Al analizar cada segmento de forma aislada en cada categoría de edad, las saltadoras pertenecientes a la categoría junior registran la máxima contribución de la pierna libre y el brazo de la pierna libre más tarde que las categorías cadete y junior. Para la pierna libre el momento de la batida en el que se alcanza la máxima velocidad angular representa el 32.99% de la duración total de esta fase en categoría cadete, el 34.74% en junior, y el 32.01% en senior. Para el brazo de la pierna libre este instante representa el 15.56% en cadete, 39.24% en junior, y 21.15% en senior. Sin embargo, el brazo de la pierna de batida logra esta velocidad antes en esta categoría de edad (67.84% en cadete, 66.12% en junior, y 69.90% en senior).

6.2.3. Vuelo

El objetivo de la fase de vuelo es conseguir un paso eficaz del cuerpo por el listón (Dyson, 1982; Hay, 1993). Para lograr este objetivo, el saltador adopta una posición de arqueo sobre el listón (Despina, 1980; Hay, 1993; Strizhak, 1988). Esta posición se basa en un incremento de la lordosis lumbar con descenso de los hombros y las rodillas, lo que se asemeja a la acción de flic-flac en gimnasia deportiva (Tidow, 1993). Aunque la trayectoria del CM durante el vuelo queda definida matemáticamente por las acciones realizadas en la fase de ante-salto y batida, las acciones realizadas sobre el listón se puede modificar para lograr un

paso alternado y más efectivo aprovechando el principio de acción-reacción segmentaria (Dapena, 1995a). El saltador puede mover unos segmentos en una dirección y otros en el opuesto sin que exista modificación de la cantidad de movimiento porque se trata de fuerzas internas (Sears y Zemansky, 1979).

6.2.3.1. Hombres

A pesar de que existen muchos parámetros técnicos que aumentando su valor mejoran la altura máxima del CM, la velocidad vertical de proyección del CM se considera como un factor muy importante para el rendimiento del salto. Este parámetro se incrementa al subir de categoría de edad. Sin embargo, Dyson (1982) indica que este parámetro debe ser considerado junto con la ubicación del CM al final de la batida y al ángulo de proyección del CM al final de la batida como los aspectos limitantes de la máxima altura del CM en la parábola de salto. En este estudio, la altura del CM al final de la batida se incrementa con la edad, pero el ángulo de proyección del CM al final de la batida tiende a adoptar valores similares en todas las categorías de edad (45° en cadete, 46° en junior, y 46° en senior). Esto no debería ser así, ya que la ubicación del punto de batida es más próxima en los saltadores de categoría junior, siendo su velocidad horizontal menor que en categoría senior.

La realidad es que estos valores y su relación con los diferentes parámetros de la carrera y la batida parecen ser los más eficaces en saltadores nacionales de alto rendimiento con un rango de edad y rendimiento determinado. En categoría junior, los saltadores que saltan una mayor altura del listón registran valores de proyección del CM al final de la batida que se corresponden con un salto en potencia (50° o más) en comparación con los saltadores de categoría senior y cadete. El rango obtenido en los saltadores de categoría senior (39-53°) se enmarca dentro de una tipología de salto en velocidad y son superiores a los registrados en el estudio de Mateos (2003) (34-48°) con una muestra de saltadores de similares características. Los saltadores de este estudio registran valores inferiores a los saltadores de mayor rendimiento internacional, (Ae et al, 2008; Isolehto et al., 2006; Locatelli, 1987; Myers, 1989; y Nigg y Waser, 1974) (45° o más).

Las acciones técnicas con las que se logra un mejor aprovechamiento del CEA en los saltadores de mayor categoría de edad (mayor velocidad de

aproximación, mayor velocidad horizontal al inicio de la batida, mayor ángulo de la pierna respecto a la vertical al posicionar el pie de batida, y mayor retraso del CM respecto al apoyo), sumado a la mayor diferencia de flexión de la rodilla entre el inicio y la fase de sostén (mayor tensión muscular), mayor recorrido vertical del CM, y mayor contribución de los segmentos libres, permiten incrementar los niveles de fuerza de la pierna de batida sobre el suelo, aumentar la velocidad de proyección del CM al final de la batida, y alcanzar una mayor altura de vuelo (0.60 m en cadete, 0.76 m en junior, y 0.81 m en senior). Sin embargo, parece poco probable que esta técnica pueda ser desarrollada por aquellos saltadores con una menor preparación física y técnica. Se debe a la carga muscular que se genera al inicio de la batida resulta insostenible para aquellos saltadores que se encuentran en proceso de desarrollo físico.

Al final de la fase de vuelo, el saltador afronta el paso del listón. Las mayores inclinaciones adquiridas al inicio de la batida por los saltadores de categoría junior (mayor proximidad del punto de batida) y senior, respectivamente, determinan las rotaciones que permiten un paso más eficaz del listón (0.10 m en cadete, 0.06 m en junior, y 0.07 m en senior). Se afirma que el hecho de adquirir una mayor inclinación, para producir un mayor momento angular y girar más rápido debido al menor tiempo entre la batida y el pico más alto del salto, se produce en saltadores de menor categoría (Dapena, 1993b). En este estudio parece que no es así y que tiene más relación con el tipo de salto realizado y la mayor capacidad técnica.

Según la clasificación establecida por Dapena (1989), el valor de H3 indica que la técnica de paso por el listón para los saltadores de este estudio corresponde con un modelo *inefectivo* (0.06 m o más). Aunque la bibliografía afirma que el paso por el listón es posible realizarlo de forma más efectiva (Dapena y Bahamonde, 1992; Mihajlovic y Solaja, 2005; Dapena, 1980b), en este estudio no ocurre así. Esto es posible que se deba, además de las inclinaciones adquiridas en la batida, como consecuencia de una mayor capacidad técnica. En comparación con el estudio de Mateos (2003) (0.09 m), realizado con saltadores de similares características de rendimiento, los saltadores de categoría senior de este estudio resultan ser más efectivos en la posición sobre el listón.

6.2.3.2. Mujeres

Las saltadoras de mayor categoría de edad llegan a la batida con mayor velocidad de carrera y longitud del paso. Estos dos parámetros, junto con el mayor ángulo de la pierna de batida respecto a la proyección vertical del listón y mayor retraso del CM respecto al apoyo del pie de batida, producen un mejor aprovechamiento del CEA. El aumento de la tensión muscular y la mayor capacidad física y técnica permite a las saltadoras de mayor categoría de edad terminar la batida con mayor velocidad de proyección. Esta mayor velocidad resultante parece ser la causa principal de que las saltadoras de mayor categoría de edad consigan una mayor altura de vuelo del CM (0.47 m en cadete, 0.49 m en junior, y 0.58 m en senior). El recorrido vertical del CM es mayor en las saltadoras de categoría junior (0.28 m en cadete, 0.31 m en junior, y 0.29 m en senior), por tanto, la mayor velocidad de salida y mayor altura de vuelo parece que se relacionan con mejor aprovechamiento del CEA y mayor capacidad física para aplicar mayor fuerza durante la batida.

Al incremento de la altura de vuelo del CM al subir de categoría de edad se le suma la mayor eficacia de paso del CM por el listón (0.09 m cadete, 0.07 m junior, y 0.06 m senior). Estos dos parámetros, altura de vuelo y eficacia de paso del CM, permiten afirmar que las saltadoras de mayor categoría de edad son más eficaces en la fase de vuelo y franqueo del listón. En categoría senior, los resultados del estudio coinciden con el estudio de Brüggemann y Loch (1992). Esta eficacia de paso del CM por el listón se enmarca en un modelo de franqueo *infectivo* (0.06 m o más), según la clasificación establecida por Dapena (1989). Al comparar los resultados con otros estudios que definen la parte de arriba de la pirámide se trata de un paso del CM menos eficaz que el empleado por saltadoras de mayor rendimiento (Blažević, Antekolović y Mejovšek, 2006; Ritzdorf, Conrad, y Loch, 1989). En estos dos estudios se obtienen eficacias de paso de 0.05 m y 0.03 m, respectivamente, lo que se corresponde con un modelo de franqueo *razonable* (0.03-0.06 m).

La altura del CM al final de la batida y el ángulo de proyección son similares en todas las categorías de edad. Las saltadoras terminan la batida con el CM ubicado a 1.17 m del suelo en categoría cadete y junior y a 1.21 m en categoría

senior, mientras que el ángulo de proyección es de 40° ($36-45^\circ$) en todas las categorías. En relación con el listón, supone una diferencia que evoluciona con la edad (0.38 m en cadete, 0.41 m en junior, y 0.51 m en senior). El ángulo de batida similar debería requerir distancias de batida mayores al subir de categoría de edad, ya que la altura del listón aumenta. Sin embargo, parece que este aspecto se solventa proyectando el CM con mayor velocidad resultante. Además, es posible que debido a la menor capacidad física y técnica las saltadoras de altura nacionales no sean capaces de conseguir un mayor ángulo de salida. A pesar de ello, los valores representan medias y cada saltadora adapta este ángulo a unas características de velocidad y altura del CM.

Para la parte superior de la pirámide de rendimiento en mujeres, el ángulo de proyección del CM al final de la batida en saltadoras de categoría senior se fija en un valor que oscila entre un mínimo de 32° y un máximo de 49° (Blažević, Antekolović y Mejovšek, 2006; Challis y Yeadon, 1992; Mateos, 2003). En este estudio, el rango utilizado por las saltadoras analizadas es de $36-45^\circ$ y es más próximo al que se obtiene en el estudio de Mateos (2003) ($38-49^\circ$). En el estudio de Mateos (2003), los valores de altura del CM al final de la batida, la distancia frontal de batida, y la velocidad vertical al final de la batida son similares a los del presente estudio. En categoría junior, las saltadoras del estudio de Conrad y Ritzdorf (1986), con un mayor rendimiento, mayor velocidad vertical al final de la batida, y mayor distancia frontal de batida, obtienen un ángulo mayor que las saltadoras de este estudio ($44-48^\circ$, frente a $36-45^\circ$).

6.3. CRITERIOS BIOMECÁNICOS PARA LA EJECUCIÓN EFICAZ DE UN SALTO

En este apartado del trabajo se exponen los parámetros de eficacia técnica más importantes en función de la categoría de edad y del sexo (tablas 166 y 167). Estos valores son los resultados obtenidos en el análisis de correlación aplicando el coeficiente de Spearman (tablas 155, 156, y 157 en hombres, y tablas 158, 159, y 160 en mujeres). Se debe tener en cuenta que el presente estudio es un estudio transversal, el número de atletas estudiados es reducido, y sólo analiza los finalistas del campeonato de España de categoría cadete, junior, y senior.

