

VNIVERSITAT Đ VALÈNCIA

VNIVERSITAT Đ VALÈNCIA

Facultat de Ciències de la Activitat Física i l'Esport



TESIS DOCTORAL

Programa de Doctorado en Actividad Física y Deporte (3161)

Departamento de Educación Física y Deportiva

**“ESPECIFICIDAD, INTEGRACIÓN E INCIDENCIA DE LA
TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE LA RAA EN EL FÚTBOL”**

Presentada por:
GIANLUCA DONFRANCESCO

Dirigida por:
DRA. D^A. CRISTINA BLASCO LAFARGA

Valencia, junio de 2019

Esta tesis ha sido depositada en el Departamento de Educación Física y Deportiva de la Universidad de Valencia, por D. Gianluca Donfrancesco, con PASAPORTE: YA 6315332; NIE Y5444490-J

Valencia, 23 de Junio de 2019

La Doctora D^a Cristina Blasco Lafarga, en calidad de directora de la tesis doctoral presentada por D. Gianluca Donfrancesco,

“ESPECIFICIDAD, INTEGRACIÓN E INCIDENCIA DE LA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE LA RAA EN EL FÚTBOL”.

por la presente emite su opinión favorable para el depósito e inicio de la tramitación y posterior defensa de la citada Tesis Doctoral.

Datos del doctorando:

D. Gianluca Donfrancesco

PASAPORTE YA 6315332; NIE Y5444490-J

Laureato in Scienze motorie e sportive; Specializzato in Scienze e tecnica dello sport

Tesis depositada en la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

(Departamento de Educación Física y Deportiva)

Valencia, 23 de junio de 2019



Fdo.: Cristina Blasco Lafarga

Nota 1:

En esta tesis doctoral los números enteros son separados por los decimales mediante el empleo del signo punto para su posterior publicación en revistas científicas de alcance internacional.

Nota 2:

Asimismo, la mayoría de las abreviaturas están citadas según la nomenclatura internacional (lengua inglesa).

Nota 3:

De igual modo, se utiliza el género masculino solamente por una cuestión de claridad y de fluidez en la redacción, además de haber relazado el proyecto con futbolistas de sexo masculino. En ningún caso implica estereotipias relativas al género ni exclusión de la mujer.

*A tutti coloro che hanno avuto la pazienza
di sopportarmi in questo periodo.*

*"L'allenamento è un'arte che si basa sulla scienza ...
ed un allenamento senza valutazione è un itinerario senza meta."
(Carmelo Bosco)*

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que han contribuido a la realización de este trabajo:

En primer lugar, a mi directora de tesis la Dr.a Cristina Blasco Lafarga, porque si no fuera por tí no habría empezado todo este maravilloso camino. Me recibiste con cariño y bondad cuando iba perdido y no sabía donde me metía. Nunca olvidaré el trato tan atento y correcto que siempre me has dado, tu paciencia, disponibilidad y consejos a la hora de desarrollar el proyecto. Gracias por la oportunidad proporcionada y por animarme a seguir sobretodo en los períodos más duros, cuando las circunstancias fueron adversas. Sin tu ayuda, este estudio nunca habría salido adelante.

Por supuesto a todo el grupo de Uirifde, y en especial a Pablo, Ana y Ainoa, por apoyarme incondicionadamente, por trasmitirme optimismo, por haberme ayudado durante la intervención práctica y a lo largo de todo el proceso.

¡Gracias chicos, un verdadero placer trabajar con vosotros!

A Toni Montoya, por tus aportaciones durante la primera parte que se llevó a cabo este proyecto, por todo ese tiempo empleado en buscar soluciones en los momentos críticos.

A Irene, por su ayuda silenciosa y por animarme a continuar en los momentos más difíciles.

Muchísimas gracias a todos los futbolistas y estudiantes de la Facultad de Actividad Física y del Deporte que participaron en el estudio, a Miguel Vilagrasa- director de la Academia del Valencia- por habernos dejado intervenir con futbolistas profesionales. A Raúl Folgado- compañero y técnico de fútbol- por permitirme trabajar con sus jugadores para que el estudio de fiabilidad pudiera realizarse en las mejores condiciones.

PUBLICACIONES Y DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS

Blasco-Lafarga C., **Donfrancesco, G.**, Montoya-Vieco, A., Cordellat, A., Roldán, A., & Sanchis-Sanchis, R. (2017). *Explosive technical actions increase fatigue index in the RSA Uirfide Soccer Test*. Paper presented at the 22nd Annual Congress of the European College of Sport Science (ECSS), Ruhr.

Donfrancesco, G., Blasco-Lafarga, C., Folgado, R., Monteagudo, P., Cordellat, A., Roldán, A., y Montoya-Vieco A. (2019). *Fiabilidad del test de aceleraciones repetidas Ust*. Poster presented at the First International Congress of Physical Activity and Sport Sciences, Universidad Católica Valencia.

Blasco-Lafarga, C., **Donfrancesco, G.**, Folgado, R., Monteagudo, P., Cordellat, A., Roldán A. y Montoya-Vieco A. (2019). *Diferencias en la capacidad de repetir aceleraciones específicas entre futbolistas profesionales y estudiantes talentosos*. Paper presented at the First International Congress of Physical Activity and Sport Sciences, Universidad Católica Valencia.

Publicaciones en revistas internacionales.

Blasco-Lafarga, C., **Donfrancesco, G.**, Montoya, Vieco A., Cordellat, A., Monteagudo, P., Roldan A., & Nakamura F. (2019). *Quantifying performance impairment, specificity and fatigue in Young soccer professionals: Uirfide soccer test vs Bangsbo test*. *Gazzetta Medica Italiana*. Artículo aceptado para publicar.

ÍNDICE

ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xvii

INDÍCE GENERAL

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	3
1.1.1. Demandas fisiológicas	5
1.1.2. Demandas físicas.....	7
1.1.3. Clasificación de la distancia recorrida a alta intensidad y de las acciones de sprints	9
1.1.4. Distancia recorrida a alta intensidad	10
1.1.5. Distancia recorrida a velocidad de sprint.....	11
1.2. LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS	13
1.2.1. Características de las pruebas de RSA.....	14
1.2.2. Test validos y fiables en la evaluación de la RSA.....	16
1.3. DESDE LA RSA HASTA LA CAPACIDAD DE REPETIR ACELERACIONES	19
1.3.1. La capacidad de aceleración.....	19
1.3.2. Clasificación de las aceleraciones.....	21
1.3.3. La capacidad de repetir aceleraciones.....	21
1.3.4. Diferencias en las aceleraciones entre la primera y segunda parte del partido.....	24
1.3.5. Evaluación de la capacidad de aceleraciones.....	25
1.4. LA FATIGA.....	29
1.4.1. La fatiga en el fútbol.....	30
1.4.1.1. Reducción del rendimiento asociado a la fatiga.....	35
1.4.2. Factores limitantes en pruebas de múltiples sprints.....	37
1.4.2.1. Cuantificar la fatiga durante la ejecución de sprints múltiples y variables utilizadas para determinar el rendimiento en pruebas de sprints repetidos	38
1.4.2.2. Fiabilidad de los indicadores de fatiga.....	39
1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	42
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA	45
2.1. OBJETIVOS	46
2.1.1. Objetivos generales de la investigación.....	47
2.2. HIPÓTESIS.....	48
2.3. DISEÑO Y SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
2.3.1. Criterios de selección y exclusión de la muestra	50
2.3.2. Consideraciones éticas.....	52
2.4. DISEÑO Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
2.4.1. Diseño del procedimiento experimental.....	54

2.4.2. Variables estudiadas e instrumentos de evaluación.....	55
2.4.2.1. Control de las variables extrañas.....	56
2.5 INSTRUMENTOS Y PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN.....	58
2.5.1. Test UST.....	58
2.5.1.1 Explicación del test UST (Sección A+ Sección B + Sección C).....	59
2.5.1.2. Observaciones metodológicas sobre el test UST.....	61
2.5.2. Test de Bangsbo.....	62
2.5.2.1. Medidas del test.....	62
2.5.3. Instrumentación empleada.....	63
2.5.3.1. Estatura y composición corporal.....	63
2.5.3.2. Registro de los tiempos.....	63
2.5.3.3. Test de Saltos.....	65
2.5.3.4. Registro de la Frecuencia Cardíaca y Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca.....	66
2.5.3.5. Medición del Lactato en la sangre.....	66
2.5.3.6. Percepción subjetiva del esfuerzo.....	66
2.5.3.7. Balón.....	67
2.6. PROCEDIMIENTO.....	68
2.6.1. Protocolo experimental.....	68
2.6.2. Temporización del estudio.....	71
2.6.2.1. Registro de los datos.....	71
2.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO.....	73
2.7.1. Técnicas de Análisis Estadístico Estudio 1.....	73
2.7.2. Técnicas de Análisis Estadístico Estudio 2.....	74
2.7.3. Técnicas de Análisis Estadístico Estudio 3.....	75
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	77
3.1. ESTUDIO 1.....	79
3.1.1. Características físicas de los sujetos de la investigación.....	79
3.1.2. Resultados de la velocidad y del tiempo en el test UST.....	79
3.1.3. Resultados fiabilidad relativa.....	82
3.1.4. Resultados de fiabilidad absoluta y utilidad del test.....	85
3.1.5. Resultados de las variables fisiológicas.....	85
3.1.6. Discusión estudio 1.....	86
3.2. ESTUDIO 2.....	93
3.2.1. Caracterización de la muestra.....	93
3.2.2. Comparación de medias en función del nivel de rendimiento.....	93
3.2.3. Comparación de medias por tiempos por ronda en función del nivel de rendimiento.....	95
3.2.4. Descriptivos.....	96
3.2.5. Diferencias en el tiempo en las dos agrupaciones por cada ronda y sección del test.....	97

3.2.6. Parámetros de control de la carga de entrenamiento.....	101
3.2.7. Discusión estudio 2.	101
3.3. ESTUDIO 3.....	110
3.3.1. Caracterización de la muestra.	110
3.3.2. Comparaciones de medias en función del test analizado.	110
3.3.3. Asociación entre la velocidad media obtenida en el test UST SEC-A y el test de Bangsbo.	112
3.3.4. Valores individuales en el test UST SEC-A y en el test de Bangsbo.....	113
3.3.5. Cuantificación de la fatiga.	114
3.3.6. Asociación entre los indicadores de fatiga DEC VS FI3.	115
3.3.7. Asociación entre la velocidad máxima y los indicadores de fatiga FI1-DEC y FI3.	116
3.3.8. Variables fisiológicas en UST test y en Bangsbo test.....	117
3.3.9. Discusión estudio 3.	118
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES.....	125
4.1. CONCLUSIONES PROPIAMENTE	127
4.1.1. Conclusiones en función de los objetivos.	127
4.1.2. Conclusiones en función de las hipótesis.....	128
4.2. LIMITACIONES.....	130
4.3. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	131
CAPÍTULO 5. BIBLIOGRAFÍA.....	133
CAPÍTULO 6. ANEXOS	153
ANEXO 1. HOJA DE INFORMACIÓN AL DEPORTISTA.....	155
ANEXO 2. HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO	159
ANEXO 3. MAPA TEST	163
ANEXO 4. SEÑAL ACUSTICA TEST	167
ANEXO 5. ESCALA DEL ESFUERZO PERCIBIDO (BORG 1-10).....	171
ANEXO 6. CALENTAMIENTO.....	175
ANEXO 7. ZONAS DE EVALUACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS TAREAS	179

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

1. B/min = Latidos por minuto, del inglés beats per minute
2. BAT = Test de Bangsbo
3. BLA = Lactato, del inglés blood lactate
4. BLApost = Lactato post -test
5. BLApre = Lactato pre-test
6. BT= Mejor tiempo, del inglés Best time
7. C&P = Conducción y pase de balón
8. Ca^{2+} = Calcio
9. CM = Diferencia en la media
10. CMJ = Salto con contramovimiento
11. COD = Cambios de dirección, del inglés Change of Direction
12. CV = Coeficiente de variación
13. d = d de Cohen
14. DEC = Índice de Decremento
15. ES = Tamaño del efecto.
16. FCAFE = Facultad de Ciencias de la Actividad física y el Deporte de la Universidad de Valencia.
17. FI1 = Índice de Decremento
18. FI2 = Índice de Fatiga, Change
19. FI3 = Índice de Fatiga, Pyne
20. FIFA= Federación Internacional de Asociación de Fútbol
21. FMax = Fuerza máxima
22. G1= Grupo futbolistas Torrent FC, categoría juvenil B
23. G2 = Grupo futbolistas profesionales FC Valencia Mestalla, categoría Segunda B.
24. G3 = Grupo estudiantes Facultad de Ciencias del Deporte Valencia
25. H+ = Hidrogeniones H
26. HR = Frecuencia cardiaca, del inglés Heart Rate
27. HRMax = Frecuencia cardiaca máxima
28. HRpost = Frecuencia cardiaca final del Test
29. HRpre = Frecuencia cardiaca pre-test realizada después del calentamiento
30. HRV = Variabilidad de la frecuencia cardíaca, del inglés Heart rate variability
31. IC = Intervalo de Confianza
32. ICC = Correlación intraclase
33. K+ = Potasio
34. PCr = Fosfocreatina
35. r = Coeficiente de Pearson.
36. R^2 = Coeficiente de determinación.
37. RAA = Capacidad de repetir aceleraciones, del inglés Repeated Acceleration Ability
38. RHAA = Capacidad de repetir altas aceleraciones, del inglés Repeated High Acceleration Ability

39. RPE (0-10) = Esfuerzo Percibido, del inglés Rate of Perceived Exertion
40. RSA = Capacidad de repetir sprints, del inglés Repeated Sprint Ability
41. S = Sujeto
42. SaO_{2B} = Saturación arterial basal oxígeno
43. SaO_{2post} = Saturación arterial oxígeno post test a los tres minutos
44. SD = Desviación estándar
45. SEC = Sección
46. SEm = Error Standar de la media, del inglés Standard error of the mean
47. SWC = Smallest worthwhile change
48. T1 = Test día 1
49. T2 = Retest día 2.
50. TA = Tensión arterial
51. TEM = Error típico de la medida, del inglés Typical Error of Measurement
52. TEM AS%CV = Error típico de la medida como porcentaje del coeficiente de variación
53. TEM RAW = Error típico de la medida expresado como valor absoluto
54. TR = Tiempo ronda
55. TT = Tiempo total
56. TTL = Promedio del tiempo total de cada ronda
57. UST = Uirfide Soccer Test
58. V = Velocidad media
59. VB = Velocidad mejor, del inglés Best velocity
60. VMax = Velocidad máxima, del inglés Maximum velocity
61. VO₂Max = Máximo Consumo de oxígeno
62. WT = Peor Tiempo, del inglés Worst time

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Material empleado para la realización del test UST y del test de Bangsbo	67
Tabla 2.2. Desarrollo de la investigación	71
Tabla 3.1. Características físicas de la agrupación G1	79
Tabla 3.2. Valores medios de las variables velocidad (V), mejor velocidad (VB) durante las dos ocasiones de evaluación T1-T2, considerando cada una de las tres secciones A+B; A; B.....	80
Tabla 3.3 Valores expresados en función del tiempo en SEC A+B; SEC-A; SEC-B.....	81
Tabla 3.4. Fiabilidad relativa analizada con el Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC) para las variables tiempo total de cada ronda (TTL) y mejor tiempo (BT) en T1-T2 considerando las tres secciones A+B; A; B.....	82
Tabla 3.5. Fiabilidad absoluta y utilidad del Test UST para las variables tiempo Total (TT), mejor tiempo (BT) y tiempo medio (MT) en la sección A+B durante las dos ocasiones T1-T2.....	85
Tabla 3.6. Parámetros de control de la carga pre y post test durante las dos ocasiones T1-T2	86
Tabla 3.7. Caracterización de la muestra: Análisis comparativo.....	93
Tabla 3.8. Comparación de medias para las variables tiempo total (TT), mejor tiempo (BT), tiempo medio (MT) e índice de decremento (DEC) durante el Test UST para el G2 y G3 en las tres secciones A+B; A; B	95
Tabla 3.9. Descriptivos de los tiempos de cada ronda para G2 y G3 en las tres secciones del Test UST A+B; A; B	96
Tabla 3.10. Descriptivos para las variables fisiológicas.....	101
Tabla 3.11. Comparación de medias entre el Test UST y el Test de Bangsbo.....	111
Tabla 3.12. Indicadores del rendimiento individual en el Test UST SEC-A $n=10$	113
Tabla 3.13. Indicadores del rendimiento individual en el Test de Bangsbo $n=10$	114
Tabla 3.14. Parámetros de control de la carga de entrenamiento en los dos protocolos	118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Análisis de posesión de balón de acuerdo con la posición táctica	9
Figura 1.2. Resumen de los factores a los que debe dirigirse el entrenamiento para la mejora de la RSA.	14
Figura 1.3. Análisis de los sprints repetidos en diferentes deportes de equipo	22
Figura 1.4. Test de agilidad/aceleración con sprint de 5 metros y cambios de dirección.	26
Figura 1.5. Versión modificada del Agility T-Test.	27
Figura 1.6. Explicación de los factores relacionados con la fatiga.....	29
Figura 1.7. Representación de las diferencias entre el trabajo realizado a alta intensidad durante los 5 minutos más intensos, los 5 minutos siguientes que preceden el pico y el valor medio.	31
Figura 2.1. Diagrama de flujo: Representación de la muestra que participó a la investigación.....	52
Figura 2.2. Estudio 1: Diseño del procedimiento experimental	54
Figura 2.3. Estudio 2: Diseño del procedimiento experimental	54
Figura 2.4. Estudio 3: Diseño del procedimiento experimental	55
Figura 2.5. Representación gráfica del test UST.....	59
Figura 2.6. Esquema del Test UST	60
Figura 2.7. Representación gráfica Test de Bangsbo	62
Figura 2.8. Microcontrolador Chronopic Cronojump Bosco System.....	64
Figura 2.9. Plataforma de saltos Cronojump Bosco System para la evaluación de la fuerza explosiva ...	65