6.3.1. Criterios biomecánicos en hombres

En categoría cadete, se tiende a un modelo de salto en velocidad. Tener una elevada estatura es más ventajoso que en otras categorías de edad, aunque no es determinante. Lo importante es lograr una elevada velocidad vertical al final de la batida, lo cual produce una elevada altura de vuelo del CM. Además, es importante el dominio técnico sobre el listón. Estos tres aspectos (velocidad vertical al final de la batida, altura de vuelo, y eficacia de franqueo) muestran una elevada correlación positiva con la máxima altura del CM. En esta categoría de edad, el aumento de la frecuencia en el penúltimo paso es un aspecto muy importante para el incremento de la velocidad vertical al final de la batida, junto con la acción del brazo de la pierna libre. Parece que el incremento de la frecuencia del paso se logra por disminución del tiempo de vuelo. La inclinación lateral durante la carrera y la batida correlacionan de forma negativa.

En la siguiente categoría de edad, categoría junior, la tipología de salto progresa hacia un modelo en potencia. Debido a este tipo de salto, la eficacia técnica depende fundamentalmente de la capacidad para generar una elevada velocidad vertical al final de la batida. En esta categoría de edad, es importante llegar al último paso de carrera con una elevada frecuencia del paso, a diferencia de los cadetes en los que es el penúltimo. Este incremento de la frecuencia parece que se logra por disminución del tiempo de contacto, no por disminución del tiempo de vuelo como en categoría cadete. La altura de vuelo depende directamente de la velocidad vertical al final de la batida y de la capacidad para generar fuerza durante la batida. Sobre este aspecto se puede influir reduciendo el valor de la altura del CM al inicio de la batida, con una mayor inclinación lateral y frontal al inicio de la batida, y con una menor longitud del último paso de carrera.

En categoría senior, se vuelve a un modelo de salto en velocidad. En esta categoría de edad, es determinante lograr una elevada velocidad de carrera durante la parte final del ante-salto. El penúltimo paso es importante realizarlo con una elevada frecuencia, que parece lograrse por descenso del tiempo de vuelo. El aumento de la velocidad durante la parte final del ante-salto parece determinante en el incremento de la velocidad vertical al final de la batida, que sigue siendo el aspecto que determina la eficacia de la batida. Sin embargo, en

esta categoría de edad la contribución de la pierna libre parece determinante en la consecución de este objetivo. Además, debido a la elevada altura del listón, el ángulo de proyección del CM se muestra como un aspecto clave. Parece que al progresar de categoría de edad tiene más importancia la capacidad para generar mayor fuerza durante la batida y mayor velocidad de carrera.

Tabla 165.

Criterios cinemáticos de eficacia técnica en hombres según la correlación de Spearman.

Fase	Cadete	Junior	Senior
Ante-salto	TVPP, FPP, ILCAP	TCPA, FUP	TVPP, FPP, VhPP, VhUP
Batida	BPL, VvTO, VR, ILTD, ILTO	VvTO	PL, VvTO, α
Vuelo	H2, H3, HCML	H2, HCML	H2, HCML

6.3.2. Criterios biomecánicos en mujeres

En mujeres, el número de variables que determinan el rendimiento del salto se incrementa al llegar a categoría senior. En todas las categorías de edad, la altura del CM sobre el listón es el parámetro de mayor correlación con la máxima altura del CM. En categoría cadete, el rendimiento parece estar más asociado a parámetros influenciados por las características antropométricas (H0 y H1). Esto posiblemente se deba a que el menor volumen de trabajo físico y técnico aún no produce cambios significativos en las saltadoras. En la siguiente categoría de edad, categoría junior, las saltadoras realizan un salto en potencia. La eficacia de esta acción parece estar más asociada a la efectividad de la acción técnica sobre el listón, aumentándose el recorrido del CM durante la batida. Esto posiblemente se deba a la mayor presencia de contenidos de tipo físico y técnico en el entrenamiento.

En categoría senior, se vuelve a un salto en velocidad. El valor de la altura de vuelo incrementa su importancia en el rendimiento del salto. Esta altura está relacionada directamente con el valor de la velocidad vertical del CM al final de la batida, que queda determinada por la velocidad horizontal al inicio de la batida y

el recorrido vertical del CM durante la batida. Estos parámetros indican que a elevados niveles de rendimiento los parámetros de tipo físico son más importantes que los aspectos de tipo antropométrico y técnico. En la fase de ante-salto, la mayor longitud del penúltimo paso de carrera parece que queda determinado por el mayor tiempo de vuelo y ambos determinan la mayor velocidad del paso. En esta categoría de edad, el ángulo de la pierna de batida y el ángulo de proyección del CM son importantes en la batida.

Tabla 166.

Criterios cinemáticos de eficacia técnica en mujeres según la correlación de Spearman.

Fase	Cadete	Junior	Senior
Ante-salto	-	P0	TVPP, LPP, VhUP
Batida	H0, H1, VvTD, VvTO	ΔH , IATO	ΔH , VhTD, VvTO, ATD, IATD, α
Vuelo	HCML	H3, HCML	H2, HMCL

6.3.3. Reflexión final

Tras el análisis de los datos obtenidos en el estudio surge la duda de cuál es el aspecto que afecta sobre el rendimiento de los saltadores de los diferentes grupos de edad. El estudio se centra en ver cómo afecta la edad a las variables relacionadas con los procesos de maduración (velocidad durante la carrera de aproximación, etc.), con los procesos de crecimiento (la altura del CM al inicio y final de la batida, longitud del paso, etc.), y con las variables relacionadas con la técnica, como el ángulo de la rodilla, el ángulo de batida, etc. A partir de los datos del estudio no es posible solventar esta duda. El estudio aborda una temática sobre la que aún no se ha profundizado y lo que se intenta es aportar información a nivel biomecánico sobre cómo evoluciona la técnica en los diferentes grupos de edad. Se trata del primer estudio que aborda esta visión de estudio de la técnica y aunque no se analizan todas las categorías de edad existentes, la selección de esta muestra permite poder establecer unas primeras conclusiones que mejoren la

comprensión del por qué de las acciones técnicas, aunque para solventar esta duda se hacen necesarias futuras investigaciones.

7. CONCLUSIONES

7.1. Conclusiones agrupadas por objetivos

En relación al objetivo: *determinar cómo evoluciona el modelo de eficacia técnico para la prueba de salto de altura en las diferentes categorías de edad (cadete, junior, y senior) en hombres y en mujeres de máximo rendimiento nacional.*

1. Tanto en hombres como en mujeres, la tipología de salto parece que progresa hacia un modelo en velocidad. En categoría cadete se utiliza un modelo en velocidad, en categoría junior se progresa hacia un modelo en potencia, y en categoría senior vuelve a un modelo en velocidad. Parece que las limitaciones de maduración y características antropométricas afectan a la técnica óptima. Debido al aumento de la presencia del trabajo de tipo físico en categoría junior en relación a la categoría cadete, sumado al incremento de las características antropométricas y mejora de la capacidad física, en esta categoría de edad parece más efectivo la realización de un salto adoptando valores de un salto en potencia. En categoría senior, el mayor número de años de entrenamiento físico y técnico, sumado al proceso de crecimiento y maduración completado, parece que esta categoría de edad se beneficia más de la ejecución de un salto en velocidad.

En relación al objetivo: *determinar cuáles son los aspectos claves que más influyen sobre la altura saltada en relación al proceso de formación en saltadores y saltadoras de altura de élite nacionales.*

2. En hombres, la eficacia del salto depende fundamentalmente de la velocidad vertical generada al final de la batida. En categoría cadete, se destaca la ejecución rápida del penúltimo paso de carrera, adecuada posición del cuerpo durante la parte final de carrera y durante la batida, y una posición de paso del CM sobre el listón eficaz. En categoría junior (salto en potencia), resalta la importancia de incrementar la frecuencia del

último paso para provocar un mayor descenso del CM al inicio de la batida y aprovechar así un mayor recorrido vertical para acelerar el CM. En categoría senior, destaca la importancia de correr la parte final de la carrera a elevada velocidad, con elevada frecuencia del penúltimo paso, al final de la batida conseguir una fuerte contribución de la pierna libre, y proyectar el CM a un mayor ángulo de salida.

3. En mujeres, la altura del CM sobre el listón es el parámetro más importante. En categoría cadete, el rendimiento está determinado por aspectos de tipo antropométrico (aumento del valor de las alturas del CM al inicio y final de la batida). En categoría junior, la eficacia del salto se incrementa aumentando el recorrido vertical del CM y adoptando una posición eficaz sobre el listón. En categoría senior, destaca lo importante de correr rápido al final de la carrera de aproximación y con mayor longitud del paso. Esta característica resulta provocar un mayor valor en el ángulo de la pierna de batida respecto a la proyección vertical del listón y mayor descenso del CM al inicio de la batida, lo que provoca un mejor aprovechamiento del ciclo estiramiento-acortamiento y produce mayor velocidad vertical al final de la batida. A estos aspectos se suman la altura de vuelo del CM y el ángulo de proyección del CM al final de la batida.

En relación al objetivo: *establecer los valores para los parámetros cinemáticos que definen el modelo técnico de rendimiento del salto de altura en función de la categoría de edad, del sexo, y del nivel de rendimiento.*

4. Los valores de los parámetros de eficacia técnica por lo general se incrementan con la edad. El aumento de las características antropométricas produce un incremento en el valor de la longitud del paso, altura del CM al inicio de la batida, y altura del CM final de la batida. La mejor capacidad física permite correr la parte final de la carrera y realizar la batida con mayores niveles de velocidad del CM, lo que se traduce en una mayor altura de vuelo. La mejor preparación técnica permite adoptar posiciones corporales más eficaces y parece que permite coordinar mejor los impulsos de los segmentos libres al final de la batida. Como consecuencia de correr con mayor velocidad y mayor longitud del paso, se produce un mayor retraso del CM al inicio de la batida y mayor

ángulo de la pierna con la proyección vertical del listón, lo que permite un mejor aprovechamiento del ciclo estiramiento-acortamiento. Sin embargo, la tipología de salto utilizada por los saltadores y saltadoras de categoría junior (salto en potencia) determina los valores adoptados en determinados parámetros (baja velocidad de aproximación, inclinación lateral durante la curva, descenso marcado del CM al inicio de la batida, mayor proximidad del punto de batida, mayor recorrido del CM, menor contribución de la pierna libre, y posición del cuerpo más vertical al final de la batida).

7.2. Aplicaciones del estudio

1. Los valores de referencia obtenidos del análisis biomecánico de los saltos permite concluir la evolución del modelo de eficacia técnica en función de la categoría de edad y del sexo. A pesar de esto, el entrenador y el atleta deben de trabajar de forma conjunta para adaptar estos valores a las características individuales (físicas, técnicas, y antropométricas) y a la forma de saltar para poder obtener el mayor rendimiento.
2. Los resultados del estudio pueden servir de ayuda para establecer objetivos a corto, medio, y largo plazo, de forma que en cada categoría de edad en hombres y en mujeres el entrenamiento se puede orientar tomando de referencia los valores encontrados.
3. Los resultados obtenidos pueden servir de ayuda a los entrenadores para guiar el proceso de formación de los saltadores de altura nacionales. Para determinar la validez de los criterios biomecánicos concluidos, el entrenador tendrá que ponerlos a prueba en la pista. Sin embargo, se puede dar unas indicaciones básicas para poder conseguir un incremento de la velocidad vertical al final de la batida, que es el aspecto que mayor influencia tiene sobre la altura de vuelo del CM: 1) correr la parte final de la carrera con tiempos de contacto breves y disminución de la fase aérea para producir un incremento en la velocidad de aproximación del CM por aumento de la frecuencia del paso; 2) llegar al inicio de la batida posicionando el pie delante de la cadera, con la pierna extendida, y con el tronco recto inclinado hacia atrás, para producir un incremento en el retraso del CM y en el ángulo de la pierna. Estas dos indicaciones van encaminadas al incremento de la tensión muscular durante la batida (mayor aprovechamiento del ciclo estiramiento-acortamiento). Además de esto, habrá que incidir en unos aspectos claves según la edad y el sexo.

7.3. Futuras líneas de investigación

A partir de este estudio surgen las siguientes líneas de investigación que se pueden abordar en posteriores investigaciones:

1. Aumentar el número de participantes analizados en competiciones oficiales, que permitan replicar los resultados obtenidos con saltadores y saltadoras de altura de élite nacionales de las categorías cadete (13-15 años), junior (17-19 años), y senior (hasta 35 años).
2. Analizar con esta misma metodología a los mejores saltadores de altura en otros momentos del proceso de formación: infantil (11-13 años), juvenil (15-17 años), y promesa (19-22 años).
3. Realizar un seguimiento longitudinal de un saltador o un grupo de saltadores desde las primeras etapas de formación hasta la consecución del máximo resultado en competición.
4. Integrar el análisis biomecánico dentro del programa de entrenamiento y ver el efecto que tiene la aplicación de los resultados cinemáticos sobre el rendimiento. El objetivo es salvar el espacio que separa al investigador del entrenador para mejorar el enfoque en la enseñanza de la progresión técnica del salto de altura, tal y como hacen Judge, Hunter, y Gilreath (2008) en su artículo publicado sobre el lanzamiento de martillo en mujeres.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Aziz, Y. I. y Karara, H. M. (1971). Direct Linear Transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. *Proceedings ASP/VI Symp on close-range photogrammetry*. American Society of Photogrammetry.
- Ae, M., Nagahara, R., Ohshima, Y., Koyama, H., Takamoto, M., y Shibayama, K. (2008). Biomechanical analysis of the top three male high jumpers at the 2007 World Championship in Athletics. *New Studies in Athletics*, 23(2), 45-52.
- Ae, M., Shibukawa, K., Tada, S., y Hashihara, Y. (1983). A biomechanical analysis of the segmental contribution to the take off of the one leg running jump for height, En, Matsui, H., y Kobayashi, K., *Biomechanics VIII-A & B: proceedings of the VIII International Congress of Biomechanics*, Nagoya, Japan, Human Kinetics, pp. 737-745.
- Aguado, X. (1993). *Eficacia y técnica deportiva. Análisis del movimiento humano*. Barcelona: INDE.
- Aguado, X., González, J. L., e Izquierdo, M. (1997). En Universidad de León, Secretariado de Publicaciones, *Biomecánica fuera y dentro del laboratorio*. León.

- Alcaraz, P.E., Palao, J.M., Elvira, J.L., y Linthorne, N.P. (2008). Effects of three types of resisted sprint training devices on the kinematics of sprinting at maximum velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 890-897.
- Alexander, R. M. (1990). Optimum take-off techniques for high and long jumps. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 329(1252), 3-10.
- Angulo, R. M. y Dapena, J. (1992). Comparison of Film and Video Techniques for Estimating Three-Dimensional Coordinates Within a large Field. *International Journal of Sport Biomechanics*, 8(2), 145-151.
- Antekolovic, L., Blazevic, I., Mejevsek, M., y Coh, M. (2006). Longitudinal follow-up of kinematic parameters in high jump – A case study. *New Studies in Athletics*, 21(4), 27-37.
- Ariel, G. (1977). Ultimate in high jump performance: computerized biomechanical analysis. *Track and Field Quarterly Review*, 77(3), 56-61.
- Arampatzis, A. y Brüggermann, G. (1998). A mathematical high bar-human body model for analysing and interpreting mechanical-energetic processes on the high bar, *Journal of Biomechanics*, 31(12), 1083-1092.
- Asmussen, E. (1974). Apparent efficiency and storage of elastic energy in human muscles during exercise. *ActaPhysiology*, 92(4), 537-545.
- Aura, O. y Viitasalo, J. T. (1985). Biomechanical characteristics of jumping. *International Journal of Sport Biomechanics*, 5(1), 89-98.

- Bahamonde, R. y Stevens, R. (2006). Comparison of two methods of manual digitization on accuracy and time of completion. *XXIV Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*. Salzburg: Austria, pp 680-684.
- Bartlett, R., Bussey, M., y Flyger, N. (2006). Movement variability cannot be determined reliably from no-marker conditions. *Journal of Biomechanics*, 39(16), 3076-3079.
- Barrionuevo, L. B. (1985). *Didáctica atlética*. Buenos Aires: Agro-vet.
- Bashian, A. (1977). Arm action in the flop. *Track Technique*, 69, 2206-2208.
- Beulke, H. (1977). The physical significance of the curved run up in the Fosbury flop. *Track and Field Quarterly Review*, 77(3), 37-40.
- Blažević, I., Antekolović L., y Mejovšek, M. (2006). Variability of high jump kinematic parameters in longitudinal follow-up. *Kinesiology*, 38(1), 63-71.
- Bothmischel, V. E. (1990). Model characteristics of the high jump approach. *Modern Athlete and Coach*, 28(4), 3-6.
- Bravo, J. y López, F. (1992). *Atletismo II. Saltos*. Madrid: RFEA.
- Bravo, J., Ruf, H., y Vélez, M. (2003). *Saltos verticales*. Madrid: RFEA.
- Brown, E. W. (1985). The need of biomechanics research in youth sport. *III Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*. Greeley: Colorado, USA, pp 392-398.
- Bruggemann, G. y Loch, M. (1992). The scientific research project at the III world championships in athletics: High jump. *New Studies in Athletics*, 7(1), 67-74.

- Campos, J. y Ramón, V. (2003). *Teoría y planificación del entrenamiento deportivo*, 2ª edición. Paidotribo: Barcelona.
- Carr, G. (1999). *Fundamentals of Track and Field*, 2ª ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Cavagna, G. A. (1977). Storage and utilization of elastic energy in skeletal muscle. *Exercise Sport Science Reviews*, 5, 89-129.
- Cavagna, G. A., Dusman, B., y Margaria, R. (1968). Positive work done by previously stretched muscle. *Journal of Applied Physiology*, 24(1), 21-32.
- Challis, J. H. (1995). A multiphase calibration procedure for the Direct Linear Transformation. *Journal of Applied Biomechanics*, 11(3), 351-358.
- Challis, J. H. y Kerwin, D. G. (1992). Accuracy assessment and control point configuration when using the DLT for photogrammetry. *Journal of Biomechanics*, 25(9), 1053-1058.
- Challis, S. y Yeadon, F. (1992). A biomechanical analysis of the women's high jump. *Athletics Coach*, 26(2), 20-25.
- Chen, L., Armstrong, C. W., y Raftopoulos, D. D. (1994). An investigation on the accuracy of three dimensional space reconstruction using the direct linear transformation technique. *Journal of Biomechanics*, 27(4), 493-500.
- Cheng, C. Y. y Li, J. S. (2000). Discussion of the biomechanical significance of swinging the arms and hands during the take-off in the high jump. *Zhejiang Sports Science*, 22(6), 49-50, 59.

- Chu, D. (1979). Mechanics of the flop style high jump. *Track and Field Quarterly Review*, 79(1), 47.
- Chu, D. (1984). The approach pattern in the Fosbury flop. *Track and Field Quarterly Review*, 84(4), 15-16.
- Clauser, C. E., Mc Conville, J. T., y Young, J. W. (1986). Weight, volume and center of mass of segments of the human body. *Journal of Biomechanics*, 10, 269- 277.
- Čoh, M. (1987). Stability and variability of kinematic and dynamic parameters in high jump. *Telesna kultura*, 35(4), 13-17.
- Coh, M. y Supej, M. (2008). Biomechanical model of the take-off action in the high jump – A case study. *New Studies in Athletics*, 23(4), 63-73.
- Conrad, A. y Ritzdorf, W. (1986). High jump. *New Studies in Athletics*, 1(4), 33-51.
- Conrad, A. y Ritzdorf, W. (1992). Biomechanical analysis of high jump. *Nuova Atletica*, 20(114), 122-138.
- Dapena, J. (1974). Searching for the best straddle technique. *Track Technique*, 55, 1753-1756.
- Dapena, J. (1980a). Mechanics of translation in the Fosbury-flop. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(1), 37-44.
- Dapena, J. (1980b). Mechanics of rotation in the Fosbury-flop. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12(1), 45-53.

- Dapena, J. (1981). The Fosbury-flop technique. *Asian Journal of Physical Education*, 4(4), 178-193.
- Dapena, J. (1986). El uso de la computadora en la biomecánica. *Archivos de Medicina del Deporte*, 3(9), 55-60.
- Dapena, J. (1987). Basic and Applied Research in the Biomechanics of High Jumping. *Medicine Sports Science*, 25, 19-33.
- Dapena, J. (1988). Biomechanical analysis of the Fosbury-flop. *Track Technique*, 105, 3343-3350.
- Dapena, J. (1989). *The biomechanics of high jumping*. University of Birmingham, England.
- Dapena, J. (1992). Biomechanical studies in the high jump and the implications to coaching. *Track and Field Quarterly Review*, 92(4), 34-38.
- Dapena, J. (1993a). Calculation of the true value of a high jump using a computer graphics model. Presented at 17th Annual Meeting of the American Society of Biomechanics, Iowa City, IA.
- Dapena, J. (1993b). Biomechanical studies in the high jump and the implications for coaching. *Modern Athlete and Coach*, 31(4), 7-12.
- Dapena, J. (1993c). Biomechanics of elite high jumpers. *Track and Field Quarterly Review*, 93(4), 25-30.
- Dapena, J. (1995a). The rotation over the bar in the Fosbury-flop high jump. *Track Coach*, 132, 4201-4210.