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 3.1. Coeficiente de correlación de Pearson para la variable Tiempo Total (TT) en la Sec A+B T1-T2.....	83
Gráfica 3.2. Límites de acuerdo del 95% de Bland Altman entre T1-T2 para la variable tiempo total (TT)	84
Gráfica 3.3. Límites de acuerdo al 95% de Bland Altman entre T1-T2 para la variable tiempo medio (MT)	84
Gráfica 3.4. Diferencias intragrupo e intergrupo por niveles de rendimiento en la SEC-A+B del Test UST	97
Gráfica 3.5. Diferencias intragrupo e intergrupo por niveles de rendimiento en la SEC-A del Test UST	99
Gráfica 3.6. Diferencias intragrupo e intergrupo por niveles de rendimiento en la SEC-B del Test UST	100
Gráfica 3.7. Diagrama de dispersión y regresión lineal para la velocidad media en el Test UST SEC-A vs el Test de Bangsbo.....	112
Gráfica 3.8. Indicadores de fatiga para el Test UST y el Test de Bangsbo.....	115
Gráfica 3.9. Diagrama de dispersión y regresión lineal para los indicadores de fatiga DEC vs FI3	116
Gráfica 3.10. Diagrama de dispersión y regresión lineal entre la velocidad maxima y los indicadores de fatiga DEC y FI3 en el Test de Bangsbo y en el Test UST.....	117

RESUMEN

Las habilidades para repetir aceleraciones máximas y submáximas (RAA) son consideradas de gran importancia en el rendimiento de los futbolistas. Tras analizar las demandas físicas propias del fútbol, el principal objetivo de esta tesis fue diseñar un test de RAA que permita integrar la evaluación conjunta de las diferentes manifestaciones condicionales que son específicas para los futbolistas. El test UST, consta de tres secciones: SEC-A condicional (30m:10m Sprint lineal + 2x10m ida y vuelta /5s), SEC-B técnica con conducción y pase de balón [40m (2x10m-COD-derecha+ 2x10m-COD-izquierda/5s)], SEC-C valoración de la fuerza explosiva [1-CMJ]. Con el fin de determinar la reproducibilidad del test UST, en el *Estudio 1*, 12 jugadores de fútbol Torrent (G1;17±0.78), categoría juvenil participaron en un Test-retest. El grado de fiabilidad relativa fue casi perfecto para el tiempo total de cada ronda (TTL) SEC_{A+B} (ICC 0.97; IC [0.90-0.99]), SEC-A (ICC 0.91; IC [0.80-0.97]) y SEC-B (ICC 0.95; IC [0.90-0.98]). Los valores de TEM%CV obtenidos para el tiempo total, mejor y peor tiempo (TT, BT, MT) fueron inferiores al 2%, por tanto, la fiabilidad absoluta fue satisfactoria.

En el estudio 2, con la finalidad de analizar si la RAA específica es un factor discriminante en función del nivel de rendimiento deportivo se evaluaron 10 futbolistas profesionales del Valencia F.C (G2;17.6±1.17 años) y 13 estudiantes talentosos (G3; 21.92±2.72 años) Se encontraron diferencias significativas en UST_{A+B} entre G2 y G3 en TT (93.82±6.20vs98.53±4.22s; p=0.002; BT (14.71±0.6vs15.49±0.75s; p=0.001); y MT (15.64±1.03vs16.42± 0.7s; p=0.005). En la sección UST-B, G2 también logró tiempos significativamente menores en TT (56.41±3.77vs60.39±2.96s; p=0.002), BT (8.93±0.45vs9.52±0.59s; p=0.0010) y MT (9.4±0.63vs10.06±0.49s; p=0.002). No se encontraron diferencias en las respuestas fisiológicas al final de la prueba. Finalmente, 10 jugadores profesionales del Valencia F.C. (17.6±1.17 años) realizaron el test de Bangsbo (BAT: 7x34.2m / 25s), y una semana después, el test UST para comparar la pérdida de rendimiento entre ellos. Se registraron velocidades más altas en BAT y una mayor pérdida de rendimiento en UST-A[TT_{BAT}:41.41±0.99s;TT_{UST-A} (37.41±3.09s) + TT_{UST-B} (56.41±3.77s); CI95%: [20.49-21.18] vs [16.52-18.48] km/h, DEC% [2.41-4.62] vs [5.59-12.91], FI2% [1.49-5.57] vs [4.74-24.64], y FI3% [4.18-7.66] vs [8.54-21.03]. HR final fue mayor para UST, a pesar de las similitudes en lactato y RPE. Los indicadores de fatiga DEC y FI3 mostraron una alta correlación (BAT:r=0.867, p=0.001; UST-A: r=0.830, p=0.003);(*Estudio3*). Nuestros resultados muestran que el test UST es

reproducibile y capaz de discriminar entre futbolistas y amateurs en el global y en la sección técnica. Además, los jóvenes profesionales lograron rendir al máximo en la prueba RAA compleja UST, más cercana a la especificidad del juego que el Bangsbo test.

CAPÍTULO 1.
INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El fútbol se ha convertido en uno de los deportes más populares de nuestra sociedad (Tiesler y Coelho, 2007). Según la Federación Internacional de Asociación de Fútbol (FIFA) en un estudio llevado a cabo en el 2007, aproximadamente 265 millones de personas juegan al fútbol de una manera organizada en todo el mundo (FIFA) y cuenta con más de 4.000 millones de seguidores.

Más allá del ámbito estrictamente deportivo, los datos financieros nos relevan que el fútbol representa la 17 economía más importante del mundo con unas ventas de 377 mil millones de euros (Navarro-García, Reyes-García, y Acedo-González, 2014). Así mismo, según el análisis efectuado por la FIFA en 2014 el Mundial de Brasil recibió una afluencia de casi 3.5 millones de espectadores en los 64 encuentros disputados, acreditó a más de 16 mil trabajadores de medios de comunicación, y hasta 214 países recibieron la señal de televisión del evento. Tras estas observaciones probablemente la popularidad que se ha ganado el fútbol en todo el mundo a lo largo de los años se basa en el hecho de que el juego es fácil de seguir y las reglas son sencillas.

Así, uno de los aspectos más emocionantes de los partidos es marcar gol, además de uno de los objetivos. Este factor junto a las estrategias adoptadas por parte de un equipo para superar al rival y tratar de evitar que metan goles, refuerzan su espectacularidad (Njororai, 2010; Njororai, 2014). Detrás de esta aparente sencillez se esconde un juego complejo donde la imprevisibilidad y la aleatoriedad propios del fútbol hacen de este deporte una estructura multifactorial de gran complejidad (Carvalho, 2001) capaz de generar unas múltiples respuestas a nivel estratégico, técnico y táctico. Para ello es conocido que el rendimiento en el fútbol depende sobre todo de un elevado grado de desarrollo y especialización de algunos factores, los que Garganta (2005) clasifica en cuatro dimensiones: física, técnica, táctica y psicológica.

Adicionalmente hay que tener en cuenta que el periodo competitivo es muy largo. Una temporada puede durar entre los 10-11 meses (Silva et al., 2011) siendo habitual que un jugador profesional juegue una o dos una o dos veces por semana con un total de 50-80 partidos por año con una evidente diferencia en el número de partidos disputados (Carling, Gregson, McCall, Moreira, Wong y Bradley, 2015). Además de los partidos de liga, los mejores equipos tienen que jugar partidos de competiciones europeas, copa o

incluso competiciones internacionales con sus respectivas selecciones. De los 90 minutos que dura un partido, el tiempo de juego es próximo a los 50 minutos, lo cual alcanza el 55% de la duración total del encuentro (Castellano, Blanco-Villasenor, y Alvarez, 2011).

Debido a todos estos factores con el pase de los años la ciencia del entrenamiento en el fútbol ha sufrido una notable evolución y mejora buscando un mayor control del entrenamiento hacia la especificidad, dejando atrás la metodología tradicional que tenían muy poca relación con las características de los deportes de equipo (Arjol, 2012; Casarin, Reverdito, Grebogy, Afonso, y Scaglia, 2011; Stolz y Pill, 2014). A todo esto, se suma el avance de la tecnología que cada vez más nos aporta información útil sobre parámetros de rendimiento durante los encuentros y los partidos. No obstante, después de haber dedicados algunos años como preparador físico en equipos semi-profesionales y entrenador en el fútbol base, creo en la importancia de analizar el rendimiento para incrementar la aptitud física de los atletas y reducir el número de lesiones. Para ello es esencial desarrollar nuevos conocimientos en materia sin olvidar la exigencia de adecuar el entrenamiento y las pruebas físicas a lo que necesita el jugador.

Con ese fin, en esta Tesis Doctoral se exponen planteamientos concretos en los que se abordan algunos de las cuestiones propuestas para la mejora del rendimiento en el fútbol, centrándose en acciones específicas, complejas y en aspectos determinantes para la competición. Debido a que el ámbito de estudio de esta temática es bastante debatido, incluso durante estos últimos años se han planteado dudas en algunos aspectos como la capacidad de repetir sprints múltiples, el presente trabajo está compuesto por tres estudios cuyo eje central es la creación de un test complejo y específico sobre la capacidad de repetir aceleraciones (RAA) para futbolistas.

Una vez definido el test se han analizados temáticas dirigidas a la mejora del conocimiento sobre la evaluación de la RAA a través de la nueva prueba como: su fiabilidad, la comparación por niveles de rendimiento en la capacidad de repetir aceleraciones y por último el análisis de la tolerancia a la fatiga y los indicadores de fatiga más apropiados en pruebas de RAA. Todo el proyecto de investigación se ha llevado a cabo con la intención de desarrollar estrategias para que los jugadores estén preparados para enfrentarse al peor de los casos, es decir el peor escenario que se puede dar en un

partido de competición y así aportar nueva información a entrenadores y preparadores a través de una prueba destinada a mejorar el perfil del futbolista.

1.1.1. Demandas fisiológicas.

El fútbol se puede definir como un deporte de naturaleza intermitente, integrado por habilidades técnicas y acciones físicas multidireccionales (Bradley et al., 2009; Di Salvo et al., 2007; Esposito et al., 2004; Rampinini et al., 2007; Wallace y Norton, 2014) donde la mayor parte del tiempo de un partido es caracterizado por actividades de baja intensidad como trotar y caminar (Bangsbo, 1994; Russell et al., 2016). Durante la competición hay una combinación de metabolismo aeróbico y anaeróbico (Meckel, Machnai, y Eliakim, 2009), con predominio aeróbico en las acciones de menor intensidad (aproximadamente un 98%) y con un aumento significativo del metabolismo anaeróbico en los esfuerzos de mayor intensidad (Baroni, Couto, y Leal-Junior, 2011; Morin, Dupuy, y Samozino, 2011).

Por medio del metabolismo anaeróbico se desarrollan las acciones más decisivas en el fútbol (Stølen, Chamari, Castagna, y Wisløff, 2005). De esta forma, las fases intensas de ejercicio durante el juego provocan un descenso de las reservas de fosfocreatina (PCr) que posteriormente es resintetizada en periodos de baja intensidad, pudiendo llegar a descender durante la competición (acciones intensas con breves periodos de recuperación) hasta un 30% de los valores basales, (Bangsbo, Mohr y Krstrup, 2006).

Por otra parte, cabe destacar dentro del rendimiento aeróbico, el máximo consumo de Oxígeno (VO_2Max), el cual presenta en futbolistas valores que oscilan entre 50-75 ml/Kg/min. y una correlación significativa con la distancia cubierta durante un partido (Hoff, 2005). Efectivamente los futbolistas con valores más altos de VO_2Max realizan mayores acciones de alta intensidad y de sprints, y tienen una mejor capacidad de recuperación entre esfuerzos de alta intensidad (Chamari et al., 2005; Helgerud, Rodas, Kemi, y Hoff, 2011; Hoff, 2005; Ziogas, Patras, Stergiou, y Georgoulis, 2011).

La utilización del VO_2Max como indicador de la aptitud aeróbica del futbolista tal vez no sería el método más adecuado debido a que el entrenamiento de los futbolistas está más dirigido a acciones intermitentes que a un entrenamiento continuo (Bangsbo, Iaia y Krstrup, 2007; Bngsbo et al., 2006), aunque puede ser un importante contribuyente

fisiológico para mejorar el rendimiento físico durante los intensos periodos de un partido de fútbol (Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, y Wisløff, 2009).

Así, encontramos valores medios de entre el 70% y el 80% del consumo de oxígeno máximo durante el partido (Alexandre et al., 2012; Bangsbo et al., 2007; Bangsbo et al., 2006) datos que se obtienen a partir de métodos indirectos, como la frecuencia cardiaca media y la temperatura corporal. A pesar de todo, el VO_2 Max no debería ser un factor limitante del rendimiento, aunque sí parece existir un umbral (60 mL/kg/min) por debajo del cual es difícil alcanzar niveles elevados de rendimiento (Reilly, Bangsbo, y Franks, 2000). Para medir la intensidad del juego otras variables como frecuencia cardiaca (HR, del inglés Hear Rate), lactato (BLA del inglés blood lactate) y esfuerzo percibido (RPE, del inglés Rate of Perceived Exertion) resultan importantes para cuantificar la carga de entrenamiento adecuada.

Respecto al control de la HR, se acepta que este parámetro es un indicador válido de la intensidad y del gasto energético durante la actividad (Karvonen y Vuorimaa, 1988), debido a la relación lineal que presenta con el Consumo de Oxígeno (VO_2) en un amplio rango de intensidades submáximas (Achten y Jeukendrup, 2003). Esto garantiza la validez para emplear esta herramienta y analizar diversos aspectos en entrenamientos y partidos (Barbero-Alvarez, Soto, Barbero-Alvarez, y Granda-Vera, 2008). En sus análisis de la frecuencia cardiaca, durante partidos de competición, Bangsbo et al., (2006) concretaron que la HR oscila entre 150 y 190 B/min, independientemente de la posición, aunque existían excepciones en el caso de los porteros. Valores similares también fueron alcanzados durante un partido femenino por Barbero Álvarez et al. (2008) con una HR media de 176 ± 11 B/min que oscilaban entre los 158 y 193 B/min.

Por otro lado, Sporis, Jukic, Ostojic, y Milanovic (2009) analizaron la frecuencia cardiaca máxima (HRMax) en futbolistas sénior según los puestos específicos, y encontraron valores entre 191 y 187 B/min, siendo mayores en los mediocampistas, seguidos de porteros, delanteros, y defensas. Dichos valores, debido a los constantes cambios de intensidad durante un partido, suelen alcanzar una intensidad media cercana al umbral anaeróbico, entre el 80 y 90% de la HRMax (Alexandre et al., 2012; Bangsbo, Iaiá, y Krustup, 2007; Bangsbo et al., 2006; Mallo, Mena, Nevado, y Paredes, 2015; Torreño et al., 2016), aunque con picos de HR que llegan al 98% (Bangsbo et al., 2006).

Otro parámetro fisiológico utilizado para controlar el rendimiento en futbolistas es el lactato. Existe una cierta controversia sobre la lactacidemia, en cuanto normalmente los valores de lactato se toman en el descanso y al final del partido y se ven influenciados por las acciones previas a la medición realizadas por el sujeto (Stølen et al., 2005). La concentración promedio en partidos suele variar entre los 5 y 8 mmol/l (Krustrup et al., 2006; Schulpis et al., 2009). Sin embargo, podemos encontrar después de periodos de alta intensidad valores entre 12 y 13 mmol/l en casos individuales (Stølen et al., 2005).

A diferencia del VO_2 Max, del BLA y del HR, el esfuerzo percibido (RPE) se presenta como un indicador de la carga interna subjetivo. La calificación de la RPE es ampliamente utilizada en el fútbol para cuantificar la carga de trabajo de partidos y sesiones de entrenamiento (Akubat, Patel, Barrett, y Abt, 2012; Scott, Lockie, Knight, Clark, y Janse de Jonge, 2013; Wrigley, Drust, Stratton, Scott, y Gregson, 2012). Se trata de una herramienta barata, práctica y precisa para valorar las respuestas individuales a las sesiones de entrenamiento de campo (Clarke, Farthing, Norris, Arnold, y Lanovaz, 2013). En relación a este parámetro la metodología más utilizada incluye las diferentes variantes de la escala de Borg (1998) con dos variantes: la escala 6-20 y la escala 0-10.