- Dapena, J. (1995b). How to design the shape of a high jump run-up. *Track Coach*, 131, 4179-4181.
- Dapena, J. (1996). A biomechanical scientific support program for high jumpers. *XIV Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*. Funchal: Madeira, Portugal, pp. 68-80.
- Dapena, J. (1997a). A closer look at the shape of the high jump run-up. *Track Coach*, 138, 4406-4411.
- Dapena, J. (1997b). Contributions of Angular Momentum and Catting to the Twist Rotation in High Jumping. *Journal of Applied Biomechanics*, 13(2), 239-253.
- Dapena, J. (2000). The high jump. En: V. Zatsiorsky, *Biomechanics in sport*. Blackwell Science, pp. 285-311.
- Dapena, J. (2002a). The evolution of high jump technique: biomechanical analysis. *XX Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*. Cáceres: Extremadura, España, pp 3-7.
- Dapena, J. (2002b). Effect of the direction of the somersault rotation on the amount of twist rotation in high jumping. Symposium paper presented at *4th World Congress of Biomechanics*, Calgary.
- Dapena, J., Angulo-Kinzler, R. M., Caubet, J. M., Turro, C., Balius, X., Kinzler, S. B., Escoda, J., y Prat, J. A. (1993). *Track and Field: High Jump*. Medical Commission / Biomechanics Subcommittee, International Olympic Committee, Lausanne. [Informe encargado por el Comité Olímpico Internacional, a propósito de los Juegos Olímpicos de 1992].

- Dapena, J. y Bahamonde, R. (1991). Biomechanical analysis of high jump. Report for scientific services project; USOC/TAC (US Olympic Training Center, Colorado Springs). Biomechanics Laboratory, Indiana University; Biomechanics Laboratory, Ball State University, USA.
- Dapena, J. y Chung, C. S. (1988). Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 20(3), 290-302.
- Dapena, J., McDonald, C., y Cappaert, J. (1990). A Regression Analysis of High jumping technique. *Journal of Applied Biomechanics*, 6(3), 246-261.
- De Leva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameter. *Journal of Biomechanics*, 29(9), 1223-1230.
- Deporte, E. y Gheluwe, B. V. (1990). Force platform data in élite high jumping: competition versus training condition. En Conference Proceedings, vol. 2, The First International Conference -Techniques in Athletics, Colonia, pp. 762-765.
- Despina, J. (1980). The Fosbury flop technique. *Track and Field Quarterly Review*, 80(4), 22-27.
- Dmitriev, V. (1986). The fosbury flop – basic structure of the take-off. *Soviet Sports Review*, 21(4), 167-171.
- Donskoi, D. y Zartsiorski, V. (1988). *Biomecánica de los Ejercicios Físicos*. Moscú: Raduga.
- Dyson, G. (1982). *Mecánica del atletismo*. Buenos Aires: Stadium.

- Dyachtkov, M. (1968). The high jump, *Track Technique*, 34, 1058-1075.
- Farley, C. T. y González, O. (1996). Leg stiffness and human frequency in human running. *Journal of Biomechanics*, 29(2), 181-186.
- Gärderud, S., Sämdal, C. E., y Söderlind, I. (2007). Measuring the gender differences in athletics [www.evaa.ch/files/academy/gender_differences].
- Gazzani, F. (1993). Comparative assessment of two algorithms for calibrating stereophotogrammetric systems. *Journal of Biomechanics*, 26(12), 1449-1454.
- Goldstein, H. (1980). *Classical Mechanics*. Reading, Mass: Addison Wesley.
- Greig, M. P. y Yeadon, M. R. (2000). The influence of touchdown parameters on the performance of a high jumper. *Journal of Applied Biomechanics*, 16(4), 367-378.
- Grosser, M., Hermann, H., Tusker, F., y Zintl, F. (1991). *El movimiento deportivo*. Barcelona: Martínez Roca.
- Grosser, M. y Neumaier, A. (1986). *Entrenamiento de la técnica*. Barcelona: Martínez Roca.
- Gruen, A. (1997). Fundamentals of videogrammetry – A review. *Human Movement Science*, 16(2), 155-187.
- Gustafsson, A. y Lindenfors, P. (2004). Human size evolution: no allometric relationship between male and female stature. *Journal of Human Evolution*, 47(4), 253-266.

- Gutiérrez, M., y Soto, V. M. (1992). Análisis biomecánico del salto de altura en el estilo Fosbury- Flop (I). *Archivos de Medicina del Deporte*, 9(35), 253-263.
- Gutiérrez, M. y Soto, V. M. (1997). El análisis biomecánico como control de la técnica en los lanzamientos: su aplicación en el lanzamiento de martillo. *I Sesiones de estudio E.N.E.* (pp. 87-101). Centro de documentación de la escuela nacional de entrenadores. Real Federación Española de Atletismo.
- Hackett, B. (1989). Analysis of the high jump crossbar in failed attempts. *Track technique*, 107, 3049-3411.
- Hall, S. J. (2003). *Basic biomechanics*. Madrid: McGraw Hill.
- Hallert, B. (1970). *Photogrammetry*. Nueva York: McGraw Hill.
- Hamilton, N. y Luttgens, K. (2002). *Kinesiology, 10th ed.* Dubuque, IA: McGraw Hill-Hill Pub.
- Han, H. y Li, G. (2000). Kinematic analysis of the take-off in elite Chinese female high jumpers. *XVIII Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*. Hong Kong: China, pp. 954.
- Harman, E., Rosenstein, M., y Frykman, P. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(6), 825-833.
- Hay, J. G. (1975). Biomechanical Aspects of Jumping. *Exercise Sports Sciences Review*, 3(1), 135-161.
- Hay, J. G. (1977). Straddle or flop. *Track and Field Quarterly Review*, 77(3), 3-5.

- Hay, J. G. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hay, J. y Reid, J. G. (1988). *Anatomy, Mechanics, and Human Motion*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hazte, H. (1983). Computerized optimization of sports motions: An overview of possibilities, methods and recent developments. *Journal of Sports Science*, 1(1), 3-12.
- Hegedüs, J. (1979). *Técnicas Atléticoas*. Buenos Aires: Stadium.
- Hegedus, J. (1984). *La Ciencia del Entrenamiento Deportivo*. Buenos Aires: Stadium.
- Heinz, S. (1974). Curved run-up in straddle?. *Modern Athlete and Coach*, 12(4), 28-29.
- Helene, O. y Yamashita, M. T. (2005). A unified model for the long and high jump. *American Journal of Physiology*, 73(10), 906-908.
- Hinrichs, R. N. y McLean, S. P. (1995). NLT and extrapolated DLT: 3-D cinematography alternatives for enlarging the volume of calibration. *Journal of Biomechanics*, 28(10), 1219-1223.
- Hochmuth, G. (1973). *Biomecánica de los movimientos deportivos*. Madrid: INEF de Madrid.
- Hommel, H. (1993). NSA Photosequences 24 and 25—High Jump: Heike Henkel and Inga Babakova. *New Studies in Athletics*, 8(1), 61-75.
- Houvi6n, M., Prost, R., y Raffin-Peyloz, H. (1986). *Tratado de atletismo: Saltos*. Barcelona: Hispano Europea.

- Hubiche, J. L. y Pradet, M. (1999). *Comprender el atletismo*. Barcelona: Inde.
- Iiboshi, M. (1993). Techniques of elite high jumpers at the 3rd IAAF World Championships in athletics. *XIV Congress of the International Society of Biomechanics*. Paris, pp. 608-609.
- Inkina, I. (1985). The high jump: a review of scientific studies. *Soviet sports review*, 20(4), 182-186.
- Isolehto, J. y Komi, P. V. (2002). Ground reaction forces during the fosbury-flop. *Congreso de Ciencias del Deporte, Libro de abstract*.
- Isolehto, J., Virnavirta, M., Kyröläinen, H., y Komi, P. V. (2007). Biomechanical analysis of the high jump at the 2005 IAAF World championship in athletics. *New Studies in Athletics*, 22(2), 17-27.
- Isom, J. (1981). Flop. *Track and Field Quarterly Review*, 81(4), 27.
- Jacoby, E. (1986). High Jump - A Technique Evaluation. *Track Technique*, 97, 3089-3093.
- Jacoby, E. (1994). Flop high jump. *Track and Field Quarterly Review*, 94(4), 26.
- Jacoby, E. y Farley, B. (1995). *The Complete Book of Jumps*. Human Kinetics.
- Keller, J. (1980). Flop observations. *Modern Athlete and Coach*, 18(3), 9-11.
- Kennedy, P. W., Wright, D. L., y Smith, G. A. (1989). Comparison of film and video techniques for three-dimensional DLT reproductions. *International Journal of Sports Biomechanics*, 5(4), 4457-460.

- Kilani, H. y Adrian, M. (1985). Study of high jump kinematics using multiinstrument approach. III *Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*. Greeley: Colorado, USA, pp. 292-296.
- Killing, W. (1989). A new variant of the flop technique?. *Die Lehre der Leichtathletik*, 28(36), 1277-1280.
- Killing, W. (1996). Biomechanical analysis of the high jump. *Die Lehre der Leichtathletik*, 35(18), 47-50.
- Killing, W. (1997). An investigation of special jumping training in the high jump. *New Studies in Athletics*, 12(4), 53-64.
- Kingman, I., Toussaint, H. M., Commisaris, D., Hoozemans, M., y Ober, M. J. (1995). Optimizing the determination of the body center of mass. *Journal of biomechanics*, 28(9), 1137-1142.
- Knudson, D. y Morrison, C. (2002). *Qualitative analysis of human movement*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Komi, P. V. y Bosco, C. (1978). Utilization of stores elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 10(4), 261-265.
- Krazhev, V. D., Strizhak, A. P., Popov, G. I., y Bobronik, V. I. (1990). A biomechanical analysis of the technique of the world's top female high jumpers. *Soviet Sports Review*, 25(2), 64-65.
- Kreighbaum, E. y Brathels, K. M. (1988). *Biomechanics: a qualitative approach for studying human movement*. Minnesota: Burgess Publishing Company.