Ambas, han sido utilizadas en diversos estudios, y se consideran un indicador valido para controlar las cargas de entrenamiento en el fútbol (Impellizzeri, Rampinini, Coutts, Sassi, y Marcora, 2004). Su validez de constructo se ha demostrado evaluando la correlación con otros indicadores, como la frecuencia cardiaca (Akubat et al., 2012; Impellizzeri et al., 2004; Scott et al., 2013) y el lactato (Coutts, Rampinini, Marcora, Castagna, y Impellizzeri, 2009) aunque la eficacia de la RPE parece disminuir conforme al aumento de la intensidad de la tarea (Little y Williams, 2005).

1.1.2. Demandas físicas.

Las variables físicas reflejan el trabajo mecánico efectuado por el futbolista, siendo decisivas en el resultado de un partido (Bangsbo et al., 2006). En este contexto para profundizar el conocimiento del esfuerzo real que supone la competición se han realizado muchas investigaciones sobre las distancias recorridas, el número de acciones o la velocidad de desplazamiento.

En línea general, varios estudios han demostrado que los jugadores de elite cubren una

distancia entre 10-13 km/h por partido (Bangsbo et al., 2006; Di Salvo et al., 2007), realizando 1350 actividades distintas que cambian cada 4-6 s (Mohr, Krustup, y Bangsbo, 2005). Recientemente fue examinada la evolución del rendimiento físico y técnico del fútbol desde la temporada 2006/07 hasta 2012/13 en la Premier League inglesa. Los autores observaron que los valores de distancia recorrida en una competición de primer nivel como es la Premier League Inglesa no cambiaron mucho, y los valores de distancia total permanecieron estables (Barnes, Archer, Hogg, Bush, y Bradley, 2014).

Para valorar con mayor precisión las exigencias físicas y fisiológicas de un encuentro de fútbol, no solo es necesario estimar la distancia que se recorre, sino que será fundamental analizar todos los esfuerzos de alta intensidad, las acciones de sprints, y diferenciar entre actividad de alta intensidad con y sin balón. Sin embargo, estudios anteriores han hallado que tan solo el 1.2 - 2.4% de la distancia recorrida en un partido se cubre con el balón (Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, y Maffulli, 2001; Di Salvo et al., 2007) lo que corresponde a un tiempo medio transcurrido con balón por jugador de aproximadamente 1.3 minutos (Bangsbo et al., 2006). Estos datos están en línea con una investigación más reciente donde los autores analizaron el tiempo medio transcurrido con el balón durante 60 encuentros del campeonato alemán (figura 1.1). El análisis de la posesión de balón según la posición de juego indica que el periodo de tiempo que los jugadores pasan con la pelota es más corto para los delanteros centrales (0.49 ± 0.43 min) y más largo para los porteros (1.38 ± 0.58 min), los defensores centrales (1.38 ± 1.09 min) y los centrocampistas centrales (1.27 ± 1.08 min) (Link y Hoernig, 2017).

Player based metrics based on individual ball possession according to playing position. ^{-10 min} indicates occurrences / time per 10 min net playing time. IBC (sn⁻¹) represents mean time per interval. Playing positions are GK = Goalkeeper, FB = full back, CD = central defender, WF = wide midfielder, CM = central midfielder, CAM = central attacking midfielder, WI = Winger, CF = central forward and ALL = all positions.

Position	IBP (n ^{-10 min})	IBA (n ^{-10 min})	IBC (n ^{-10 min})	IBC (min)	IBC (min ^{-10 min})	IBC (sn ⁻¹)
GK	9,8±4,3	10,1±4,2	8,8±4,8	1:38±0:58	17,3±10,1	2,1±0,8
FB	14,8±6,8	15,0±6,7	11,7±7,7	1:18±0:56	13,8±10,0	1,2±0,4
CD	15,5±7,8	15,9±7,8	12,8±8,3	1:38±1:09	17,1±12,2	1,3±0,4
WM	13,7±7,2	13,8±7,2	10,2±7,7	1:17±1:08	13,6±12,1	1,2±0,6
CM	16,5±8,6	16,8±8,5	12,8±9,0	1:27±1:08	15,2±12,0	1,2±0,4
CAM	14,0±7,3	14,3±7,5	10,2±8,0	1:17±0:58	13,6±10,2	1,1±0,6
WI	11,9±7,7	12,2±7,8	7,9±7,3	1:04±0:54	11,4±9,7	1,1±0,7
CF	10,1±6,4	10,6±6,4	6,6±6,0	0:49±0:43	8,7±7,6	0,9±0,6
ALL	13,3±7,2	13,6±7,2	10,1±8,1	1:21±1:13	13,8±12,6	1,2±1,0

Nota. IBP: Posesión individual del balón; IBA: Acción individual con balón; IBC: Control individual del balón.

Figura 1.1. Análisis de posesión de balón de acuerdo con la posición táctica

Fuente: Link y Hoernig (2017).

Debido a la importancia que tienen las acciones de alta intensidad y al poco tiempo empleado con el balón por parte de los futbolistas, a lo mejor podría ser más importante prescribir programas de entrenamiento o pruebas que intenten alcanzar fatiga elevada con la introducción de tareas técnicas o tácticas de mayor calidad sobretodo en jugadores expertos.

1.1.3. Clasificación de la distancia recorrida a alta intensidad y de las acciones de sprints.

Es habitual medir los perfiles de la actividad del jugador a través de las distancias recorridas a alta intensidad en diferentes categorías. En literatura se encuentran varias calificaciones, entre las cuales destacamos las categorías propuesta por Rampinini et al. (2007). Estos autores diferencian entre carreras de alta intensidad -las que se recorren con velocidades mayores de 14.4 km/h- y las carreras de muy alta intensidad -las que logran velocidades mayores de 19 km/h-. Sin embargo, para otros autores las carreras de alta intensidad se recorren entre los 17 y 21 km/h, mientras las carreras de muy alta intensidad entre los 21 y 24 km/h (Castellano et al., 2011). Más específicamente Bradley et al. (2013) identifican como una única categoría la distancia recorrida a alta velocidad, con valores que se sitúan entre los 19.80 y 25.10 km/h. Y por otro lado, al igual que en la

distancia recorrida a alta intensidad, hay varias clasificaciones a partir de las cuales los desplazamientos se consideran sprint. Estudios previos describen límites desde los >23 km/h de Di Salvo, Adam, Barry, y Cardinale (2006), a los por encima de 25.10 km/h de Bradley et al. (2013), o hasta los >30 km/h de Mohr, Krstrup, y Bangsbo (2003).

Podría resultar complicado comparar los límites de las velocidades utilizadas, debido a que los umbrales considerados normalmente en literatura varían en función de las observaciones de los autores que casi siempre no se corresponden. Sin embargo, hasta ahora, estos datos de velocidad y su clasificación se han considerados parámetros útiles para poder diferenciar el perfil del futbolista.

1.1.4. Distancia recorrida a alta intensidad.

En cuanto a la distancia recorrida durante un partido a alta intensidad, es una medida más significativa de la carga externa de trabajo, debido a que los jugadores necesitan realizar esfuerzos breves a velocidades elevadas. Existe evidencia de que los jugadores de alto nivel realizan entre 150 y 250 acciones de alta intensidad por partido (Mohr et al., 2003) y realizan como media una carrera de alta intensidad cada 72 s (Bradley et al., 2009). Así pues, los jugadores de nivel internacional realizan un 28% más de carrera a alta intensidad (2.43 vs 1.90 km) y un 58% más sprintando (650 m vs 410 m) que jugadores de nivel nacional (Mohr et al., 2003).

En la misma línea, Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, y Wisloff (2009), compararon los mejores 5 equipos con los 5 últimos clasificados en una muestra de 186 jugadores de la Liga Italiana (Serie A). Los autores concluyeron que los jugadores de los mejores equipos recorrieron más distancia con el balón y a alta intensidad de carrera que los peores. Sin embargo, fueron los jugadores de los peores equipos los que más distancia global recorrieron: distancia total (12.190 frente a 11.647 m), distancia a alta intensidad (4263 frente a 3787 m), y a muy alta intensidad (1309 frente a 1196 m).

No obstante, existe cierta controversia al respecto. Di Salvo, Gregson, Atkinson, Tordoff, y Drust (2009) reportaron que los equipos peor clasificados en la Premier League Inglesa, recorren más metros a alta intensidad (918 ± 128 m) que los equipos mejor clasificados (885 ± 113 m), señalando, que probablemente, el nivel técnico-táctico de los equipos

podría ser más importante para determinar el éxito deportivo que los elevados niveles de rendimiento físico por sí mismos.

En esta línea, Di Salvo, Pigozzi, Gonzalez-Haro, Laughlin, y De Witt (2013) hallaron valores superiores en distancia a alta intensidad, comparando equipos de primera división de la liga inglesa frente a los de segunda durante 4 temporadas (750 ± 222 vs 693 ± 214 m). Otro aspecto a tener cuenta durante el análisis de la distancia recorrida es la posición de los futbolistas en el terreno de juego. Reilly et al. (2000) afirmaron que la diferencia en la distancia cubierta depende del rol de las tareas tácticas que tienen que desarrollar.

En consecuencia, los jugadores que recorren más metros son los mediocampistas de banda, seguidos de los delanteros, mediocentros y defensas centrales (Bradley et al., 2009; Di Salvo et al., 2009). Las variaciones que existen en la cantidad de distancias a alta intensidad recorrida pueden depender de la posición táctica, y por ello se hace necesario que los programas de entrenamiento de los futbolistas tengan que dirigirse hacia la individualización.

1.1.5. Distancia recorrida a velocidad de sprint.

Las acciones de sprints, cuya duración es equivalente a 2-4 s y se repiten aproximadamente cada 90 s (Stølen et al., 2005), representan una de las actividades más importantes en el fútbol, aunque el porcentaje de distancia recorrida a lo largo de un partido se sitúa entre el 1 y 12% lo que corresponde al 0.5 – 3% del tiempo total efectivo del juego (Helgerud, Engen, Wisloff, y Hoff, 2001; Rienzi, Drust, Reilly, Carter, y Martin, 2000).

La distancia recorrida a velocidad de sprint durante un partido por un jugador es de 251 ± 84 m correspondientes a un número de 35 ± 11 sprints. Cada acción de sprint puede variar entre los 20 y 60 m (Carling, Le Gall, y Dupont, 2012), aunque el 96% de las acciones de sprints producidas durante un partido suelen estar por debajo de los 30 m y el 49% son menores de 10 m (Stølen et al., 2005). Según Andrzejewski, Chmura, Pluta, Strzelczyk, y Kasprzak (2013), de todos los sprints realizados durante 10 partidos de la competición Europa League de las temporadas 2008/09 y 2010/11, el 7% de ellos se efectuaron entre 0 y 10 m, el 48% entre 10-20 m, y el 45% con distancia de más de 20 m.

Y de nuevo se pueden apreciar diferencias entre los puestos específicos, por ejemplo, los centrocampistas de banda (35.8 ± 13.4) junto con los delanteros (30 ± 12) son los que más cantidad de sprints realizan por partido (Di Salvo et al., 2009).

A pesar de que estas proporciones pueden parecer modestas, dichos periodos de juegos contribuyen a la consecución del balón y a la creación de acciones de gol. La mayoría de los goles se realizan sin un oponente y sin pelota y son precedidos por una acción intensa (83%), siendo el sprint en línea recta la acción más relevante y más frecuente que realiza un jugador antes de marcar (61%) seguida por los saltos (16%) y por ultimo el sprint con cambio de dirección (Faude, Koch, y Meyer, 2012).

Es evidente que los jugadores más rápidos siempre tendrán una ventaja en un deporte de equipo, ya que su capacidad para desplazarse y posicionarse más rápidamente que su adversario será clave durante las situaciones de partido. Por tanto, las habilidades de sprints, bien desarrolladas, podrían ser una ventaja en el fútbol siendo cruciales para el éxito en competición (Haugen, Tonnessen, Leirstein, Hem, y Seiler, 2014; Rumpf, Lockie, Cronin, y Jalilvand, 2016).

1.2. LA CAPACIDAD DE REPETIR SPRINTS

Cuando se habla de sprints repetidos es habitual diferenciar entre dos tipos de actividades: sprints intermitentes, y la capacidad de realizar sprints repetidos (RSA) (Girard, Mendez-Villanueva, y Bishop, 2011). Por un lado, las actividades intermitentes están caracterizadas por sprint de corta duración (menor o igual a 10 s) a una intensidad que puede ser definida como la “máxima velocidad de sprint”, separados por períodos de recuperación suficientemente largos como para permitir una recuperación casi completa del rendimiento de sprints (Balsom, Seger, Sjödin, y Ekblom, 1992; Duffield, Coutts, y Quinn, 2009). Por otro lado, la RSA se caracteriza por sprint máximos de duración (menor o igual a 10 s) con periodos de recuperación breves normalmente menores de 60 s (Bradley et al., 2009) que se repiten en el tiempo de forma aleatoria y con periodos de recuperación incompleta.

La actividad de sprint intermitente está asociada con poca o ninguna disminución del rendimiento. Por el contrario, la RSA se relaciona con una marcada disminución del rendimiento (Bishop, Edge, y Goodman, 2004), y se ha considerado como una de las cualidades fisiológicas más importantes para el rendimiento físico de los futbolistas (Impellizzeri, Rampinini, Maffiuletti, et al., 2008), determinante para el resultado final de un partido (Spencer, Bishop, Dawson, y Goodman, 2005). Por ello en estas últimas décadas, para determinar el rendimiento en deportes de conjunto la atención de los investigadores se ha centrado en la capacidad de un jugador para repetir esfuerzos de forma intermitente (RSA), con periodos de recuperación cortos.

Efectivamente, en jugadores de fútbol profesional, se encontró que la RSA evaluada durante las pruebas de campo tiene grandes correlaciones con carreras de muy alta intensidad y con la distancia de carrera durante un partido (Rampinini, Sassi, et al., 2009). Adicionalmente, los resultados de las pruebas RSA fueron capaces de discriminar entre jugadores profesionales y amateur (Murray y Varley, 2015; Rampinini, Sassi, et al., 2009), siendo además capaces de detectar cambios útiles en el rendimiento a lo largo de una temporada (Impellizzeri et al., 2008). Estos resultados llevaron a considerar la RSA como el patrón típico en la mayoría de los deportes de equipo. Y por ello se implementaron a gran escala pruebas y métodos de entrenamientos dirigidos a la mejora de la RSA.

Como se puede observar, la figura 1.2 refleja todos los factores que se necesitan para evitar la fatiga y mejorar el rendimiento en pruebas de RSA (Bishop, Girard, y Mendez-Villanueva, 2011). Las tareas de entrenamientos se deben orientar a la mejora de la resistencia, la fuerza, la velocidad y la propia capacidad de repetir sprint utilizando para ello diferentes estrategias metodológicas (Turner y Stewart, 2014). Siguiendo a estos mismos autores, destacan entre otras, formas de entrenamiento concurrente (entrenamiento específico de sprint y entrenamiento de fuerza/potencia), o aplicar programas de entrenamiento de alta intensidad para mejorar la capacidad de recuperación entre sprints (Campos-Vazquez et al., 2015) y la máxima velocidad aeróbica (Buchheit, Hader, y Mendez-Villanueva, 2012).

A pesar de ello se han cuestionado las propuestas para mejorar el rendimiento en RSA mediante sprints repetidos debido a que probablemente dicha mejoras se deben a los patrones motores y coordinativos que influyen en la prueba, más que a la mejora de la RSA por sí (Buchheit et al., 2012).

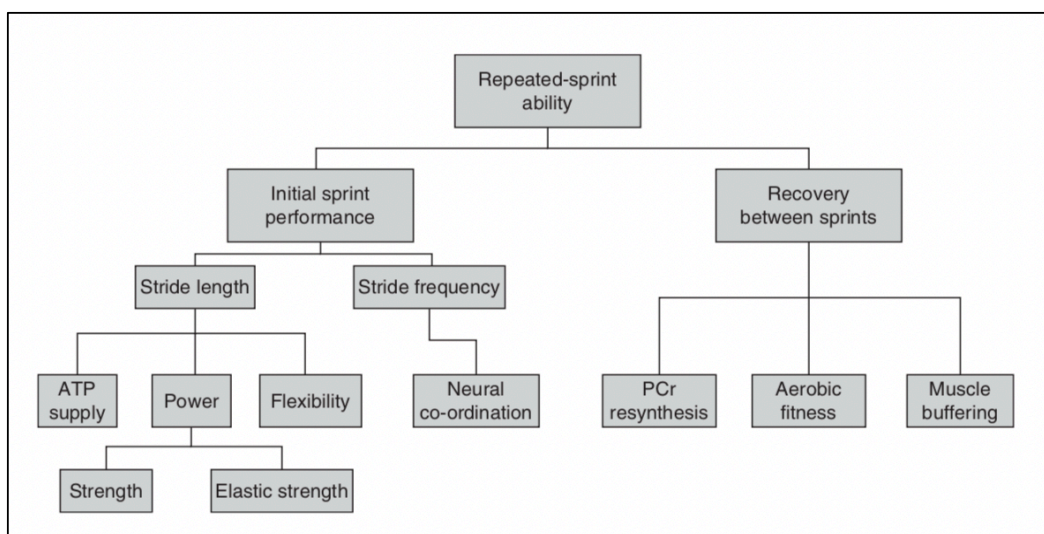


Figura 1.2. Resumen de los factores a los que debe dirigirse el entrenamiento para la mejora de la RSA

Fuente: Bishop et al. (2011).

1.2.1. Características de las pruebas de RSA.

Existen diferentes protocolos de valoración de la RSA que han mostrado un buen nivel de fiabilidad, tanto en pruebas de campo como en pruebas de laboratorio, capaces de

discriminar entre niveles competitivos y grupos de edad en el fútbol juvenil. Estas pruebas se utilizan como una variable de predicción en la detección, selección y desarrollo de talentos (Bidaurrezaga-Letona et al., 2015; Mujika, Spencer, Santisteban, Goiriena, y Bishop, 2009; Murray y Varley, 2015; Spencer et al., 2005). Como veremos a continuación, a la hora de valorar la RSA los diferentes estudios recogen propuestas diversas y no totalmente coincidentes.

Los primeros test se llevaron a cabo en laboratorio, intentando simular los cambios de intensidad que se producen en los deportes de equipo (Bishop, Spencer, Duffield, y Lawrence, 2001; Fitzsimons, Dawson, Ward, y Wilkinson, 1993). De este modo era difícil que reproduzcan acciones como aceleración, frenadas, cambios de dirección, desaceleración, que normalmente se producen en los deportes de equipo. Posteriormente, mirando hacia la especificidad deportiva, se han introducido test de campo que intentan reproducir las acciones típicas del deporte a investigar. Y aunque se utiliza a veces la introducción de pruebas en línea recta, sin embargo es habitual que los jugadores deban realizar cambios de dirección para poder realizar satisfactoriamente acciones relevantes (Brughelli, Cronin, Levin, y Chaouachi, 2008; Chaouachi et al., 2012; Los Arcos et al., 2014; Yanci, Los Arcos, Mendiguchia, y Brughelli, 2014).

Finalmente, durante los últimos años, ha habido un interés creciente por parte de los investigadores en la implementación de pruebas con cambios de dirección (COD, del inglés, Change of Direction), así que los sprints lineales fueron sustituidos primero por sprints más cortos que incluyen cambios de dirección (Bangsbo 1994), y luego con pruebas más específicas con variaciones en distancias, descansos, ángulos de COD, o incluso con la introducción de saltos (Buchheit, Bishop et al. 2010, Hader, Mendez-Villanueva et al. 2014).

Así pues, dado el gran número de propuestas que se encuentran en literatura, el debate sobre cuál podría ser la prueba más adecuada es en continua evolución por parte de los científicos. En ese sentido, hasta ahora las pruebas de RSA se pueden agrupar en tres grupos (Dawson, 2012):

- Pruebas de una sola serie de corta duración (3-5 min) que constan de 5-15 repeticiones de 3-6 s de duración, con distancias menores de 40 metros, intercalando una recuperación activa o pasiva de 24 y 30 s entre cada esfuerzo (Buchheit, Mendez-Villanueva, Quod,

Tesis Doctoral – Donfrancesco, G.
Especificidad, integración e incidencia de la técnica en la evaluación de la RAA en el fútbol.

Quesnel, y Ahmaidi, 2010; Impellizzeri, Rampinini, Castagna, et al., 2008; Oliver, Armstrong, y Williams, 2007; Rampinini et al., 2007; Spencer et al., 2005)

- Pruebas de series múltiples de media duración (15-40 min) que constan de 3-5 series de 5-10 repeticiones de 3-6 s de duración, con distancias entre 20 y 40 m intercaladas con 60-120 s de recuperación (Beckett, Schneiker, Wallman, Dawson, y Guelfi, 2009; Pontifex, Wallman, Dawson, y Goodman, 2010)

- Pruebas de larga duración que intentan simular la competición o pruebas de series múltiples de laraga duración (aproximadamente 45- 90 min) que constan de 6-10 series de 3-6 s, con distancias menores de 40 m intercaladas con fases de camino, de trote o a una potencia dada, realizando uno sprint cada 60-120 s. Las repeticiones normalmente se dividen en intervalos de 4x15-20 min o 2x30-45 min (Drust, Reilly, y Cable, 2000; Duffield, Dawson, Bishop, Fitzsimons, y Lawrence, 2003; Oliver, Armstrong, y Williams, 2009; Preen et al., 2001; Stuart, Hopkins, Cook, y Cairns, 2005).

Además, hay que diferenciar entre una evaluación “pura de la RSA” (pruebas de una sola serie) o una prueba que intente simular la competición. En este último caso, es posible que sea más apropiado realizar pruebas de series múltiples de duración media o larga (60-120 s) de modo que se replique una situación parecidas a las del juego (Dawson, 2012).

Por tanto, a la hora de identificar cuál es el test más adecuado para nuestros deportistas es importante considerar atentamente cuáles son los objetivos para nuestros estudios dado que las respuestas fisiológicas pueden cambiar en función del tipo de ejercicio, numero de sprints, recuperación y nivel de entrenamiento (Spencer et al., 2005). De manera similar es indispensable evitar o minimizar cualquier estrategia de pacing por parte de los deportistas, empleando pruebas que incluyen como máximo 8 sprints (Fitzsimons et al., 1993).

1.2.2. Test validos y fiables en la evaluación de la RSA.

Las propuestas de RSA diseñada por parte de los investigadores intentan simular las características de la competición para poder proporcionar una valoración objetiva y aclarar los objetivos del entrenamiento a corto y largo plazo (Bangsbo, 1994; Impellizzeri

et al., 2008). A pesar de un número bastante elevado de pruebas de múltiples sprints, no son muchos los autores que han demostrado la fiabilidad y la validez de los test empleados.

A continuación, se detallan algunos de los test más importantes y reproducibles dentro de la evaluación de la RSA para atletas de diferentes deportes de equipo como por ejemplo el test de Bangsbo. Este test creado en el 1994, fue diseñado con el propósito de evaluar la resistencia de carreras corta de jugadores con cambios de dirección, así como la capacidad para recuperarse entre las carreras. La prueba consiste en 7 sprints x 34.2 m separados por 25 segundos de recuperación (un único sprint con tres cambios de dirección) cuya fiabilidad ha sido evaluada por Wragg, Maxwell, y Doust (2000).

Dentro las llamadas pruebas “Shuttle run”, pertenece el test propuesto por Rampinini et al. (2007). La prueba consiste en realizar 6 sprints de 40 m ida y vuelta (20+20) con un cambio de dirección de 180 grados con 20 segundos de recuperación. El mismo autor encontró una relación entre las pruebas de RSA y el rendimiento funcional del jugador de fútbol profesional durante la competición, demostrando que, en futbolistas profesionales, existen correlaciones moderadas pero significativas ($r=-0.65$ y $r=-0.60$) entre carreras de sprints ($>19,8$ km/h) y carreras de alta intensidad ($>25,2$ km/h) que los jugadores completaron durante un partido oficial y el rendimiento medio durante un test RSA. Por tanto, esta tipología de prueba puede ser adecuada para evaluar futbolistas profesionales debido a su asociación con las demandas físicas de un partido.

Otra prueba diseñada para simular la repetición de los esfuerzos explosivos que se realizan durante el juego en deportes de equipo es el test realizado por Buchheit, Spencer, y Ahmaidi (2010). El test incluye distancias habituales en los deportes de equipo y cambios de dirección de 180° así como un salto con CMJ y consta de seis sprints máximos 2x12.5 m ida y vuelta con una pausa de 25 s. Durante los aproximadamente 20 s de recuperación entre los sprints los deportistas deben desacelerar, realizar un CMJ y luego una recuperación activa. El protocolo se demostró fiable y válido para valorar secuencias repetidas de esfuerzos explosivos en deportes de equipo, para discriminar estándares de juego y monitorear los niveles de aptitud física de los deportistas (Buchheit et al., 2010).

Por último, el test de 5 x30 m con 30 s de recuperación. Los estudios de fiabilidad fueron realizados con los procedimientos desarrollados por Chaouachi et al. (2010). El test se

reveló una prueba de campo fiable a corto y largo plazo cuando la suma de los tiempos de sprint y el mejor rendimiento de sprint se consideraron como variables del resultado (Castagna et al., 2018). En este contexto es importante que a la hora de proponer o diseñar un test de RSA, todas las variables manipuladas coincidan con una adecuada ratio trabajo descanso y con las demandas exigidas por el deporte analizado (Balsom, Seger, Sjodin, y Ekblom, 1992; Glaister, Stone, Stewart, Hughes, y Moir, 2005; Spencer, Bishop, Dawson, Goodman, y Duffield, 2006; Spencer, Dawson, Goodman, Dascombe, y Bishop, 2008). La relevancia de estas pruebas radica en su validez lógica, debido a que estos protocolos (con o sin COD) intentan simular las respuestas fisiológicas observadas durante un partido, como la reducción del PH muscular, las reservas de PCr, el ATP y la activación de la glucólisis anaeróbica.

Sin embargo, estas pruebas podrían no ser útiles para predecir el rendimiento de los deportistas durante un partido, debido a la naturaleza compleja y multifactorial del rendimiento en el fútbol. No obstante, estas formas de evaluación no dejan de ser válidas para evaluar las demandas fisiológicas del rendimiento y para determinar de forma individualizada las cargas de entrenamiento (Silva et al., 2018).

1.3. DESDE LA RSA HASTA LA CAPACIDAD DE REPETIR ACELERACIONES

Como hemos visto, en las últimas décadas varios investigadores han manifestado un interés creciente por la RSA, que ha sido señalada como una capacidad clave en el rendimiento del futbolista. Sin embargo, al analizar la cantidad de sprints repetidos que ocurren durante los partidos de deportes de equipo, parece que la aparición de la RSA es más escasa de lo que se había pensado hasta ahora (Buchheit, Mendez-Villanueva, et al., 2010; Nakamura et al., 2017; Schimpchen, Skorski, Nopp, y Meyer, 2016), lo que indica que la capacidad de repetir sprint podría no representar un factor determinante en atletas de deportes de conjunto.

Por otro lado, las secuencias de aceleraciones repetidas (RAA) son más frecuentes y podrían ser determinantes en el desarrollo de la fatiga en partidos de fútbol (Serpiello et al., 2018; Barron et al., 2016). No obstante, la RSA puede ser una estrategia de entrenamiento potente y eficiente en el tiempo, efectiva en el desarrollo de la aceleración, velocidad, potencia explosiva, potencia aeróbica y carrera de alta intensidad. Para ello, (Taylor, Macpherson, Spears, y Weston, 2016) proponen que el ejercicio de sprint repetido en deportes de equipo se debe considerar como una variable independiente (un medio para desarrollar la aptitud física) en lugar de una variable dependiente (un medio para evaluar la aptitud o el rendimiento).

1.3.1. La capacidad de aceleración.

Los estudios recientes han descrito la evolución en las demandas físicas en el fútbol durante la competición, reflejando que cada vez más, el juego moderno está caracterizado por un mayor número de acciones explosivas de alta velocidad y cortas duración (Wallace y Norton, 2014). Por lo tanto, la cuantificación de aceleraciones y desaceleraciones es importante para lograr una comprensión más profunda de las demandas específicas del juego y proporcionar información más detallada que permita una mejor individualización en la estructura y planificación de los programas de entrenamiento.

Las acciones de alta intensidad se dividen generalmente en dos fases: la aceleración inicial en los primeros 5 a 10 m y la velocidad de carrera máxima probablemente alcanzada entre los 20 y 40 m. (Buchheit et al., 2012; Di Salvo et al., 2010). Estas dos

componentes, deben considerarse independientemente y los esfuerzos de alta velocidad no siempre van precedidos por aceleraciones máximas (Di Salvo et al., 2010; Varley y Aughey, 2013). De hecho, perfilar el rendimiento del futbolista de acuerdo con la intensidad de la velocidad por sí solo puede subestimar la carga de trabajo real de un jugador, debido a la falta de consideración del gasto de energía asociado con la aceleración y la desaceleración (Gaudino et al., 2014). Por lo tanto, es probable que si analizamos las acciones de alta intensidad en función de la velocidad alcanzada no podríamos saber lo que ha ocurrido hasta que el jugador ha alcanzado dicha velocidad (Aughey y Varley, 2013).

Las aceleraciones y desaceleraciones son actividades que aumentan el gasto energético y requieren altas tasas de desarrollo de fuerza de propulsión horizontal durante la parte inicial de un sprint (Delecluse, 1997; Mero, 1988). Según lo propuesto en una investigación realizada con jóvenes futbolistas (14.1 ± 2.4 años) la mejora de la capacidad de producción de fuerza horizontal puede ser eficaz para mejorar el rendimiento de sprint en distancias cortas (Buchheit et al., 2014). A causa de las altas contracciones musculares excéntricas y dada la alta demanda neuromuscular asociada, estas acciones contribuyen significativamente al daño muscular resultando una actividad más sensible a la fatiga respecto a la distancia de carrera a diferentes velocidades (Akenhead, Hayes, Thompson, y French, 2013; Nedelec et al., 2014).

Tanto la aceleración como la desaceleración, se presentan como unas capacidades físicas que pueden ser más relevantes para valorar los esfuerzos de alta intensidad, debido al limitado número de acciones de sprints repetidos que se ejecuta en un partido de fútbol. La importancia de la capacidad de aceleración se debe a la realización durante la competición de sprints con alta frecuencia entre cinco y quince metros (Bangsbo et al., 2006; Vigne, Gaudino, Rogowski, Alloatti, y Hautier, 2010), con un total de 110 – 330 m recorridos acelerando en función de la posición de juego, siendo los defensores y los atacantes laterales los que aceleran con mayor frecuencia respecto a los centrocampistas centrales y los defensores centrales (Dalen, Jørgen, Gertjan, Havard, y Ulrik, 2016).

Resultará interesante incluso necesario estudiar este tipo de acciones tanto en los partidos como en los entrenamientos ya que podrían ser subestimadas todas aquellas acciones que se realizan a máxima aceleración, pero a baja velocidad.

1.3.2. Clasificación de las aceleraciones.

A la hora de definir categorías de intensidad en las aceleraciones y deceleraciones de alta intensidad, diferentes umbrales de intensidad absoluta han sido utilizados por los diferentes autores. Se suele definir como aceleración, cualquier movimiento realizado con una carga física por encima de 1 ms^{-2} . Las aceleraciones moderadas son las que se recorren a $>1.11 \text{ m/s}^2$ y aceleraciones máximas $>4 \text{ m/s}^2$ (Ingebrigtsen et al., 2014).

Es probable que 4 m/s^2 sea un umbral demasiado alto para los deportistas de élite, siendo las aceleraciones $>2.78 \text{ m/s}^2$ las máximas que se dan en deportes de equipo. Por este motivo es aconsejable utilizar un umbral entre 2.7 y 3 m/s^2 (Aughey, 2011). Dos únicas categorías han sido establecidas por Bradley, Di Mascio, Peart, Olsen, y Sheldon (2010) definiendo como aceleración media las que se realizan entre 2.5 y 4 m/s^2 y las máximas $>4 \text{ m/s}^2$.

Posteriormente, otra clasificación ha sido sugerida por Akenhead et al. (2013). Los autores dividen las aceleraciones que se realizan durante un partido en tres categorías:

- aceleración $1-2 \text{ m/s}^2$
- aceleración moderada $2-3 \text{ m/s}^2$
- alta aceleración $>3 \text{ m/s}^2$

De forma más concreta podemos indicar que las aceleraciones de máxima intensidad han sido establecidas a partir de los valores de 2.78 m/s^2 hasta llegar a valores de 4 m/s^2 , mientras las desaceleraciones se encuentran en un rango de 2.5 a 4 m/s^2 . Sin embargo, estos valores deben ser interpretados con cautela, en cuanto como en las velocidades no es posible definir un umbral absoluto para las aceleraciones a causa de la presencia de diferencias significativas en la medición de aceleraciones en función del dispositivo GPS utilizado (Buchheit et al., 2014).

1.3.3. La capacidad de repetir aceleraciones.

En la actualidad se desarrolla un creciente interés por la capacidad de repetir aceleraciones en el fútbol moderno, buscando a su vez la especificidad, la complejidad y la transferencia. La RAA se define como la habilidad de repetir tres o más aceleraciones consecutivas ($>1.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) con una recuperación $\leq 45 \text{ s}$ (Barbero-Alvarez, Boullosa,

Nakamura, Andrin, y Weston, 2014). Estudios previos han demostrado que las aceleraciones son hasta ocho veces más frecuentes que los sprints en el fútbol (Varley, Elias, y Aughey, 2012) y que la ocurrencia de sprints repetidos en partidos de fútbol juveniles es muy baja, con secuencias que generalmente incluyen menos de tres sprints (Carling et al., 2012). Datos que están en línea con los encontrados por varios autores en diferentes deportes de conjunto para deportistas adultos como reflejado la figura 1.3.