- Laffaye, G. (2001). Le saut en hauteur en Fosbury et les facteurs de performance. *Science et motricité*, 42, 3-15.
- Laffaye, G. (2010). Fosbury flop : predicting performance with a three-variable model. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(0), 3-15.
- Langlade, A. y Langlade, N. R. (1986). *Teoría general de la gimnasia*. Buenos Aires: Stadium.
- Lazarev, I. V., Mijailov, N. G., Yakunin, N. A., y De La Paz, L. (1984). Aspectos biomecánicos del salto de altura con carrera de impulso. *Boletín Científico Técnico. INDER*, 19(1-2), 39-49.
- Lees, A., Rojas, J., Ceperos, M., Soto, V., y Gutierrez, M. (2000). How the free limbs are used by elite high jumpers in generating vertical velocity. *Ergonomics*, 43(10), 1622-1636.
- Lehmann, G. (1975). *Fotogrametría*, Barcelona: Editores Técnicos asociados S.A.
- Liyang, J., Yang, H., y Xin, J. (1996). The composition of relationship between approach speed and centre gravity (CG) in the flop style. *XIV Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports*. Funchal: Madeira, Portugal, pp. 443-445.
- Locatelli, E. (1987). Technical and methodological considerations on the jumps. *New Studies in Athletics*, 2(2), 23-40.
- López, F. (1983). *Salto de altura*. Madrid: ENE y RFEA.
- López Chicharro, J. y Fernández Vaquero, A. (2006). *Fisiología del ejercicio*, 3ª edición. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

- López Cuervo, S. (1980). *Fotogrametría*. Madrid: Egraf S.A.
- Lucas, J. (1986). The run-up curve in the high jump. *Modern Athlete and Coach*, 24(2), 32-35.
- Lundin, P. y Berg, W. (1993). Approach development in the jumps. *New Studies in Athletics*, 8(1), 45-50.
- Luthanen, P. y Komi, P. (1978). Segmental contribution to forces in vertical jump. *European Journal of Applied Physiology*, 38(1), 181-188.
- Luttgens, K. y Wells, K. (1985). *Kinesiología: Bases científicas del movimiento humano*. Madrid: Pila Teleña.
- Malina, R. M. y Bouchard, C. (1991). *Growth, maturation, and physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Mateos, C. (2003). *Descripción y análisis de la carrera de impulso y de la batida en el salto de altura estilo Fosbury-flop. Estudio de una muestra de saltadores/as españoles/as de máximo nivel*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Marzan, G. T. y Karara, H. M. (1975). A computer program for direct linear transformation solution of the colinearity condition, and some application of it. *Symposium on Close Range Photogrammetric Systems*, American Society of Photogrammetry, pp. 420-476.

- McComas, A. J., Sica, R. E. P., y Petito, F. (1973). Muscle strength in boys of different ages. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 36(2), 171-173.
- McDonald, C. y Dapena, J. (1991). Linear kinematics of the men's 110-m and women's 100-m hurdles races. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(12), 1382-1391.
- McWatt, B. (1990). Predicting the high jumper who will succeed. *Modern Athlete and Coach*, 28(1), 3-7.
- Meinel, K. y Schnabel, G. (1988). *Teoría del movimiento*. Buenos Aires: Stadium.
- Mero, A., Jaakkola, L., y Komi, P. V. (1990). Serum hormones and physical performance capacity in young boy athletes along 1 year training period. *European Journal of Applied Physiology and occupational physiology*, 60(1), 32-37.
- Mihajlovic, I. y Solaja, M. (2005). Model characteristics of high jumpers competitive activities. *Faculty of Sport and Physical Education, University of Novi Sad, Serbia*, 5(1-2), 66-69.
- Miller, A. E., MacDougall, J. D., Tarnopolsky, M. A., y Sale, D. G. (1993). Gender differences in strength and muscle fiber characteristics. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 66(3), 254-62.
- Mironenko, I. (1995). La selección de atletas jóvenes con aptitudes para el atletismo. *Atletismo iniciación II* (pp. 11-20). Centro de documentación de la escuela nacional de entrenadores. Real Federación Española de Atletismo.

- Moravec, R. (1995). Parámetros para determinar el grado de éxito en saltadores de longitud, altura y triple. *Atletismo iniciación II* (pp. 55-60). Centro de documentación de la escuela nacional de entrenadores. Real Federación Española de Atletismo.
- Morrow, J. R., Jackson, A. W., Disch, J. G., y Mood, D. P. (1995). *Measurement and Evaluation in Human Performance*. Human Kinetics: Champaign.
- Müller, A. F. (1986). *Biomechanik des Hochsprungs*. Stuttgart: Verlag.
- Muraki, Y., Sakamoto, T., Saito, S., y Shibukawa, K. (1983). A 3- Dimensional cinematographical analysis of foot deformations during the take-off phase of the Fosbury - Flop. En: Matsui, H. y Bobayashi, K., *Biomechanics VIII-A & B*, proceedings of the VIII International Congress Biomechanical, Nagoya, Japón, Human Kinetics, pp. 762-770.
- Myers, B. (1988). Mechanics of the high jump. *Track and Field Quarterly Review*, 88(4), 17-22.
- Myers, B. (1989). Improving the penultimate step in the jumping events. *New Studies in Athletics*, 4(3), 73-77.
- Nelson, R. y Miller, D. (1988). *Biomechanics in Sports*. Philadelphia: Lea and Febinger.
- Nigg, B. M. y Waser, J. (1974). High jump film analysis at the FRG-USA-SUI meeting in Munich in 1973 with Dwight Stone's worldrecord jump. *Leistungssport*, 4(4), 259-267.

- Nolan, L. y Patrilli, B. L. (2008). The take-off phase in transtibial amputee high jump. *Prosthetic and Orthotics International*, 32(2), 160-171.
- Nordin, M. y Frankel, V. H. (2001). Basic biomechanics of the musculoskeletal system. *Journal of Biomechanics*, 35(6), 872.
- Oddsson, L. (1989). Motor patterns of a fast voluntary postural task in man: trunk extension in standing. *Acta physiologica Scandinavica*, 136(1), 47-58.
- Ozolín, N. (1973). The high jump take off mechanism. *Track Technique*, 52, 1668-1671.
- Ozolín, N. y Voronkin, V. I. (1979). *Atletismo*, FIS.
- Padial, P. (2001). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Granada: INEF.
- Palacios, M. (1979). *Deporte y Salud*. Gijón: Sella.
- Paolillo, B. (1989). Why use a curved approach to the flop high jumping style?. *Modern Athlete and Coach*, 27(1), 19-20.
- Papadopoulos, C., Glavroglou, A., Groulos, G., y Tsarouchas, L. (1995). A biomechanical analysis of the support phase during the preparation and take-off in long and high jumping. En: Bauer, T., XIII International symposium for biomechanics in sport: proceedings. Lakehead University, Thunder Bay, Ontario, Canada, pp. 375-379.
- Parnell, R. W. (1954). Somatotyping by physical antropometry, *American Journal of Physiology*, 12, 209-239.
- Patrick, S. (2001). High jump: technical aspects. *Track Coach*, 155, 4938-4940.

- Platonov, V. N. (1995): *El entrenamiento deportivo. Teoría y Metodología*. Barcelona: Paidotribo.
- Primakov, I. N., Lazarev, I. V., y Konestiapin, V. G. (1986). Salto de altura [Material didáctico para estudiantes y oyentes de la Facultad de Capacitación Profesional del Instituto Central de Educación Física Orden de Lenin, Moscú], traducción de D. Álvarez y M. Vélez, 1986.
- Proença, J. (1990). Una concepción metodológica en el entrenamiento de saltos: unidad – totalidad – libertad. *Seminario europeo de saltos* (pp. 45-54). Centro de documentación de la escuela nacional de entrenadores. Real Federación Española de Atletismo.
- Raffin-Peyloz, H. (1986). *Tratado de atletismo*. Barcelona: Hispano Europea.
- Reid, P. (1986). The high jump. *New Studies in Athletics*, 1(1), 47-53.
- Reid, P. (2009). High jump technique: the biomechanics of a high jumper's rotation on take-off and bar clearance. *Modern Athlete and Coach*, 47(4), 20-23.
- RFEA, (1993). *Reglamento oficial de la IAAF*. Madrid: Colegio Nacional de Jueces de la RFEA.
- Ritzdorf, W. (1986). High jump: results of a biomechanic study. Extract from the scientific report of the IAAF biomechanic research on the first World Junior Championships. *New Studies in Athletics*, 1(4), 33-51.
- Ritzdorf, W. (2009). Approaches to technique and technical training in the high jump. *New Studies in Athletics*, 24(3), 31-34.

- Ritzdorf, W., y Conrad, A. (1988). Biomechanical analysis of the high jump En: Brüggemann, P., y Susanka, P., IAAF, London. Informe científico sobre el 11 Campeonato del Mundo de Atletismo, celebrado en Roma, en 1987.
- Ritzdorf, W., Conrad, A., y Loch, M. (1989). Intra-individual comparison of the jumps of Stefka Kostadinova at the II World Championships in Athletics Rome 1987 and the Games of the XXIV Olympiad Seoul 1988. *New Studies in Athletics*, 4(4), 35-41.
- Rius, J. (1995). *Metodología del atletismo*. 3ª edición. Barcelona: Paidotribo.
- Rodríguez Facal, F. (1984). *Entrenamiento de la capacidad de salto*. Buenos Aires: Stadium.
- Rojas, F. J., Cepero, M., Soto, V. M., y Gutierrez-Dávila, M. (2002). Valoración biomecánica de la acción de los brazos y la pierna libre en saltadores de altura de élite. *Biomecánica*, 10(2), 94-98.
- Santos, J. (1979). The plant and takeoff in the Fosbury flop. *Track and Field Quarterly Review*, 79(1), 48-49.
- Schexnayder, I. (1994). Special considerations for the high jump approach. *Track Technique*, 126, 4029-4031.
- Schlek, A. (2002). A long jump with supramaximal and normal speed. *New Studies in Athletics*, 17(2), 37-43.
- Schubin, M. y Schustin, B. (1993). Approaching heights – some model parameters of the high jump. *Modern Athlete and Coach*, 31(2), 31-33.

- Schweigert, D. (1992). Dynamic high jumping. *Track and Field Quarterly Review*, 92(4), 39-42.
- Sears, F. y Zemansky, M. (1979). *Física general*. Madrid: Aguilar S.A.
- Slamka, M. y Moravec, R. (1999). Optimization of run-up speed in the women's high jump. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 40, 193-202.
- Soto, V. M. (1995). *Desarrollo de un sistema para el análisis biomecánico tridimensional del deporte y la representación gráfica realista del cuerpo humano*. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Granada.
- Soto, V. M. y Gutiérrez, M. (1996). Parámetros inerciales para el modelado biomecánico del cuerpo humano. *Revista Motricidad*, 2, 169-189.
- Spiegel, M. R. (1996). *Mecánica teórica*. Madrid: McGraw-Hill.
- Strizhak, A. (1988). Common faults in the high jump. *Modern Athlete and Coach*, 26(3), 35-37.
- Tan, J. C. y Yeadon, M. R. (2005). Why do high jumpers use a curved approach?. *Journal of Sports Sciences*, 23(8), 775-780.
- Tancic, D. (1978). Modern techniques of high jumping. *Die Lehre der Leichtathletik*, 29(23), 753; (24), 789; (25), 825-828; (26), 861-863; (27), 900.
- Tancic, D. (1988). Biomecánica de la técnica moderna de salto de altura, en: *Entrenamiento de alto nivel: saltos*. Madrid: RFEA.