Study	Sport	Competitive Level	Participants (n)	Observations	Repeated-sprint bouts		Sprints per bout	Sprinting threshold (km.hr ⁻¹)	Time-motion analysis method
					/Game	/Player			
Conte et al. ^{[12] a}	Basketball	Elite Female	12	5	-	4.3 ± 2.7	4.4 ± 1.7	-	Video
Schimpchen et al. ^{[14] b}	Soccer	International Male	30	19	-	1.8 ± 1.7	3.3 ± 0.7	25.2 ± 1.2 ^a	Semi-automatic computerised
Varley et al. ^{[5] a}	AFL	Elite Male	28	7	-	0.25 ± 0.50	-	≥25.2-36.0	GPS
	Rugby league	Elite Male	36	3	-	0.05 ± 0.23	-	≥25.2-36.0	GPS
	Soccer	Elite Male	30	4	0	0	-	≥25.2-36.0	GPS
Gabbett et al. ^{[6] c}	Soccer	Elite Female	13	34	-	5.1 ± 5.1	2-7**	-	Video
Gabbett et al. ^{[13] a}	Rugby League	Elite Male	37	16	-	1 ± 1*	-	≥25.2	GPS
Carling et al. ^{[7] a}	Soccer	Elite Male	20	80	-	1.1 ± 1.1	3.3 ± 0.5	>19.8	Semi-automatic computerised
Sirotic et al. ^{[14] a}	Rugby League	Elite Male	17	39	-	0-3**	3.0 ± 0.3	>24.0	Semi-automatic computerised
	Rugby League	Semi-elite Male	22	35	-	0-1**	3.0 ± 0.4	>24.0	Semi-automatic computerised
Gabbett et al. ^{[15] a}	Soccer	International Female	13	12	-	4.8 ± 2.8	3.4 ± 0.8	-	Video
Spencer et al. ^{[16] a}	Field Hockey	Elite Male	14	3	8-17	-	4 ± 1	-	Video

(Data presented as Mean ± SD, unless otherwise stated)
^a including bouts of ≥ 3 (≤21s recovery); ^b Including ≥ 3 bouts (≤ 30s recovery); ^c including bouts of ≥ 2 sprints (≤ 20 seconds recovery); -, not reported; *, SE; ** No error reported; ^d, Individualised sprint zones calculated this value represents mean threshold for the team.

Figura 1.3. Análisis de los sprints repetidos en diferentes deportes de equipo

Fuente Taylor et al. (2016).

En la figura cabe destacar como los jugadores de futbol de primera división australiana no realizaron sprints repetidos con velocidades >25.1 km/h (Varley, Gabbett, y Aughey, 2014) durante cuatro encuentros. Sin embargo, parece que las actividades de sprints repetidos se verifican más en deportes de equipo femeninos de elite (Conte et al., 2015; Gabbett y Mulvey, 2008) con valores que se sitúan entre el 12 y el 17% de la carga total del jugador (Dalen et al., 2016). Aunque estos datos no están en línea con los hallazgos aportados últimamente por Nakamura et al. (2017) en jugadoras de fútbol del campeonato brasileño. Los autores relevaron una frecuencia muy escasa de secuencias de sprints repetidos, independientemente de usar umbrales de velocidad fijos o individuales.

Contrariamente, las repeticiones de aceleraciones realizadas en jugadores de fútbol juveniles elite fueron en media de 7.1 repeticiones con un promedio de 3.6 aceleraciones por secuencias durante catorce partidos universitarios (Barron, Atkins, Edmundson, y Fewtrell, 2016). De manera similar, los árbitros de fútbol de elite realizaron un promedio de 7 repeticiones de RAA durante las competiciones oficiales con aproximadamente cuatro aceleraciones por secuencia (Barbero-Alvarez et al., 2014)

Del mismo modo que la RAA representa una componente importante en el rendimiento del futbolista, los altos esfuerzos de aceleración se asocian con los momentos técnicos / tácticos clave de un juego, como crear o prevenir una acción de gol. Por esta razón, otra capacidad a tener en cuenta a la hora de evaluar el rendimiento en jugadores de fútbol es la Repeated high acceleration ability (RHAA) o bien la capacidad de repetir un número ≥ 3 altas aceleraciones con una recuperación de ≤ 45 s entre cada esfuerzo (Serpiello et al., 2018).

Pese a los diferentes umbrales utilizados por los autores y por tanto difíciles de comparar con otros resultados, los hallazgos encontrados por Serpiello et al. (2018) demuestran que las acciones de alta intensidad se repiten con frecuencia durante partidos oficiales en fútbol de elite juvenil señalando la importancia de evaluar la ocurrencia de la RHAA en jóvenes jugadores. Como tal, se podría argumentar que las futuras evaluaciones de rendimiento físico deberían reducir el número y la distancia de los esfuerzos, para garantizar que estén más dirigidas a las demandas de las competiciones.

Sin embargo, el tiempo y la distancia necesarios para que los jugadores alcancen altas velocidades deben tenerse en cuenta al planificar futuras evaluaciones de rendimiento (Datson, Drust, Weston, y Gregson, 2018) sin olvidar que el desarrollo de la capacidad de sprint repetido no puede ser descartado dentro de los programas de entrenamiento de fútbol debido a su asociación con el partido (Nakamura et al., 2017).

1.3.4. Diferencias en las aceleraciones entre la primera y segunda parte del partido.

La reducción de la capacidad de aceleración y desaceleración entre las fases iniciales y finales del partido ha sido analizada e identificada por varios investigadores. El número de aceleraciones y desaceleraciones realizadas depende del nivel de los jugadores, así como la competición a las que pertenecen (Ingebrigtsen, Dalen, Hjelde, Drust, y Wisløff, 2015). Ambas disminuyen más durante un partido respecto a la carrera de alta intensidad o las acciones de sprints con una reducción aproximadamente del 15 - 21% entre la parte inicial y final del partido (Akenhead et al., 2013). Estos datos están de acuerdo con el trabajo realizado por Russell et al. (2016), donde los autores observaron una reducción progresiva de la cantidad de aceleraciones y desaceleraciones realizadas a medida que iba avanzando el partido sobre todo en los últimos 15 minutos de la competición. Sin embargo, no hubo ningún cambio en la cantidad de distancia de alta intensidad cubierta y en el número de acciones de alta intensidad.

Otras diferencias entre la primera y segunda parte fueron encontradas también en pretemporada para distintos parámetros como las aceleraciones medias, las desaceleraciones altas y medias tras analizar 8 partidos (Wehbe, Hartwig, y Duncan, 2014). Sin embargo, en un estudio llevado a cabo por Bradley et al. (2010) no se produjeron cambios entre las mitades ni entre los primeros y últimos 15 minutos en la frecuencia de aceleraciones observadas durante partidos de élite cuando se consideraron 2 umbrales de intensidad (medio: $>2.5-4.0 \text{ ms}^2$ o alto: $>4.0 \text{ ms}^2$). La investigación destacó que el número de esfuerzos de aceleración moderada ($>2.5 \text{ ms}^2$) se mantuvo constante en las mitades y entre los primeros y últimos 15 minutos de partido de élite. Así pues, los autores dedujeron que probablemente los patrones de fatiga transitoria observados a partir del análisis de los datos de intensidad de velocidad eran independientes de la capacidad de aceleración de un jugador (Bradley et al., 2010)

Las diferencias registradas se detectaron de igual manera en la distribución de aceleraciones y desaceleraciones entre las posiciones de los jugadores, sin diferencias en las actividades de alta intensidad entre equipo juvenil y adultos, lo que indicaría que este parámetro podría no discriminar entre estos jugadores (Vigh-Larsen, Dalgas, y Andersen, 2018). Datos que están en línea con un estudio reciente efectuado por (Dalen, Lorås,

Hjelde, Kjøsnes, y Wisløff, 2019) sobre 34 partidos con jugadores de elite de la liga de Noruega. Los autores registraron una disminución del número de aceleraciones del 34% desde el primero de los 5 minutos de juego hasta el último (6.6 vs 4.4 aceleraciones). En este estudio solamente los centrocampistas centrales empeoraron de un 10% el número de las aceleraciones entre la primera y segunda parte del partido.

Con respecto a la RHAA, pequeñas diferencias fueron encontradas entre la primera y segunda parte y entre las posiciones de juego en partidos de futbolistas jóvenes de elite con los laterales que realizan el mayor número de aceleraciones (Serpiello et al., 2018). Existe evidencia de la reducción provocada por parte de las aceleraciones sobretodo en la segunda parte de una competición. Estos datos sugieren que las aceleraciones podrían ser una medida más estable y sensible de la disminución del rendimiento físico en comparación con las distancias recorridas a alta intensidad. Para ello, es necesario aumentar la especificidad de los programas de entrenamiento diseñados para jugadores de fútbol proporcionando una mayor comprensión de las demandas físicas específica que se requiere al futbolista y dirigir las investigaciones futuras sobre la capacidad de repetir aceleraciones máximas y sub máximas.

1.3.5. Evaluación de la capacidad de aceleraciones.

Para medir la capacidad de aceleración habitualmente se utilizan test con distancias entre 5 y 30 m que están caracterizados por sprint en línea recta y aceleraciones con cambios de dirección. Algunos autores señalan que dicha capacidad debe evaluarse en un promedio de tres repeticiones, sugiriendo el uso de pruebas con distancias entre 10 y 20 m (Sayers, Farley, Fuller, Jubenville, y Caputo, 2008) o mediante la realización de 3 sprints máximos de 15 m (Gorostiaga et al., 2009; Los Arcos et al., 2014). También se emplean distancias más largas con pruebas de 30 m a través de pruebas de una sola repetición (Gil, Gil, Ruiz, Irazusta, y Irazusta, 2007; Taskin, 2008) y test de 30 m evaluando registros de tiempos cada 10 m (Wisloff, Castagna, Helgerud, Jones, y Hoff, 2004), además de protocolos que constan de 3x30 m con un descanso de 120 s entre cada sprint (Yanci et al., 2014).

Por otro lado, cuando se considera la agilidad, entendiendo que es la habilidad de cambiar de dirección rápidamente, y el resultado de la combinación de fuerza, velocidad, equilibrio y coordinación (Draper y Lancaster 1985), es bastante habitual que las pruebas

que se emplean para evaluarla incorporen cambios de dirección rápidos y frecuentes. Se busca así evaluar acciones específicas que pueden tener una fuerte correlación con la velocidad o con la aceleración. A continuación, se detallan algunos de los protocolos más utilizados en la evaluación de la agilidad/ aceleración:

- *Test con cambios de direcciones a zigzag*, que consta de cuatro secciones de 5m establecidas en ángulos de 100° (figura 1.4). Es un test que incluye las características de agilidad de aceleración, desaceleración y control de equilibrio. Además, siendo prueba relativamente sencilla y eso reduciría los efectos de aprendizaje (Little y Williams, 2005).

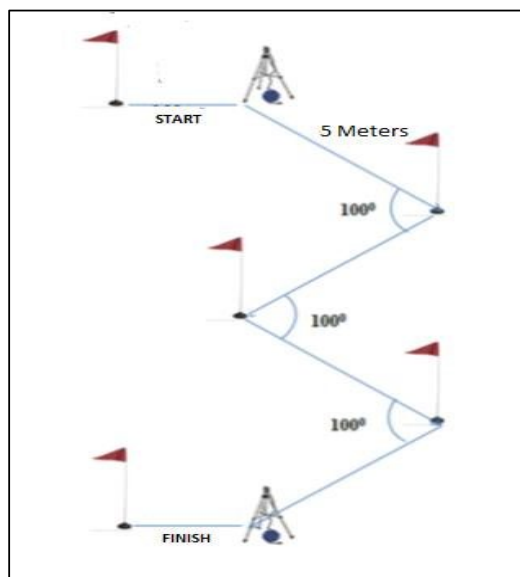


Figura 1.4. Test de agilidad/aceleración con sprint de 5 metros y cambios de dirección.

Fuente Güler y Eniseler (2017).

-*T-Test 15* (Semenick, 1990) y su versión modificada, *Modified agility test* (Sassi et al., 2009).

Tal y como se refleja en la figura 1.5 los sujetos comienzan desde el punto en el cono A y se les pide que corran en línea recta hacia el cono B. Luego, se deslizan hacia el cono C, que es el lado izquierdo. Después de tocar el cono C, se deslizan hacia la derecha y tocan el cono D. Finalmente, corren nuevamente hacia la izquierda, tocan el cono B y retroceden hasta la posición inicial. Cada sujeto normalmente realiza tres intentos, se coge el mejor para su posterior análisis. Se ha demostrado que es fiable, considerando que puede medir la velocidad y la potencia de la pierna más el cambio de velocidad de

dirección planificado previamente (Pauole, Madole, Garhammer, Lacourse, y Rozenek, 2000).

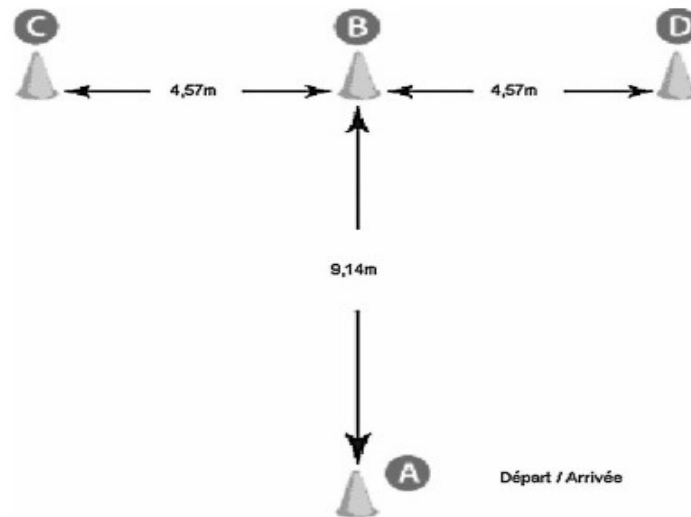


Figura 1.5. Versión modificada del Agility T-Test.

Fuente: Sassi et al. (2009).

-*Test de agilidad 505*: incorpora componentes de sprints rectos y 180° planificados previamente y consiste en recorrer a máxima velocidad 15 metros. Los autores aportaron una correlación significativa con la aceleración y desaceleración, pero poca correlación con la velocidad, concluyendo que la prueba era válida para evaluar la agilidad (Buttifant, Graham, y Cross, 1999).

-*Test L Run*: comprende cambios de dirección, propios de los deportes colectivos. La distancia total recorrida del test es de 20 m y para realizar dicha prueba se necesitan tres conos colocados en forma de L a 5 m de distancia (Webb y Lander, 1983).

Pese a la gran cantidad implementada de pruebas para evaluar la capacidad de aceleración/agilidad varios autores han criticado estos protocolos por la ausencia de la incorporación de aspectos perceptivos y cognitivos (Gabbett, Kelly, y Sheppard, 2008; Sassi et al., 2009). Además, algunas de ellas usan distancias no específicas para los deportes de equipo con una duración que puede ser más del doble que la experimentada en deportes de equipo (Spencer et al., 2004) o solamente evalúan la velocidad del cambio de dirección (Lockie et al., 2014). Debido a que algunas de estas propuestas podrían diferir mucho de la realidad de la competición se empiezan a introducir dentro de la

Tesis Doctoral – Donfrancesco, G.
Especificidad, integración e incidencia de la técnica en la evaluación de la RAA en el fútbol.

evaluación de los deportes de equipo pruebas de agilidad con una componente de toma de decisión (Lockie et al., 2014).

1.4. LA FATIGA

La fatiga muscular es uno de los factores más influyente en el rendimiento de cualquier deporte y se define como " la imposibilidad de generar una fuerza requerida o esperada, producida o no por un ejercicio precedente" (Edwards, 1981 p.1) o bien como "una reducción aguda del rendimiento que incluye tanto un aumento en la percepción del esfuerzo para producir una fuerza dada, como posiblemente la incapacidad de producir esta misma fuerza" (Barry y Enoka, 2007 p. 466).

Varios investigadores han estudiado durante los años el concepto de fatiga muscular no aclarando todavía las causas. En este contexto, Platonov (2001) agrupa en cinco factores principales las causas que condicionan la aparición de la fatiga: fisiológico, psicológico, médico, técnico y deportivo-pedagógico, aunque actualmente se considera que existen causas de diferente naturaleza relacionadas con dicho fenómeno, y son principalmente de origen central y periférico (Taylor y Gandevia, 2008) (figura 1.6).

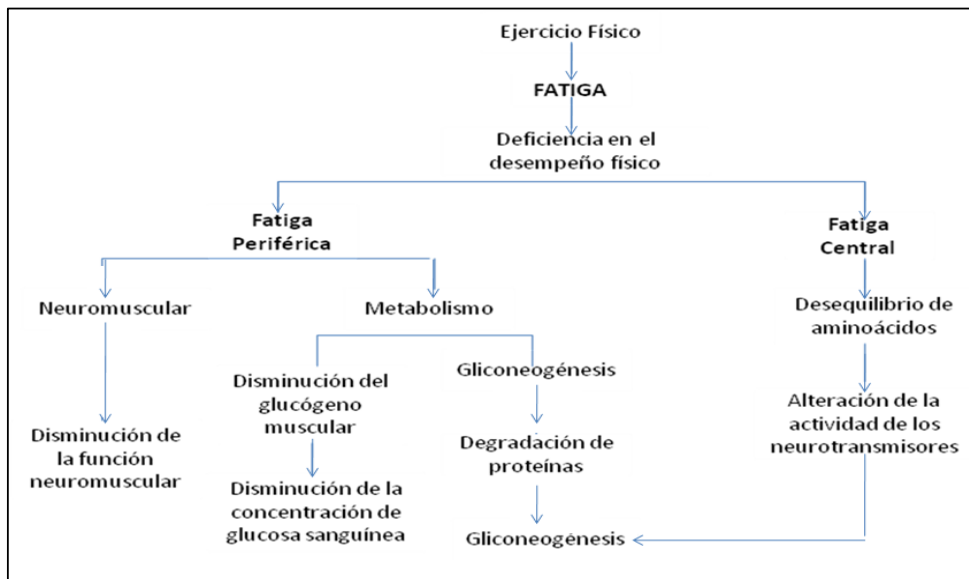


Figura 1.6. Explicación de los factores relacionados con la fatiga

Fuente: Gómez Campos (2010).

Se define central cuando la fatiga se origina en el cerebro o en la médula espinal, esta vinculada a una eficiencia reducida del control motor central, y se identifica con un fallo progresivo en la activación voluntaria muscular inducida por el ejercicio físico (Taylor y Gandevia, 2001; Taylor y Gandevia, 2008). Por otro lado, cuando las alteraciones se

producen en el funcionamiento del sarcolema o de cualquiera de los procesos que acontecen en el interior de las fibras musculares la fatiga es de origen periférica (Gandevia, 2001) generando una reducción en la transmisión del potencial de acción y una eficiencia reducida del mecanismo de excitación-contracción (Decorte, Lafaix, Millet, Wuyam, y Verges, 2012).

Las causas dependen prevalentemente de alteraciones en la homeostasis muscular, variaciones en los procesos de acoplamiento excitación-contracción (Baker, Kostov, Miller, y Weiner, 1993; Cady, Jones, Lynn, y Newham, 1989), o aumento del pH intracelular (Kent-Braun, 1999). A su vez se divide en fatiga de alta frecuencia o fatiga de baja frecuencia (Allen, Lamb, y Westerblad, 2008).

La fatiga de alta frecuencia, está asociada a la acumulación del potasio (K⁺) en el espacio intersticial provocada por ejercicio intenso (Shushakov, Stubbe, Peuckert, Endeward, y Maassen, 2007). Este tipo de fatiga se recupera en un tiempo relativamente breve y está relacionada con una reducción de la excitabilidad muscular máxima (Jones, 1996).

En cambio, la fatiga de baja frecuencia, denominada también fatiga de larga duración debido a la lenta recuperación que generalmente la caracteriza, está relacionada principalmente con una menor eficiencia del mecanismo de excitación-contracción, y en este caso está vinculada a alteraciones en los procesos de liberación y reabsorción de calcio (Ca²⁺) y / o a una sensibilidad reducida de las fibras musculares en presencia de calcio (Allen et al., 2008). Sin olvidar que la fatiga depende del tipo, la duración y la intensidad del ejercicio realizado (Millet y Lepers, 2004), se ha indicado que la fatiga central parece ser más importante cuando los ejercicios son muy prolongados en el tiempo. Por el contrario, la fatiga periférica parece ser más significativa cuando los ejercicios son relativamente cortos pero intensos (Taylor y Gandevia, 2008).

1.4.1. La fatiga en el fútbol.

En el fútbol, este descenso en el rendimiento muscular asociado con la actividad física (Allen et al., 2008) al que llamamos fatiga está normalmente representado por la incapacidad de los jugadores para mantener la intensidad requerida a lo largo del partido, y su efecto en el rendimiento es determinante. Al igual que en otros deportes, Mohr et al. (2005) identifican tres tipos de fatiga en el fútbol:

- 1) Fatiga de incidencia temporal (transitoria).
- 2) Fatiga de aparición tardía que se genera en la fase final (momentos finales) del juego.
- 3) Fatiga permanente o la que persiste en las horas o días siguientes al partido.

A continuación, vamos a analizar cada uno de ellos por separado:

Fatiga de incidencia temporal

La fatiga de incidencia temporal, es la que se genera como resultado de las fases más intensas del juego (Bradley et al., 2013; Bradley et al., 2009; Mohr, Krustup, y Bangsbo, 2005). Como se puede observar de la figura 1.7 después de 5 min de actividad de alta intensidad la contribución del jugador decrece en los siguientes 5 min (Mohr et al., 2003). Si se dividiera el partido completo en períodos de 5 minutos, se podría comprobar cómo después de los 5 minutos donde el jugador recorre más distancia a alta intensidad, aparece un período de 5 minutos en el cual la distancia recorrida a alta intensidad es significativamente menor que la media del partido. Adicionalmente la capacidad para realizar sprints repetidos empeora después de un corto período de trabajo de alta intensidad (Krustup et al., 2006) y para ello se puede afirmar que los futbolistas experimentan momentos de fatiga transitoria durante el juego.

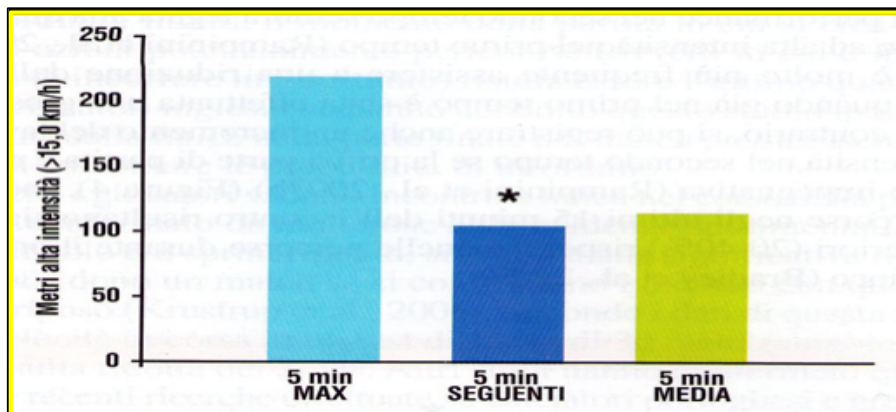


Figura 1.7. Representación de las diferencias entre el trabajo realizado a alta intensidad durante los 5 minutos más intensos, los 5 minutos siguientes que preceden el pico y el valor medio.

Fuente: Ferretti (2012).

Esta caída del rendimiento, podría estar influenciada tanto por la naturaleza de la actividad de alta intensidad como por la duración de las acciones de sprints y el tiempo

de recuperación. En la primera parte del partido, después de los periodos más intensos la capacidad de realizar sprint se reduce significativamente, mientras que al final de la primera parte la habilidad para repetir sprint parece recuperarse (Bradley et al., 2009; Krustup et al., 2006; Mohr et al., 2003).

Desde el punto de vista fisiológico la fatiga de incidencia temporal, está relacionada con el aumento de la acidosis muscular, el acumulo de lactato, o el descenso de los niveles de fosfocreatina en el músculo y con el aumento del potasio en el intersticio muscular (Bangsbo et al., 2007; Mohr et al., 2005). Sin embargo, aunque el potasio alcanza niveles elevados en los momentos más intensos de un partido, no parece ser la causa de la fatiga en los partidos de fútbol (Bangsbo et al., 2007; Girard et al., 2011).

La fatiga tardía

El concepto de fatiga tardía se asocia con la disminución del rendimiento que aparece durante la parte final del juego. La cantidad de sprint, las carreras de alta intensidad y la distancia cubierta resultan inferiores en la segunda parte del partido (Mohr et al., 2003) sin diferencias entre jugadores de elite o amateur (O'Donoghue, Boyd, Lawlor, y Bleakley, 2001). Además, ya en los últimos 15 minutos de la primera parte del partido se puede apreciar una reducción en los desplazamientos (Bradley et al., 2009). Este descenso en la capacidad de sprint en la segunda parte del partido se evidencia sobre todo en delanteros y mediocampistas (Di Salvo et al., 2009), aunque Bradley et al. (2009) detectaron una reducción de sprint en todos los roles. Solo el 3% de los futbolistas realiza mucho trabajo intenso en los últimos 15 minutos de juego y más del 40% de los jugadores se desempeña con menor intensidad en los últimos 15 minutos (Mohr et al., 2005).

Precisamente, la reducción del rendimiento en la segunda mitad del partido parece estar relacionada con la cantidad de trabajo realizado a alta intensidad en la primera mitad. Efectivamente, es mucho más frecuente ver una reducción en la capacidad de actuación cuando ya se ha realizado una gran cantidad de trabajo en la primera mitad del juego (Rampinini, Impellizzeri, Castagna, Coutts, y Wisloff, 2009). Aunque este concepto ha sido recientemente cuestionado por un aumento en el trabajo realizado a alta intensidad en la segunda mitad en cuanto tanto la distancia recorrida a alta velocidad como los sprints incrementaron en la segunda parte del partido (Akenhead et al., 2013). Según los autores

una posible explicación del aumento de las dos variables podría depender de una estrategia de “pacing” (jugadores capaces de regular el ritmo) adoptada por parte de los futbolistas si la primera parte del juego resulta ser menos exigente. La disminución de las acciones de alta intensidad en los momentos finales del partido podrían estar relacionados también con factores contextuales como por ejemplo el resultado parcial, el sistema de juego del equipo, la localización del partido, el tiempo efectivo de juego, nutrición y descanso en los días previo, así como los factores de la vida cotidiana que afectan al rendimiento (Bloomfield, Polman, y O'Donoghue, 2007; Drust, Atkinson, y Reilly, 2007; Lago-Peñas, Casais, Domingue y Sampayo, 2010).

Aunque la pérdida de rendimiento durante un partido puede verse afectada de forma distinta, la mayoría de los estudios revelan que la fatiga aparece sobretodo en la parte final de una competición debido a su fuerte relación con la depleción del glucógeno en las fibras musculares (Mohr et al., 2005) que podría reducir la capacidad para realizar un esfuerzo muscular máximo y por lo tanto disminuir el rendimiento al final del partido (Bangsbo et al., 2006). El descenso en la intensidad de juego puede encontrar explicación también en el incremento de los ácidos grasos libres en el plasma y un cambio en el uso de sustratos energéticos. De igual modo, podrían contribuir al inicio de la fatiga en la fase final del partido la deshidratación y la hipertermia (Reilly, 1997).

La fatiga post

La capacidad de los futbolistas después de un partido se reduce también durante varias horas o incluso días después de la competición. A este tipo de fatiga se le llama “fatiga post”. Tal y como afirmaron Andersson et al. (2008) esta fatiga, traducida en descensos de capacidad de salto, de rendimiento del sprint o fuerza isocinética, se manifiesta de forma similar en futbolistas hombres como en mujeres.

Estudios previos han hallado que la capacidad de realizar sprint se reduce de un 10%, incluso hasta 72 horas después del partido. Estas actividades involucran muchas contracciones musculares excéntricas y tienen el potencial de inducir dolor muscular (Ascensao et al., 2008; Ispirlidis et al., 2008). Del mismo modo, en jugadoras de elite del fútbol femenino de la liga sueca y Noruega, la primera variable que regresó a la normalidad fue la velocidad después de 5 horas, seguido del dolor muscular (69 horas),

mientras los parámetros de fuerza explosiva analizados mediante el CMJ no llegaron a los niveles basales ni siquiera después de 69 horas (Andersson et al., 2008).

La disminución de la fuerza ha sido medida también con test de Fuerza máxima (Fmax) en jugadores profesionales a través de pruebas en media sentadilla o con máquinas isocinética. Los valores registrados tras 72 horas del partido se registraron se situaron entre el 5 y el 19% (Ascensao et al., 2008; Ispirlidis et al., 2008).

De igual forma, el mayor descenso del CMJ y de contracción voluntaria máxima en los isquiotibiales y en los cuádriceps se averiguaba 24 horas después de un partido, tardando 72 horas en volver a los valores basales. Este descenso del CMJ era inversamente proporcional al número de cambios de dirección efectuados durante el partido (Mohr et al., 2005).

Adicionalmente, 20 jugadores profesionales de fútbol fueron evaluados por Rampinini et al. (2011) y observaron una reducción de la contracción voluntaria máxima del extensor de la rodilla y el rendimiento en velocidad (-8%; $p < 0.001$ y -12%; $p = 0.001$, respectivamente), además de una reducción en la actividad electromiografía (EMG) (-9%; $p < 0.001$) y un incremento del dolor muscular en comparación con los datos obtenidos antes del partido. Los valores basales tardaron en restablecerse al menos 48 horas después del partido.

Un tiempo de recuperación más amplio se necesita entre dos partidos seguidos (periodo de congestión competitiva) y puede durar 3 o 4 días siendo insuficiente para restablecer la homeostasis normal entre los jugadores con consecuente acumulación de fatiga producida por los últimos partidos. Así mismo, los jugadores podrían haber experimentado fatiga aguda y crónica lo que puede llevar a un bajo rendimiento o al aumento del riesgo de lesiones (Ascensao et al., 2008; Magalhães, Inácio, Oliveira, Ristø, y Ascensão, 2011). De hecho, Ekstrand, Walden, y Hagglund (2004) mostraron que los jugadores que tuvieron un desempeño menor en la Copa Mundial de la FIFA 2002 jugaron una media de 12.5 partidos durante las 10 semanas previas al evento. En comparación, aquellos que se desempeñaron por encima de las expectativas solo jugaron nueve partidos durante el mismo período.

Además, Dupont et al. (2010) encontraron una tasa de lesiones 6.2 veces mayor en los jugadores que jugaron dos partidos por semana en comparación con los que jugaron solo un partido por semana. También en este caso, las causas aún no se han definido con precisión. Los principales factores que podrían determinar la disminución en los sprints y en la fuerza se pueden atribuir al nivel de condición física de los jugadores y a la intensidad del partido que es diferente de un partido a otro. Sin embargo, el agotamiento de glucógeno muscular, el daño muscular por un ejercicio y la respuesta hormonal al trabajo realizado durante el partido son las principales causas que se pueden considerar en el intento de explicar la fatiga posterior al fútbol (Ascensao et al., 2008; Ispirlidis et al., 2008; Krustup et al., 2006).

1.4.1.1. Reducción del rendimiento asociado a la fatiga.

Como se ha mostrado previamente, la mayoría de los autores concuerdan en una disminución del rendimiento entre la primera y segunda parte del partido, afectando tanto las acciones de sprints como la distancia total recorrida a alta intensidad. De igual modo el aumento de la fatiga que la disminución del número de acciones a alta intensidad afecta a las posibilidades técnicas y tácticas del equipo. La aparición de la fatiga causa una disminución de las ejecuciones técnicas como por ejemplo pasar y recibir la pelota (Hoff, 2005; Njororai, 2012) así como una reducción en el número y en el éxito de pases cortos (Rampinini et al., 2009). En la organización del juego, este déficit se manifiesta tanto en fase posesión de balón como en fase de no posesión (Bradley et al., 2009; Rampinini et al., 2009).

Si analizamos la caída del rendimiento según la posición táctica, esta caída es mayor por parte de los defensas respecto a los delanteros conforme vaya aumentando el tiempo de juego (Nioraji, 2014). Contemporáneamente a la disminución del rendimiento físico y de las acciones técnicas y tácticas, se realiza un aumento del número de gol marcados en la segunda parte, donde la mayor proporción se verifica entre el minuto 76 y 90 de juego, y es considerado como un periodo crítico y bastante equilibrado (Njororai, 2014). Beghi (2008) en su tesis efectuó un análisis sobre la distribución de todos los goles marcados en la Serie A (4360) desde la temporada 2001 hasta 2006 y reportó una diferencia de casi el 10% de goles anotados entre la primera y segunda parte del partido (figura 1.8).