- Tellez, K. (1993). Elements of the high jump. *Track Technique*, 125, 3987-3990.
- Tidow, G. (1993). Model technique analysis-part VIII: The flop high jump. *New Studies in Athletics*, 8(1), 31-44.
- Tomas, J. R. y Nelson, J. K. (2006). *Métodos de investigación en actividad física*. Barcelona: Paidotribo.
- Van Gheluwe, B., Roosen, P., y Desloovere, K. (2003). Rearfoot kinematics during initial takeoff of elite high jumpers: estimation of spatial position and orientation of subtalar axis. *Journal of Applied Biomechanics*, 19, 13-27.
- Van Gheluwe, B. y Van Doninck, W. (1979). Comparative cinematographic study of the flop and the straddle technique in high jump. En: Ayalon, A., *Biomechanics of sport games and sport activities*, Netanya, Israel: Wingate Institute for Physical Education and Sport, pp. 72-79.
- Vélez, M. (1992). Control de la planificación y desarrollo del rendimiento en el fosbury flop. *Apunts Educación Física*, 28, 7-16.
- Vélez, M. (1999). Planificación del entrenamiento de los jóvenes hacia el alto rendimiento. *Atletismo iniciación IV* (pp. 65-93). Centro de documentación de la escuela nacional de entrenadores. Real Federación Española de Atletismo.
- Viitasalo, J. T., Aura, O., y Luthanen, P. (1982). Biomechanical and anthropometric aspects of the high jump. *Leistungssport*, 12(2), 146-151.
- Viitasalo, J. T. y Bosco, C. (1982). Electromechanical behaviour of human muscles in vertical jumps. *European Journal of Applied Physiology*, 48(2), 253-261.

- Wakai, M. y Linthorne, N. P. (2005). Optimum take off angle in the standing long jump. *Human Movement Science*, 24, 81-96.
- Weineck, J. (1988). *Entrenamiento óptimo*. Barcelona: Editorial Hispanoeuropea.
- Wilke, K. y Madsen, O. (1990). *El entrenamiento del nadador juvenil*. Buenos Aires: Stadium.
- Williams, M. y Lissner, H. (1991). *Biomecánica del movimiento humano*. 2ª edición. México: Trillas.
- Wilmore, J. y Costill, D. (2000). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. 3ª edición. Barcelona: Paidotribo.
- Wilson, D. J., Smith, B. K., Gibson, J. K., Choe, B. K., Gaba, B. C., y Voelz, J. T. (1999). Accuracy of digitization using automated and manual methods. *American Physical Therapy Association*, 79(6), 558-566.
- Winter, D. A., Sidwall, H. G., y Hobson, D. A. (1974). Measurement and reduction of noise in kinematics of locomotion. *Journal of Biomechanics*, 7(2), 157 - 159.
- Wirhed, R. (1982). *Habilidad atlética y anatomía del movimiento*. Barcelona: Edika-Med.
- Wolf, P. R. (1983). *Elements of photogrammetry*. Nueva York: McGraw Hill.
- Wood, G. A. y Jennings, L. S. (1979). On the use of spline functions for data smoothing. *Journal of Biomechanics*, 12(6), 477-479.
- Wood, G. A. y Marshall, R. N. (1986). The accuracy of DLT extrapolation in three dimensional film analysis. *Journal of Biomechanics*, 19(9), 781-785.

- Xur, M. M., Ekimov, V. Y., y Pogdol, V. M. (1993). Modelo de cargas de entrenamiento, en relación a la edad y la cualificación. *Salto de altura* (pp. 15-20). Centro de documentación de la escuela nacional de entrenadores. Real Federación Española de Atletismo.
- Yeadon, M. R. y King, M. A. (2008). Computer simulation modeling in sport. En: Payton, C. J. y Barlett, R. M., *Biomechanical analysis of movement in sport and exercise*. London: Routledge, pp 176-205.
- Yeadon, M. R. y Morlock, M. (1989). The appropriate use of regression equations for the estimation of segmental inertia parameters. *Journal of Biomechanics*, 22(6-7), 683-689.
- Yu, B. y Andrews, J. G. (1998). The relation-ship between free limb motions and performance in the triple jump. *Journal of Applied Biomechanics*, 14(1), 223-227.
- Yu, T. J. y Hay, G. J. (1993). A Panning DLT Procedure for 3 Dimensional Videography. *Journal of Biomechanics*, 26(6), 741-751.
- Zanon, S. (1977). La lógica del fosbury-flop. *Atlética Leggera*, 206, 41- 50.
- Zatsiorsky, V. M. (1989). *Metodología deportiva*. Ciudad de la Habana: Pueblo y Educación.
- Zatsiorsky, V. M. y Seluyanov, V. (1985). Estimation of the mass and inertia characteristics of the human body by means of the best predictive regressions equations. *Biomechanics IX-B*, (editado por Winter, D. y cols.), Champaign, Illinois: Human Kinetics Publishers, pp. 233-239.

Zatsiorsky, V. M., Seluyanov, V. N., y Chugunova, L. G. (1990). Methods of determining mass-inertial characteristics of human body segments. En: Chernyi, G. G. y Regirer, S. A., *Contemporary Problems of Biomechanics*. USA: CRC Press, pp. 272-291.

Zhukov, I. y Yufrikov, V. (1985). Components of the Fosbury flop. *Soviet Sports Review*, 20(2), 73-74.



ANEXOS

ANEXO 1: Características de los estudios experimentales

Tabla 1.

Características de los estudios experimentales.

Autor/es	Año	Participantes	Sexo	Rendimiento
Conrad y Ritzdorf	1986	4	♂	2.19-2.25 m
		4	♀	1.86-1.92 m
Ritzdorf, Conrad y Loch	1989	1	♀	1.99-2.09 m
Bothmischel	1990	-	♂	Campeonato del Mundo
		-	♀	
Dapena, McDonald y Cappaert	1990	40	♂	2.16-2.38 m
		37	♀	1.77-2.05 m
Dapena y Bahamonde	1991	11	♂	2.20-2.33 m
Brüggeman y Loch	1992	8	♂	2.28-2.38 m
		8	♀	1.90-2.05 m
Challis y Yeadon	1992	3	♀	1.80-1.92 m
Gutiérrez y Soto	1992	6	♂	2.20-2.30 m
Dapena	1993	20	♂	-
		12	♀	-
Dapena, Angulo-Kinzler, Caubet, Turro, Balius, Kinzler, Escoda y Prat	1993	12	♂	2.24-2.36 m
		16	♀	1.81-2.04 m
Schubin y Schustin	1993	-	♂	2.28-2.37 m
Papadopoulos, Glavroglou, Groulos y Tsarouchas	1995	1	♂	2.36 m
Dapena	1996	-	♂	Campeonatos en USA

Tabla 2.
Características de los estudios experimentales (continuación).

Autor/es	Año	Participantes	Sexo	Rendimiento
Liyang, Yang y Xin	1996	2	♂	2.19-2.26 m
Dapena	1997a	8	♂	2.20 (y más)
		7	♀	1.90 (y más)
Greig y Yeadon	2000	1	♂	16 saltos (MMP 2.22 m)
Han y Li	2000	7	♂	1.87 ± 0.04 m
		9	♀	1.96 ± 0.03 m
Lees, Rojas, Ceperos, Soto y Gutiérrez	2000	6	♂	2.32-2.44 m
Rojas, Cepero, Soto y Gutiérrez-Dávila	2002	6	♂	2.20-2.33 m
Mateos	2003	10	♂	2.04-2.26 m
		7	♀	1.67-1.83 m
Vélez y Ruf	2004	6	♂	2.34 m (copa del mundo Barcelona 89)
Mihajlovic y Solaja	2005	13	♂	2.29-2.32 m
Blažević, Antekolović y Mejovšek	2006	1	♀	1.80-2.00 m
Isolehto, Virmavirta, Kyröläinen y Komi	2007	13	♂	2.20-2.32 m
Coh y Supej	2008	1	♂	2.00-2.25 m
Ae, Nagahara, Ohshima, Koyama, Takamoto, y Shibayama	2008	3	♂	2.35 m

ANEXO 2: Tipología de los saltadores de altura

Tabla 3.

Tipología de los saltadores de altura.

Aspecto clave	Saltador en velocidad	Saltador en potencia
Velocidad de acercamiento	7.7 a 8.4 m/s	7.09 a 8.0 m/s
Zancadas de carrera	8 a 9 zancadas	10 a 12 zancadas
Carrera de aproximación	Punta de los pies, hasta el último paso (planta)	Primera mitad sobre la punta y el resto de planta o incluso talón
Ángulo de ataque	Cerrado	Abierto
Última zancada	Pérdida de velocidad ligera. El CM avanzado y elevado	Pérdida de velocidad importante. El CM en la parte posterior
Situación con el listón	Lejos en el despegue	Más cerca
Tipo de recepción	Elevación de rodilla acentuada en penúltima zancada y zancada de puesta en posición	Pierna doblada en penúltima zancada y zancada de puesta en posición
Tiempo de despegue	13 a 18 centésimas	17 a 21 centésimas
Acción de brazos	Única y controlada en dos últimos apoyos y despegue	Doble movimiento, largo y sostenido. Activos en despegue
Acción de la pierna libre	Remonta automáticamente, cerca del cuerpo y rápidamente	Movimiento lento y consciente
Parábola de salto	Abierta (salto largo)	Cerrada (salto corto)
Movimientos segmentarios	Pocos de brazos y piernas	Activos
Mirada en el franqueo	Pocas "cabezas vueltas atrás". Se mira al listón desde lo alto (natural)	Más "cabezas vueltas atrás" (entrenable)
Caída	Lejos del punto de batida	Cerca del punto de batida
Puntos claves	Apoyo del cuerpo, ángulo de despegue, posición de cabeza, posición del brazo, de los componentes de dirección (encima de la cadera)	Posición del pie, pierna derecha de apoyo, esfuerzo de pierna libre en despegue, impulso exagerado de rodilla, componentes de propulsión (debajo de la cadera)
Tipología	Ectomorfa (peso ligero). Poco entrenamiento con pesas	Mesomorfa (peso más elevado). Mucho entrenamiento con pesas
Entrenamiento de velocidad	Mucho y le gusta	Poco y le gusta menos

ANEXO 3: Características de la muestra masculina

Tabla 4.

Características de la muestra masculina.