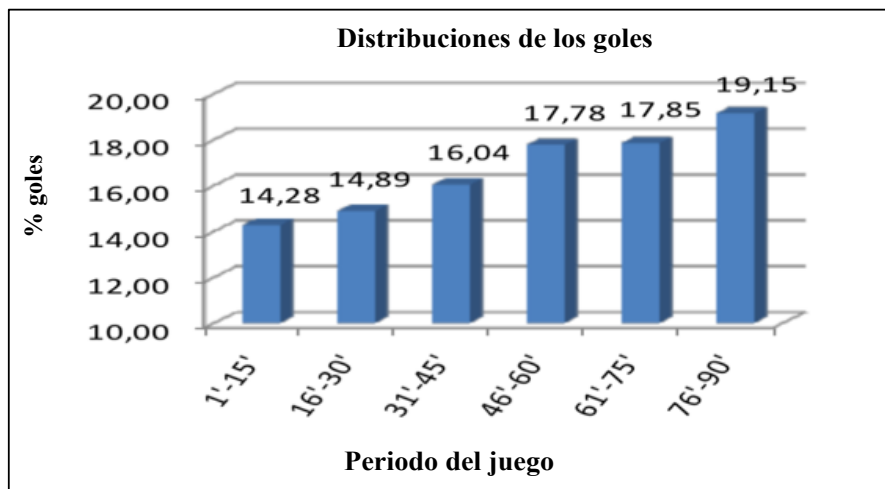


Figura 1.8. Porcentaje de distribuciones de los goles en fracciones de 15 minutos

Fuente: Beghi (2008).

Estos datos están en línea con la publicación de Arcelli, Pugliese, Borri, y Alberti (2010), quienes observaron un incremento de los goles en la segunda mitad del encuentro. En sus análisis de datos recogidos durante los 1.138 partidos, el 42.4% de los goles se marcaron en el primer tiempo, mientras el 57.6% en el segundo. La caída en la eficiencia física en la fase final de un partido, puede llevar a un aumento en las posibilidades de recibir un gol. Esto es extremadamente importante para determinar el resultado de un partido, ya que incluso un gol, marcado en el comienzo o en la parte final puede ser difícil de recuperar. Por esta razón, los equipos capaces de limitar la fatiga progresiva de sus jugadores tienen una mayor probabilidad de marcar goles y una menor probabilidad de recibirlos (Arcelli et al., 2010).

En el área de desempeño físico, la fatiga en los minutos finales del partido se manifiesta también con el aumento del número de lesiones por sobrecarga (Ascensão, Magalhães, Oliveira, Duarte, y Soares, 2003). Debido a las demandas específicas del fútbol, la incidencia de las lesiones es significativamente más alta que en otros deportes de equipo, como hockey, voleibol y baloncesto. Así, los futbolistas se convierten en los deportistas de equipo más susceptibles de sufrir lesiones durante la práctica deportiva (Van Winkel, Helsen, Meert, McMillan, y Bradley, 2014). La localización más común de las lesiones la encontramos en los miembros inferiores, siendo el 77-93% del total de las lesiones las que afectan a dichos miembros produciéndose en los minutos finales del partido, lo que asociaría la aparición de la fatiga en dichos momentos del encuentro (Woods et al., 2004).

Por último, y de gran relevancia para la realización de este trabajo, los estudios analizados evidencian la importancia de mejorar la condición física y psicológica de los futbolistas con el fin de mantener sus habilidades técnicas y tácticas en toda la competición sin disminuir el rendimiento, especialmente en los últimos 15 minutos de juego. Con la intención de no disminuir la intensidad y la eficacia, sobretodo en los últimos 15 minutos de juego, y utilizar estrategia para que los jugadores se enfrenten al “peor de los casos”, será muy importante diseñar ejercicios específicos en condiciones de fatiga elevada e individualizar el entrenamiento (Dawson, 2012; Serpiello et al., 2018).

1.4.2. Factores limitantes en pruebas de múltiples sprints.

Los mecanismos responsables del rendimiento en múltiples sprints son diferentes y están asociados con varios factores: por un lado, a nivel muscular (Buchheit, Mendez-Villanueva, et al., 2010; Girard et al., 2011) y por otro a nivel neuronal (Fernández, Sánchez, y Vicente, 2014; Girard et al., 2011). A nivel muscular esta fatiga puede depender de la excitabilidad de la fibra muscular, de las limitaciones en el aporte energético (disponibilidad dePCr, glucólisis anaeróbica y metabolismo oxidativo), o de la acumulación de metabolitos. Igualmente, los factores neuromusculares pueden afectar el rendimiento (transmisión del impulso nervioso y reclutamiento de fibras musculares), junto con la regulación del stiffness y las condiciones ambientales (Girard et al., 2011). En cualquier caso, debido a la complejidad de la capacidad de repetir sprint no existe una única causa responsable de todas las manifestaciones de fatiga. Y es cierto que la fatiga durante el rendimiento en pruebas de múltiples sprint puede variar en función de factores tales como: la intensidad y la duración de cada período de ejercicio, el tiempo de recuperación, la intensidad durante el tiempo de recuperación, y el número de repeticiones (Balsom et al., 1992; Billaut et al., 2006).

Es una noción ampliamente aceptada que la fatiga en pruebas de múltiples sprints aparece rápidamente después del primer sprint. Además, muchos autores han determinado una correlación positiva entre la potencia y velocidad del primer sprint y la disminución del rendimiento durante dichas pruebas (Bishop, Lawrence, y Spencer, 2003; Mendez-Villanueva, Hamer, y Bishop, 2008). Para ello, los atletas con un mejor rendimiento en el primer sprint son los que manifiestan un trastorno metabólico más alto a causa de una

mayor contribución del metabolismo anaeróbico que a su vez se ha relacionado con una mayor disminución del rendimiento (Gaitanos, Williams, Boobis, y Brooks, 1993).

Así mismo, Bishop et al. (2011) señalaron que sujetos con menores reservas de energía anaeróbica, lo que implica una menor dependencia del metabolismo anaeróbico, mostraron una mayor resistencia a la fatiga durante secuencias de sprints repetidos. Por lo tanto, la producción mecánica inicial de sprint en sí misma no puede explicar únicamente los decrementos en el rendimiento durante pruebas de sprint repetidos. Y de la misma forma, ante un sprint inicial más lento, los deportistas muestran una mejor resistencia a la aparición de la fatiga (Bishop y Edge, 2006). En cambio, en un estudio reciente sobre el metabolismo aeróbico no fue encontrada ninguna correlación entre la capacidad máxima de consumo de oxígeno y la capacidad de realizar sprint repetidos en futbolistas profesionales en situaciones reales de juego (Silva et al., 2018).

1.4.2.1. Cuantificar la fatiga durante la ejecución de sprints múltiples y variables utilizadas para determinar el rendimiento en pruebas de sprints repetidos.

En cuanto a la forma de cuantificar esta pérdida de rendimiento, los indicadores más comunes para cuantificar el grado de fatiga alcanzado por un deportista durante una prueba de sprints repetidos en fútbol son el Índice de Fatiga (FI) y el Índice de Decremento. El término índice de fatiga generalmente se ha utilizado para describir el proceso que calcula la caída en el rendimiento del mejor al peor resultado durante pruebas de sprints repetidos (Pyne, Saunders, Montgomery, Hewitt, y Sheehan, 2008), mientras que el índice de decremento trata de representar el rendimiento realizado en relación al mejor rendimiento posible para cada jugador.

Un alto índice de fatiga es sinónimo de la incapacidad para reponer los depósitos de PCr y eliminar el lactato durante los sprints (Tomlin y Wenger, 2001). Por otro lado, un índice de fatiga bajo indica que el sujeto posee una buena capacidad para recuperarse entre los sprints (Svensson y Drust, 2005). Al mismo tiempo, el porcentaje de decremento intenta cuantificar la fatiga comparando una performance real con un rendimiento ideal (Oliver et al., 2007).

Las fórmulas más utilizadas en pruebas de RSA son las siguientes:

- DEC: Índice de Decremento (Fitzsimons et al., 1993)

Porcentaje de decremento

Fórmula: Fatiga: =100 (suma de todos los sprint /número de sprint x mejor sprint)-100.*

- FI2: Índice de Fatiga Change (Pyne et al., 2008) Porcentaje de cambio en el tiempo entre el primero y ultimo sprint

Fórmula: Fatiga: 100[(RSA ultimo-RSA primero) /RSA primero]*

- FI3: Índice de Fatiga propuesto por Glaister, Howatson, Pattison, y McInnes (2008)

Porcentaje de incremento en el tiempo entre la media de los dos mejor y los dos peores sprints.

*Fórmula: ((los dos peores sprints/2)-(los dos mejores/2)) / (los dos mejores sprints/2)) *100*

Otras variables utilizadas para poder determinar el rendimiento en pruebas de RSA son el tiempo total empleado en realizar todos los esfuerzos que componen el test (RSA total), el tiempo medio (RSA media) el mejor sprint (RSA mejor) o el peor sprint (RSA peor).

-RSA Total: Suma de todos los tiempos obtenidos en la prueba. Es el resultado global del test y es como un indicador de la capacidad para realizar ejercicio intermitente a la máxima intensidad.

-RSA media: Para obtener el tiempo medio se divide el resultado obtenido por el número de repeticiones que se han realizado.

-RSA mejor: Es el menor tiempo conseguido en los sprints efectuados y es un indicador de la potencia del sujeto.

-RSA peor: Es el mayor tiempo empleado en la realización de los sprints.

1.4.2.2. Fiabilidad de los indicadores de fatiga.

Así pues, estos indicadores de fatiga (DEC e FI) representan un parámetro útil para la cuantificación de la fatiga durante pruebas de RSA. Pero a pesar de su importancia, es indispensable recalcar que cualquier índice se debe observar con precaución (Hughes,

Doherty, Tong, Reilly, y Cable, 2006; McGawley y Bishop, 2006). Por ejemplo, inicialmente han sido criticados a causa de la fuerte relación encontrada con el sprint o esfuerzo inicial (Mendez-Villanueva et al., 2008), que podría condicionar el rendimiento durante todo el test. Esto puede ser probablemente atribuido como ya hemos visto, a que los sujetos con un mejor rendimiento en el sprint inicial, tendrán mayores cambios en la acumulación de metabolitos musculares, a causa de una mayor contribución anaeróbica (Gaitanos et al., 1993) con consecuente aumento de la fatiga y un mayor decremento en el rendimiento en el test.

Posteriormente, los estudios que han investigado la fiabilidad de los protocolos de sprints repetidos, nos han informado que los índices de fatiga presentan CV enormes con valores que varían entre el 11% y el 78.2% (Buchheit, Spencer, et al., 2010; Castagna et al., 2018; Oliver et al., 2007). Esta gran variabilidad podría ser provocada por los procedimientos matemáticos involucrados en las formulas que podrían aumentar la magnitud intrasujeto (Oliver, 2009), pero también por propia mayor variabilidad intra en la fatiga frente al rendimiento.

No obstante, Glaister et al. (2008) al comparar ocho propuestas de indicadores de fatiga, concluyeron que el cálculo del porcentaje de decremento originalmente propuesto por Fitzsimons et al. (1993) fue el más válido y fiable para cuantificar la pérdida de rendimiento en test de RSA. El hecho de tener en cuenta en su cálculo todos los sprints realizados a lo largo de una prueba podría representar una ventaja importante respecto a los otros índices (Girard et al., 2011). Por tanto, a la hora de analizar el rendimiento en pruebas de múltiples sprints es necesario contextualizar el valor de los índices analizados que por sí solos no pueden ser indicativos de una buena o mala capacidad para realizar sprints repetidos (Girard et al., 2011; Racinais, Perrey, Denis, y Bishop, 2010). Y resulta esencial interpretar el valor obtenido por cada índice de fatiga, debido a su gran variabilidad, como un indicador temporal del nivel de aptitud de la capacidad de RSA en jugadores jóvenes de fútbol (Castagna et al., 2017; Spencer, Fitzsimons, Dawson, Bishop, y Goodman, 2006).

En cambio, los tiempos de carrera tienen CV que van del 0.7 al 2.7% demostrando una buena reproducibilidad (Buchheit, Spencer, et al., 2010; Castagna et al., 2017; Oliver et al., 2007; Oliver, 2009; Spencer et al., 2006; Wragg et al., 2000). Por ello es aconsejables

utilizar los FI junto con el tiempo total o el tiempo promedio. Además, a nivel práctico, estas dos variables son las que más información aportan a entrenadores y futbolistas sobre la habilidad de sprints repetidos (Spencer et al., 2006). Sería pues conveniente profundizar el conocimiento sobre los indicadores de fatiga como parámetro de cuantificación de la pérdida de rendimiento en pruebas de RAA, en cuanto hasta el momento los estudios publicados han tenido en cuenta la utilidad y la información aportada por los índices de fatiga solamente en pruebas de RSA.

1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Como ya se mencionó, el fútbol es un deporte donde todos los factores se interrelacionan y la actividad se caracteriza por la diversidad de las acciones técnicas, coordinativas y también por variantes metabólicas. Es determinante, por tanto, una cierta complejidad en la preparación de los futbolistas. Se deberán afrontar distintas variantes circunstanciales, tanto desde el punto de vista técnico como condicionales. El proceso de entrenamiento será variado y polivalente; requerirá orientarse a estímulos y contenidos mucho más tangibles que a conceptos como la velocidad, la fuerza, la habilidad y la coordinación. Con el fin de hacer frente a las exigencias físicas y mantener el nivel técnico a lo largo de un partido es esencial que los jugadores tengan un alto nivel de preparación física, pero también, y quizá aun más importante, que sean capaces de mantener su calidad técnico-táctica en condiciones de fatiga.

La capacidad para realizar acciones de alta intensidad es considerada un aspecto clave, y ocupa un lugar prioritario dentro de los programas de intervención del futbolista. Inicialmente, la atención de los investigadores se ha enfocado en la capacidad de repetir sprints con una recuperación corta entre esfuerzos. Sin embargo, el desarrollo de sprints repetidos en deportes de equipo es poco frecuente con secuencias que generalmente incluyen menos de tres sprints repetidos (Carling et al., 2012). Por esta razón, la validez de la RSA se ve cuestionada por varios investigadores, siendo más apropiado utilizar la RSA como una variable independiente en lugar de una dependiente, debido a los beneficios que aportan los métodos de entrenamiento basados en sprints repetidos (Taylor et al., 2016). De forma más específica la cuantificación de las demandas de aceleración y desaceleración del juego proporcionaría más información sobre las características relacionadas con la fatiga de los jugadores de fútbol y al mismo tiempo puede afectar la efectividad del jugador y reducir la potencia ofensiva o defensiva del equipo.

En este contexto, es necesario introducir nuevas variables en el análisis del futbolista, como pueden ser las aceleraciones y desaceleraciones con la finalidad de conseguir un buen nivel de rendimiento. Además, debido al carácter multifactorial del fútbol es necesario que la metodología del fútbol sea dirigida a incrementar el nivel de rendimiento del equipo desde la globalidad, integrando factores y elementos de la competición. Elegir métodos de entrenamiento siempre más específicos, diseñar tareas que puedan preparar

al deportista para competir en situaciones adversas, y la elección adecuada de los contenidos de trabajo, representan unos de los objetivos primordiales de la ciencia del deporte con el fin de mejorar el rendimiento del deportista. Así mismo, la valoración de la aptitud física del futbolista requiere pruebas que sean lo más parecida posible a la actividad realizada.

Teniendo en cuenta que la mayoría de los protocolos se centran en evaluar la condición física olvidando las habilidades técnicas, o bien se apoyan en test o baterías de test para evaluar aspectos por separado. Y puesto el interés por parte de los investigadores en la capacidad de realizar aceleraciones y desaceleraciones específicas, se hace necesario la realización de un nuevo test que permita optimizar la forma de evaluar simultáneamente aquellas capacidades que se dan de forma combinada en el juego.

Finalmente, más allá de la evaluación de fatiga específica tras una secuencia corta, recientemente se pone la atención en el entrenamiento para hacer frente a la fatiga en el llamado peor escenario posible, aquel en el que el jugador pueda sentir fatiga transitoria pero también la acumulación de cansancio en situaciones de final de tiempo, partido, etc. Mantener la calidad en esa situación puede ser determinante. Al igual que tener datos que cuantifiquen la pérdida de rendimiento y calidad en esas situaciones de máxima fatiga.

Tras una revisión exhaustiva de la literatura al respecto, no figura un test único que permita la evaluación integrada de las diferentes manifestaciones condicionales específicas para los futbolistas. Tampoco hemos localizado ningún trabajo que analice la incidencia de introducir elementos técnicos dentro de la evaluación de la capacidad de repetir aceleraciones en condiciones de fatiga elevada, tal y como se ha trabajado en esta tesis.

CAPÍTULO 2.
METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivos generales de la investigación.

A partir de las inquietudes que aparecen en el apartado anterior, y teniendo como referencia los trabajos analizados hasta el momento, el objetivo general de esta tesis doctoral fue diseñar un test de RAA que permita integrar la evaluación conjunta de las diferentes manifestaciones condicionales que son específicas para los futbolistas: por tanto, un test complejo de RAA. Para definir de forma más concreta este objetivo, a continuación, haremos mención de los objetivos específicos.

2.1.2. Objetivos específicos.

Estudio 1

- 1) Comprobar la fiabilidad relativa y absoluta del Test UST.
- 2) Determinar la utilidad del Test UST para detectar cambios entre momentos de muestreo.

Estudio 2

- 3) Examinar las diferencias en la capacidad de RAA entre jugadores profesionales y estudiantes talentosos a través del Test UST.
- 4) Estudiar el comportamiento de los indicadores Psicológicos/fisiológicos (lactato, frecuencia y Esfuerzo Percibido), en función del grupo de nivel deportivo en el test UST.