Atleta	Edad	Estatura (m)	MMP (m)	Resultado (m)
Cadete				
1	13	1.60	1.75	1.78
2	15	1.72	1.78	1.78
3	13	1.70	1.73	1.76
4	14	1.76	1.83	1.76
5	14	1.72	1.75	1.74
6	15	1.76	1.73	1.71
7	14	1.72	1.72	1.68
8	14	1.72	1.73	1.68
9	14	1.64	1.72	1.64
10	15	1.72	1.73	1.60
11	15	1.70	1.73	1.60
Total	14.18	1.70	1.74	1.70
Junior				
1	18	1.80	2.24	2.27
2	18	1.82	2.08	2.05
3	18	1.84	1.99	2.03
4	18	1.86	1.92	1.97
5	18	1.84	1.95	1.94
6	18	1.80	2.03	1.94
7	18	1.76	1.98	1.91
8	18	1.74	1.96	1.91
9	17	1.78	1.93	1.91
10	18	1.82	1.92	1.87
11	17	1.86	1.93	1.87
12	17	1.84	1.90	1.87
13	17	1.74	1.90	1.82
Total	17.69	1.80	1.97	1.95
Senior				
1	27	1.98	2.24	2.24
2	30	1.90	2.24	2.24
3	18	1.80	2.27	2.21
4	30	1.90	2.08	2.18
5	20	1.94	2.10	2.15
6	20	1.88	2.22	2.09
7	25	1.98	2.10	2.09
8	26	1.94	2.10	2.05
9	33	1.82	2.08	2.05
10	18	1.82	2.08	2.05
11	20	1.90	2.10	2.00
12	34	1.88	2.08	2.00
13	29	1.88	2.08	2.00
Total	25.38	1.89	2.13	2.10

ANEXO 4: Características de la muestra femenina

Tabla 5.

Características de la muestra femenina.

Atleta	Edad	Estatura (m)	MMP (m)	Resultado (m)
Cadete				
1	14	1.70	1.66	1.63
2	14	1.68	1.56	1.60
3	14	1.62	1.62	1.57
4	14	1.70	1.66	1.57
5	14	1.58	1.57	1.57
6	14	1.66	1.53	1.54
7	13	1.60	1.54	1.54
8	14	1.62	1.53	1.54
9	13	1.60	1.55	1.54
10	14	1.70	1.55	1.54
11	13	1.50	1.57	1.50
Total	13.72	1.63	1.57	1.55
Junior				
1	18	1.60	1.65	1.70
2	19	1.84	1.61	1.64
3	18	1.70	1.67	1.62
4	18	1.66	1.63	1.60
5	18	1.72	1.60	1.60
6	18	1.61	1.61	1.58
7	17	1.68	1.60	1.55
8	18	1.62	1.61	1.55
9	17	1.60	1.54	1.50
Total	17.88	1.67	1.61	1.59
Senior				
1	29	1.92	1.98	1.93
2	33	1.76	1.83	1.85
3	25	1.68	1.80	1.77
4	21	1.85	1.83	1.74
5	27	1.64	1.75	1.74
6	18	1.60	1.70	1.71
7	17	1.68	1.75	1.71
8	15	1.74	1.73	1.68
9	22	1.64	1.70	1.68
10	16	1.58	1.73	1.68
11	19	1.62	1.70	1.64
12	28	1.68	1.68	1.64
Total	22.50	1.69	1.76	1.73

ANEXO 5: Carácter, nombre, y abreviaturas utilizadas para las variables

Carácter y nombre de la variable	Abreviatura
1. VARIABLES RELATIVAS A DURACIONES:	
1.1. Duración del antepenúltimo apoyo	TCAPA
1.2. Duración de la penúltima fase aérea de carrera.....	TVPP
1.3. Duración del penúltimo apoyo.....	TCPA
1.4. Duración de la última fase aérea de carrera	TVUP
1.5. Duración de la batida	TB
2. VARIABLES RELATIVAS A DISTANCIAS:	
2.1. Longitud del penúltimo paso	LPP
2.2. Longitud del último paso	LUP
2.3. Distancia frontal de batida	DF
2.4. Distancia entre el CM y el apoyo en la batida	CM-AP
2.5. Recorrido vertical del CM durante la batida	ΔH
3. VARIABLES RELATIVAS A ALTURAS:	
3.1. Altura del listón	H
3.2. Altura del CM al inicio de la batida	H0
3.3. Altura del CM al final de la batida.....	H1
3.4. Altura de vuelo	H2
3.5. Eficacia de franqueo	H3
3.6. Máxima altura del CM.....	Hmax
3.7. Altura del CM sobre el listón.....	HCML
4. VARIABLES RELATIVAS A VELOCIDADES:	
4.1. Frecuencia del penúltimo paso.....	FPP
4.2. Frecuencia del último paso.....	FUP
4.3. Velocidad horizontal del CM en el penúltimo paso.....	VhPP
4.4. Velocidad horizontal del CM en el último paso	VhUP
4.5. Velocidad angular del brazo de la pierna libre al final de la batida.....	VBPL
4.6. Velocidad angular del brazo de la pierna de batida al final de la batida	VBPB
4.7. Velocidad angular de la pierna libre al final de la batida	VPL
4.8. Velocidad horizontal del CM al inicio de la batida	VhTD
4.9. Velocidad vertical del CM al inicio de la batida	VvTD
4.10. Velocidad horizontal del CM al final de la batida.....	VhTO
4.11. Velocidad vertical del CM al final de la batida.....	VvTO
4.12. Velocidad resultante de batida	VR
5. VARIABLES RELATIVAS A ÁNGULOS:	
5.1. Inclinación lateral en el antepenúltimo apoyo	ILCAPA
5.2. Inclinación lateral en el penúltimo apoyo.....	ILCPA
5.3. Ángulo del penúltimo paso.....	t2
5.4. Ángulo del último paso	t1
5.5. Orientación del apoyo en la batida	e1
5.6. Ángulo del CM en la fase aérea del penúltimo paso	P2
5.7. Ángulo del CM en la fase aérea del último paso	P1
5.8. Ángulo de entrada a la batida.....	P0
5.9. Ángulo de la rodilla al inicio de la batida.....	KTD
5.10. Ángulo de la rodilla en el sostén.....	KL
5.11. Ángulo de la rodilla al final de la batida.....	KTO
5.12. Ángulo del apoyo al inicio de la batida	ATD
5.13. Inclinación lateral al inicio de la batida.....	ILTD
5.14. Inclinación antero-posterior al inicio de la batida	IATD
5.15. Inclinación lateral al final de la batida.....	ILTO
5.16. Inclinación antero-posterior al final de la batida	IATO
5.17. Ángulo de proyección en la batida	α

ANEXO 7: Desarrollo de la competición en hombres de categoría cadete

Atleta	1.60	1.64	1.68	1.71	1.74	1.76	1.78	1.80
1	O	O	O	O	O	O	O	XXX
2	O	O	O	O	XO	XO	O	XXX
3	O	XO	O	XXO	O	O	XXX	
4	-	-	-	O	XO	XO	XXX	
5	O	O	O	XX-	O	XX-	X	
6	XXO	O	XO	O	XXX			
7	-	O	O	XXX				
8	O	XXO	XXO	XXX				
9	O	O	XXX					
10	O	-	XXX					
11	O							

ANEXO 10: Desarrollo de la competición en mujeres de categoría cadete

Atleta	1.45	1.50	1.54	1.57	1.60	1.63	1.65	1.67
1	O	O	XO	XO	O	O	-	XXX
2	O	O	O	XO	XO	XXX		
3	-	O	O	O	XXX			
4	-	O	XO	O	XXX			
5	O	O	XXO	O	XXX			
6	O	O	O	XXX				
7	O	XXO	O	XXX				
8	O	O	XO	XXX				
9	O	O	XXO	XXX				
10	O	XO	XXO	XXX				
11	XO	XO	XXX					

ANEXO 12: Desarrollo de la competición en mujeres de categoría senior

Atleta	1.64	1.68	1.71	1.74	1.77	1.80	1.83	1.85
	1.87	1.93	1.97					
1	- O	- XO	- XXX	-	-	-	O	-
2	- XXX	-	-	O	O	O	O	XXO
3	-	-	O	-	O	XX-	X	
4	-	XO	-	XO	X-	XX		
5	O	O	XXO	XO	XXX			
6	O	XXO	O	XXX				
7	O	O	XO	XXX				
8	XO	XO	XXX					
9	O	XXO	XXX					
10	O	XXO	XXX					
11	O	XXX						
12	O	XXX						

ANEXO 13: Rutinas del programa KINEMATIC DATA ANALIZER

ÁNGULOS

```

v1 = new Vector3(X[15][i] - X[14][i],
Y[15][i] - Y[14][i],
Z[15][i] - Z[14][i]);
v2 = new Vector3(X[13][i] - X[14][i],
Y[13][i] - Y[14][i],
Z[13][i] - Z[14][i]);
if (v1.Magnitude == 0.0 || v2.Magnitude == 0.0)
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 0][i] = 0.0;
else
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 0][i] = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI;

//ARodillaI*****
v1 = new Vector3(X[16][i] - X[18][i],
Y[16][i] - Y[18][i],
Z[16][i] - Z[18][i]);
v2 = new Vector3(X[19][i] - X[18][i],
Y[19][i] - Y[18][i],
Z[19][i] - Z[18][i]);
if (v1.Magnitude == 0.0 || v2.Magnitude == 0.0)
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 1][i] = 0.0;
else
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 1][i] = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI;

//LegAngleD(ApoyoPieD-PlanoV_CGHoriz)*****
v1 = new Vector3(CGX[i] - X[12][i],
CGY[i] - Y[12][i],
CGZ[i] - Z[12][i]);

v2 = new Vector3(V_CGX[i],
V_CGY[i],
0.0);
if (V_CGX[i] == 0.0 && V_CGY[i] == 0.0)
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 2][i] = 0.0;
else

```

```

    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 2][i] = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI
- 90; //-90º para que lo oriente respecto al plano vertical normal al vector
V_CGHoriz

```

```

//LegAngleI (ApoyoPieI-PlanoV_CGHoriz)*****

```

```

v1 = new Vector3(CGX[i] - X[20][i],
    CGY[i] - Y[20][i],
    CGZ[i] - Z[20][i]);

```

```

v2 = new Vector3(V_CGX[i],
    V_CGY[i],
    0.0);

```

```

if (V_CGX[i] == 0.0 && V_CGY[i] == 0.0)
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 3][i] = 0.0;

```

```

else
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 3][i] = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI
- 90; //-90º para que lo oriente respecto al plano vertical normal al vector
V_CGHoriz

```

```

//InclinacionLat-V_CGHoriz (positivo = inclinado hacia la derecha; negativo=
inclinado hacia la izquierda)*****

```

```

v1 = new Vector3(V_CGX[i],
    V_CGY[i],
    V_CGZ[i]);

```

```

v2 = new Vector3(v1.CrossProduct(Vector3.zAxis)); //vector horizontal normal a
la dirección de V_CGHoriz (hacia la derecha del saltador)

```

```

Vector3 v3 = new Vector3(X[7][i] - X[17][i], //vector del tronco entre centro
hombros y centro caderas

```

```

    Y[7][i] - Y[17][i],
    Z[7][i] - Z[17][i]);

```

```

if (V_CGX[i] == 0.0 && V_CGY[i] == 0.0)
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 4][i] = 0.0;

```

```

else
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 4][i] = 90 - Vector3.Angle(v2, v3) * 180 /
Math.PI;

```

```

//InclinacionFront-V_CGHoriz (positivo= inclinado hacia delante; negativo=
inclinado hacia atrás)*****

```

```

v1 = new Vector3(V_CGX[i], //Vector V_CGHoriz
V_CGY[i],
0.0);
v2 = new Vector3(X[7][i] - X[17][i], //vector tronco
Y[7][i] - Y[17][i],
Z[7][i] - Z[17][i]);

if (V_CGX[i] == 0.0 && V_CGY[i] == 0.0)
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 5][i] = 0.0;
else
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 5][i] = 90 - Vector3.Angle(v1, v2) * 180 /
Math.PI;

//AV_CG-PlanoHoriz (positivo=hacia arriba; negativo = hacia
abajo)*****
v1 = new Vector3(V_CGX[i],
V_CGY[i],
V_CGZ[i]);
if (V_CGX[i] == 0.0 && V_CGY[i] == 0.0)
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 6][i] = 0.0;
else
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 6][i] = 90 - Vector3.Angle(v1, Vector3.zAxis)
* 180 / Math.PI;

//AApoyoPieD- Orientación del vector Pie Derecho en el plano horizontal con el
eje X (lo calcula respecto al eje Y para restárselo a 90 y así tener positivo y
negativo*****
// positivo= la punta más próxima a la colchoneta que el talón ; negativo = la
punta del pie más alejada de la colchoneta que el talón.
v1 = new Vector3(X[11][i] - X[12][i],
Y[11][i] - Y[12][i],
0.0);
if (v1.Magnitude == 0.0)
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 7][i] = 0.0;
else
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 7][i] = Vector3.Angle(v1, Vector3.yAxis) *
180 / Math.PI - 90;

```

```

//AApoyoPieI- Orientación del vector Pie Derecho en el plano horizontal con el
eje X (lo calcula respecto al eje Y para restárselo a 90 y así tener positivo y
negativo*****
//      positivo= la punta más próxima a la colchoneta que el talón ; negativo = la
punta del pie más alejada de la colchoneta que el talón.
v1 = new Vector3(X[21][i] - X[20][i],
Y[21][i] - Y[20][i],
0.0);
if (v1.Magnitude == 0.0)
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 8][i] = 0.0;
else
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 8][i] = Vector3.Angle(v1, Vector3.yAxis) *
180 / Math.PI - 90;

//APiernaD-PlanoVerticalListón- El vector talón-CG proyectado sobre el plano YZ
respecto al eje Y. Se resta a 90 para tener + y -
//      positivo= CG más alejado el listón que el talón; negativo= CG más
próximo al listón que talón
v1 = new Vector3(0.0,
CGY[i] - Y[12][i],
CGZ[i] - Z[12][i]);
if (v1.Magnitude == 0.0)
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 9][i] = 0.0;
else
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 9][i] = 90 - Vector3.Angle(v1, Vector3.yAxis)
* 180 / Math.PI;

//APiernaI-PlanoVerticalListón
v1 = new Vector3(0.0,
CGY[i] - Y[20][i],
CGZ[i] - Z[20][i]);
if (v1.Magnitude == 0.0)
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 10][i] = 0.0;
else
    DatTratado[OFFSET_ANGULOS + 10][i] = 90 - Vector3.Angle(v1,
Vector3.yAxis) * 180 / Math.PI;

```

DISTANCIAS

```
DatTratado[OFFSET_DISTANCIAS + 0][i] = CGX[i];
DatTratado[OFFSET_DISTANCIAS + 1][i] = CGY[i];
DatTratado[OFFSET_DISTANCIAS + 2][i] = CGZ[i];
#endregion Distancias
```

VELOCIDADES LINEALES

```
//V_CGX*****
DatTratado[OFFSET_VELOCLINEAL + 0][i] = V_CGX[i];
//V_CGY*****
DatTratado[OFFSET_VELOCLINEAL + 1][i] = V_CGY[i];
//V_CGZ*****
DatTratado[OFFSET_VELOCLINEAL + 2][i] = V_CGZ[i];
//V_CGHoriz (Pitágoras de la V_CGX y V_CGY*****
DatTratado[OFFSET_VELOCLINEAL + 3][i] = Math.Sqrt(Math.Pow(V_CGX[i], 2)
+ Math.Pow(V_CGY[i], 2));
//V_CGReal (Pitágoras de la V_CGX, V_CGY y
V_CGZ*****
DatTratado[OFFSET_VELOCLINEAL + 4][i] = Math.Sqrt(Math.Pow(V_CGX[i], 2)
+ Math.Pow(V_CGY[i], 2) + Math.Pow(V_CGZ[i], 2));
#endregion Velocidades Lineales
```

VELOCIDADES ANGULARES

```
//VA_HombroD*****
if (i > 0 && i < DatLeido[0].Length - 1)
{
    double angPosterior, angAnterior;
    //primero calcula el ángulo entre brazo y tronco en el instante siguiente
    v1 = new Vector3(X[4][i + 1] - X[5][i + 1],
    Y[4][i + 1] - Y[5][i + 1],
    Z[4][i + 1] - Z[5][i + 1]);
    v2 = new Vector3(X[17][i + 1] - X[7][i + 1],
    Y[17][i + 1] - Y[7][i + 1],
    Z[17][i + 1] - Z[7][i + 1]);
    angPosterior = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI;
```



```

    ///después calcula el ángulo entre brazo y tronco en el instante anterior
    v1 = new Vector3(X[4][i - 1] - X[5][i - 1],
    Y[4][i - 1] - Y[5][i - 1],
    Z[4][i - 1] - Z[5][i - 1]);
    v2 = new Vector3(X[17][i - 1] - X[7][i - 1],
    Y[17][i - 1] - Y[7][i - 1],
    Z[17][i - 1] - Z[7][i - 1]);
    angAnterior = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI;

    DatTratado[OFFSET_VELOCANGULAR + 0][i] = (angPosterior - angAnterior) /
(IncrTpo * 2);
}
else
    DatTratado[OFFSET_VELOCANGULAR + 0][i] = 0.0;
//VA_HombroI*****
if (i > 0 && i < DatLeido[0].Length - 1)
{
    double angPosterior, angAnterior;
    ///primero calcula el ángulo entre brazo y tronco en el instante siguiente
    v1 = new Vector3(X[8][i + 1] - X[6][i + 1],
    Y[8][i + 1] - Y[6][i + 1],
    Z[8][i + 1] - Z[6][i + 1]);
    v2 = new Vector3(X[17][i + 1] - X[7][i + 1],
    Y[17][i + 1] - Y[7][i + 1],
    Z[17][i + 1] - Z[7][i + 1]);
    angPosterior = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI;

    ///después calcula el ángulo entre brazo y tronco en el instante anterior
    v1 = new Vector3(X[8][i - 1] - X[6][i - 1],
    Y[8][i - 1] - Y[6][i - 1],
    Z[8][i - 1] - Z[6][i - 1]);
    v2 = new Vector3(X[17][i - 1] - X[7][i - 1],
    Y[17][i - 1] - Y[7][i - 1],
    Z[17][i - 1] - Z[7][i - 1]);
    angAnterior = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI;

    DatTratado[OFFSET_VELOCANGULAR + 1][i] = (angPosterior - angAnterior) /
(IncrTpo * 2);
}

```

```

else
    DatTratado[OFFSET_VELOCANGULAR + 1][i] = 0.0;
//VA_CaderaD*****
if (i > 0 && i < DatLeido[0].Length - 1)
{
    double angPosterior, angAnterior;
    //primero calcula el ángulo entre muslo y tronco en el instante siguiente
    v1 = new Vector3(X[14][i + 1] - X[15][i + 1],
        Y[14][i + 1] - Y[15][i + 1],
        Z[14][i + 1] - Z[15][i + 1]);
    v2 = new Vector3(X[17][i + 1] - X[7][i + 1],
        Y[17][i + 1] - Y[7][i + 1],
        Z[17][i + 1] - Z[7][i + 1]);
    angPosterior = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI;

    ///después calcula el ángulo entre muslo y tronco en el instante anterior
    v1 = new Vector3(X[14][i - 1] - X[15][i - 1],
        Y[14][i - 1] - Y[15][i - 1],
        Z[14][i - 1] - Z[15][i - 1]);
    v2 = new Vector3(X[17][i - 1] - X[7][i - 1],
        Y[17][i - 1] - Y[7][i - 1],
        Z[17][i - 1] - Z[7][i - 1]);
    angAnterior = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI;

    DatTratado[OFFSET_VELOCANGULAR + 2][i] = (angPosterior - angAnterior) /
(IncrTpo * 2);
}
else
    DatTratado[OFFSET_VELOCANGULAR + 2][i] = 0.0;
//VA_CaderaI*****
if (i > 0 && i < DatLeido[0].Length - 1)
{
    double angPosterior, angAnterior;
    //primero calcula el ángulo entre muslo y tronco en el instante siguiente
    v1 = new Vector3(X[18][i + 1] - X[16][i + 1],
        Y[18][i + 1] - Y[16][i + 1],
        Z[18][i + 1] - Z[16][i + 1]);
    v2 = new Vector3(X[17][i + 1] - X[7][i + 1],
        Y[17][i + 1] - Y[7][i + 1],

```

```
Z[17][i + 1] - Z[7][i + 1]);
angPosterior = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI;

///después calcula el ángulo entre muslo y tronco en el instante anterior
v1 = new Vector3(X[18][i - 1] - X[16][i - 1],
Y[18][i - 1] - Y[16][i - 1],
Z[18][i - 1] - Z[16][i - 1]);
v2 = new Vector3(X[17][i - 1] - X[7][i - 1],
Y[17][i - 1] - Y[7][i - 1],
Z[17][i - 1] - Z[7][i - 1]);
angAnterior = Vector3.Angle(v1, v2) * 180 / Math.PI;

DatTratado[OFFSET_VELOCANGULAR + 3][i] = (angPosterior - angAnterior) /
(IncrTpo * 2);
}
else
DatTratado[OFFSET_VELOCANGULAR + 3][i] = 0.0;
```