Estudio 3

- 5) Analizar la pérdida de rendimiento en el test UST (SEC-A) en comparación con una prueba tradicional de RSA Test de Bangsbo (BAT).
- 6) Conocer la información que se extrae de los índices de fatiga habituales en los test de múltiples sprint/aceleración.
 - 6.1) Identificar el más conveniente en el caso de que lo hubiera.

2.2. HIPÓTESIS

Estudio 1

H1.

El test UST es fiable para evaluar la capacidad de RAA en jóvenes futbolistas.

H2.

El hecho de realizar dos pruebas (test-retest) y evaluar a 12 sujetos podría no ser suficiente para detectar un cambio mínimo entre las dos sesiones.

Estudio 2

H3.

Los jugadores de fútbol profesionales tienen mayor capacidad en pruebas de repetir sprint y acelerar continuamente frente a los estudiantes talentosos.

H4.

El tramo técnico del Test UST provoca una pérdida mayor de rendimiento en los estudiantes talentosos debido a una conducción de pelota menos exitosa y marca de forma significativa las diferencias entre los dos grupos.

H5.

La mejor respuesta fisiológica de los jugadores profesionales en las series de carreras de alta intensidad se reflejará en valores menores de lactacidemia, frecuencia cardíaca y esfuerzo percibido (BLA, HR y RPE respectivamente).

Estudio 3

H6.

El test UST genera más fatiga respecto al test de Bangsbo, provocando una pérdida de rendimiento mayor en la sección analizada (UST SEC-A).

H7.

Los índices de fatiga proporcionan información diferente, con independencia de la prueba y habilidad evaluada (RSA vs RAA).

H7.1.

El índice de decremento es el más adecuado para las dos pruebas (RSA y RAA).

Las observaciones y conclusiones de los estudios deben reportar aplicaciones prácticas y orientaciones en una prueba de RAA teniendo en cuenta, tanto las características del propio deportista como la categoría deportiva a la que pertenezcan o el nivel de rendimiento.

2.3. DISEÑO Y SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que la finalidad era proponer un test válido, fiable y con una buena capacidad de cribado, que intentara evaluar de forma integrada y compleja las manifestaciones más frecuentes en el fútbol, era fundamental escoger una muestra lo más representativa posible. Por ello, en su concepción global, este trabajo de investigación se llevó a cabo con una muestra de 50 deportistas que fueron agrupados por su nivel de rendimiento en tres categorías:

- 13 futbolistas semiprofesionales Torrent F.C. de la categoría juvenil **(G1)**
- 13 futbolistas profesionales pertenecientes al Valencia C.F. del equipo filial [Valencia Mestalla] **(G2)**
- 24 estudiantes talentosos de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Valencia **(G3)**

2.3.1. Criterios de selección y exclusión de la muestra.

Con objeto de seleccionar y clasificar a los deportistas participantes en el estudio, se había establecido previamente una serie de criterios básicos, tanto de participación como de exclusión:

La elección del G1 y G2 (futbolistas) respondió a los siguientes criterios:

- ✓ Futbolistas profesionales.
- ✓ Mayores de 16 años.
- ✓ Asistir puntualmente a las sesiones de entrenamiento del propio equipo (completar al menos el 80% de las sesiones).

La elección del G3 (estudiantes talentosos) respondió a los siguientes criterios:

- ✓ Sanos sin patología previa conocida.
- ✓ Practicar regularmente actividad física a nivel medio/alto.
- ✓ Tener una buena capacidad condicional y una tolerancia a la fatiga suficiente para realizar los test.
- ✓ Poseer un buen dominio técnico.

Como criterios de exclusión:

- Personas menores de 16 años

- Personas con una alguna patología, o lesión durante el período de la intervención, que impidiese la realización de algunos de los test o pudiese alterar significativamente el resultado de los mismos.
- Jugadores que tuvieran la demarcación de porteros.

A lo largo de los estudios se han perdido algunos jugadores por fatiga, no asistencia el día de la evaluación o una contusión en el partido (ver diagrama de flujo, figura 2.1), por lo que muestra final ha quedado configurada como sigue:

- 12 futbolistas juvenil Torrent FC (G1) con edades comprendidas entre 16 y 18 años (promedio de 17 ± 0.78 años).
- 10 futbolistas profesionales que pertenecían a al equipo Mestalla Futbol Club (G2) con una edad comprendida entre 16 y 19 años (17.6 ± 1.17 años).
- Y 13 estudiantes de la Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport de la Universitat de València (FCAFE; G3), con una edad comprendida entre 19 y 29 años (21.92 ± 2.62 años).

Es importante señalar que la realización del estudio ha sido posible gracias a la Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport de la Universitat de València, al equipo filial del Valencia C.F. y al equipo Torrent F.C. categoría juvenil, quienes colaboraron en la cesión de deportistas y de sus propias instalaciones.

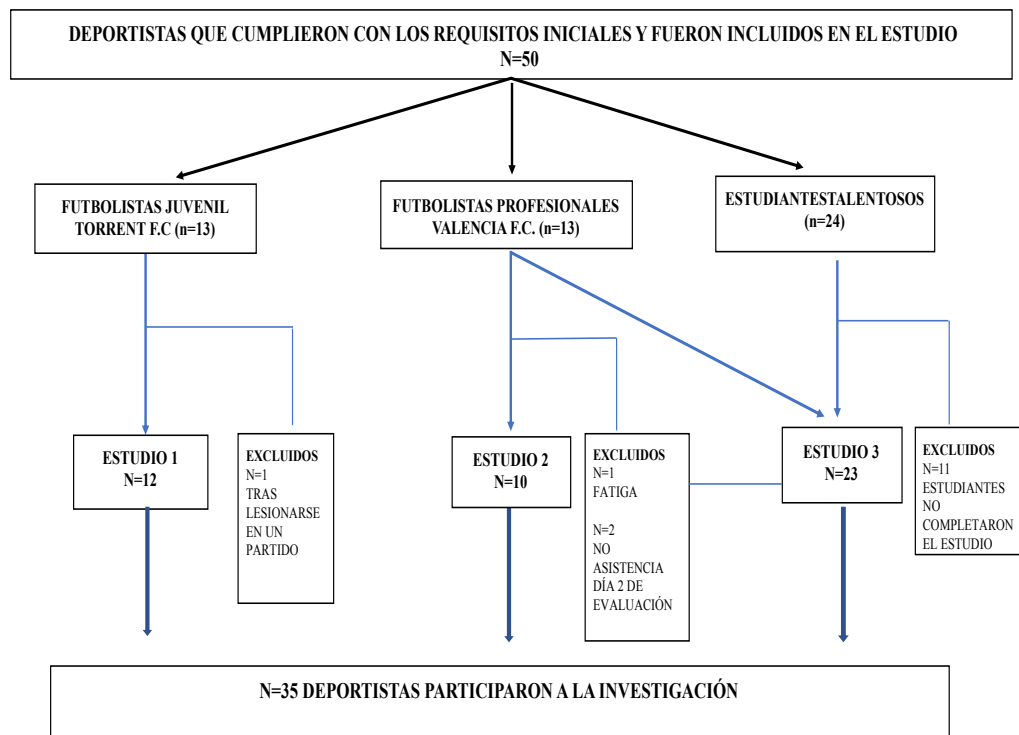


Figura 2.1. Diagrama de flujo: Representación de la muestra que participó a la investigación

2.3.2. Consideraciones éticas.

Antes de su participación todos los atletas fueron informados de las pruebas a las que se iban a someter, así como de los objetivos, requisitos y características del estudio (anexo 1). Siguiendo las normas éticas en investigación con menores, tras recibir la citada información tanto los padres o responsables legales de los deportistas, como los propios deportistas, firmaron una hoja de consentimiento informado (anexo 2) como muestra de aceptación de este protocolo. Igualmente, se informó de que los datos personales y los resultados serían usados siempre de forma anónima y únicamente para extraer información y divulgarla a la Comunidad Científica.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética para la Investigación con Humanos de la Universidad de Valencia (“Especificidad, integración e incidencia de la técnica en la evaluación de la RAA en fútbol”, número de procedimiento H1413968308972). Y la participación fue voluntaria, de la tal manera que cada deportista en cualquier momento podía decidir no participar o cambiar su decisión y retirar el consentimiento.

2.4. DISEÑO Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE LA INVESTIGACIÓN

Dadas las características de los datos, los tres estudios que se presentan en esta tesis forman parte de una investigación cuantitativa, en el que por el grado de manipulación de las variables y los objetivos del mismo se incluye dentro de una investigación cuasi experimental de corte transversal. El estudio ha sido desarrollado de forma puntual, pactando con los implicados la concentración de los test en un periodo de tiempo corto y no perjudicial para los deportistas para minimizar al máximo el impacto de la evaluación sobre el rendimiento de los sujetos.

Igualmente, en todos los casos los test fueron realizados por los deportistas de cada grupo en un momento cercano en el tiempo para evitar las posibles interacciones. Se trabajó con intensidades próximas a las de sus entrenamientos semanales y la duración de cada sesión ha sido aproximadamente de 50/60 minutos por cada deportista. A continuación, se detallan de forma independiente los procedimientos experimentales según el estudio correspondiente, ya que fueron diseñados y llevados a cabo de forma independiente y en diferentes fases, para dar respuesta a los objetivos planteados en cada caso.

2.4.1. Diseño del procedimiento experimental.

A continuación, se ilustra en las figuras 2.2, 2.3 y 2.4 el diseño del procedimiento experimental llevado a cabo en los tres estudios.

TEST-RETEST							
CITA y EXPLICACION	COMPOSICION CORPORAL	FRECUENCIA CARDIACA Y SATURACION	REST Q	ACTIVACION	ACTIVIDAD LIBRE	TEST UST	FRECUENCIA CARDIACA Y SATURACION
Aprox.15min	5min	2min	5min	10min	5min	7min	5min
PRE-TEST							POST-TEST

Figura 2.2. Estudio 1: Diseño del procedimiento experimental

Nota. Deportistas que participaron al estudio 1: Grupo futbolistas Torrent FC (G1)

TEST UST													
CITA y EXPLICACION	HRV	RESTQ	ANTROPOMETRIA -TA -SAT	ACTIVACION	1' TROTE SUAVE+ ACTIVIDAD LIBRE	10 M LINEALES+ 2'REC	2(CMJ ND+CMJD+CMJ) REC 30"SALTOS PRE	ACTIVIDAD LIBRE	LACTATO PRE-TEST	TEST UST	SATURACION Y TA LACTATO 3'	2(CMJ ND+CMJD+CMJ) REC 30"SALTOS PRE	HRV (DEL 5' AL 15') SAT FINAL
Aprox.15min	10min	5min	5min	10min	2min	3min	3min	5min	2min	7min	3min	3min	10min
PRE-TEST											POST-TEST		

Figura 2.3. Estudio 2: Diseño del procedimiento experimental

Nota. Deportistas que participaron al estudio 2: Grupo FC Valencia Mestalla (G2); estudiantes talentosos (G3)

TEST BANGSBO VS UST													
CITA y EXPLICACION	HRV	RESTQ	ANTROPOMETRIA -TA -SAT	ACTIVACION	1' TROTE SUAVE+ ACTIVIDAD LIBRE	10 M LINEALES+ 2'REC	2(CMJ ND+CMJD+CMJ) REC 30" SALTOS PRE	ACTIVIDAD LIBRE	LACTATO PRE-TEST	TEST BANGSBO/UST	SATURACION Y TA LACTATO 3'	2(CMJ ND+CMJD+CMJ) REC 30" SALTOS PRE	HRV (DEL 5' AL 15') SAT FINAL
Aprox.15min	10min	5min	5min	10min	2min	3min	3min	5min	2min	4min/7min	3min	3min	10min
PRE-TEST											POST-TEST		

Figura 2.4 Estudio 3: Diseño del procedimiento experimental:

Nota. Deportistas que participaron al estudio 3: Grupo FC Valencia Mestalla (G2)

2.4.2. Variables estudiadas e instrumentos de evaluación.

Con independencia de los tres estudios, las variables objeto del estudio se pueden clasificar en:

Variables independientes:

Variable de agrupación en función del nivel de rendimiento, con tres niveles:

- G1- Deportistas semiprofesionales de categoría juvenil (Estudio 1)
- G2- Deportistas profesionales (Estudio 2 y 3)
- G3- Estudiantes con buena aptitud condicional y técnica (Estudio 2).

b) Variable intragrupo, para analizar el test, bien en comparación consigo mismo, bien con el test de Bangsbo, con dos niveles, por tanto:

- 1) Test UST
- 2) Test de Bangsbo

Variables dependientes

En cuanto a las variables dependientes, se presentan agrupadas según lo que mide cada una:

Variables para la evaluación del rendimiento:

- Tiempos (s)
- Velocidad (Km/h)
- Saltos
- Precisión (Aciertos/errores)

Variables fisiológicas o de control de la carga:

- Esfuerzo percibido (EP)
- Frecuencia Cardíaca (HR)
- Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (HRV)
- Lactato (BLA)
- Saturación del Oxígeno (SaO₂)
- Tensión Arterial (TA)

Variables de control

- Composición corporal
- Antropometría
- Estado físico/bienestar psicológico (Rest Q)

2.4.2.1. Control de las variables extrañas.

Con la finalidad de controlar todas las variables para poder asegurar que los resultados obtenidos se deben al manejo de las variables independientes, resultó imprescindible establecer un procedimiento estandarizado que permitiera reducir al mínimo las variables extrañas que puedan influir a los resultados finales. Para ello se tomaron varias consideraciones:

Pruebas de familiarización:

Todos los sujetos realizaron al menos una sesión de familiarización en la cual cada participante practicó el Test UST.

Lugar de realización del test:

Todos los deportistas del Torrent F.C. y del Valencia C.F. efectuaron las pruebas en las instalaciones de sus clubs, lugar habitual de entrenamientos y competiciones. Los alumnos de la FCAFE realizaron todas las pruebas en el mismo campo de la Universidad de Valencia en el que realizan sus clases.

Una semana previa a la realización de las sesiones, se informó a los sujetos de los siguientes requisitos:

- ✓ Evitar realizar ejercicio de alta intensidad las 48 horas previas, como mucho una sesión aeróbica suave 36 horas antes.
- ✓ Respetar descanso nocturno.
- ✓ Llevar una dieta sana y equilibrada.
- ✓ Restringir las salsas o alimentos ácidos.
- ✓ Abstenerse de beber alcohol en las 48 horas antes del test.

El día de la prueba:

- Todas las pruebas se desarrollaron con la indumentaria deportiva necesaria y en unas condiciones climatológicas adecuadas. Se recordó a todos los participantes implicados en la intervención la importancia de realizar el protocolo con la máxima concentración e implicación.
- Se empleó el cuestionario REST Q 76 sport (Recovery Stress Questionnaire for Athletes), en su versión española (González-Boto, 2007) para medir el estado físico y las variables psicológicas de forma personal y comprobar que ninguno de los sujetos evaluados se encontrara sobreentrenado.
- Los deportistas realizaban las pruebas de manera individual y fueron citados con un intervalo de 15 minutos entre cada uno de ellos.
- Con la finalidad de que una prueba no se viera afectada por la otra, todos los participantes realizaron los protocolos con una separación mínima de al menos 48 horas entre ellos y en el caso de los equipos de fútbol los test fueron realizados en un periodo que no era perjudicial para los futbolistas y con la intención que no condicionaran la competición.
- Se intentó respetar la misma franja horaria de utilización de los protocolos para un mismo sujeto.
- Los investigadores principales implicados en la intervención fueron siempre los mismos. De este modo los sujetos que participaron en la investigación no fueron influenciados por criterios diferentes en la evaluación.

2.5 INSTRUMENTOS Y PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN

2.5.1. Test UST.

El test UST fue diseñado pensando en las acciones más comunes que, de forma repetitiva, acontecen en el terreno de juego, incluyendo desplazamientos sin balón (sprint lineales cortos y sprint de ida y vuelta) y acciones técnicas como aceleraciones breves explosivas, conducción y pase de balón en ambas direcciones laterales. Se trata de una propuesta que permite integrar la evaluación conjunta de las diferentes manifestaciones condicionales que son específicas para los futbolistas e introduce elementos técnicos dentro de la evaluación de la RAA en un único protocolo (Fig.2.5). Tal y como se observa en la figura, el test se estructura en 7 tramos de 10 m donde en cada uno de ellos se realiza una acción determinada, agrupados en tres secciones:

- *Sección A: Parte RAA sin balón.*

La Sección A consta de tres tramos de 10 m. Los 30 m se dividen en 10 m de recorrido lineal, y tras una micropausa, 20 m de ida y vuelta (10+10 m)

- *Sección B: Parte técnica de RAA*

La sección B consta de dos tramos de 20 m, cada uno de ellos en forma de 2*10 m con cambio de dirección. En los 10 m primeros se acelera hasta recoger la pelota, que se conduce y se pasa en los 10 m siguientes. Esta aceleración se inicia en los dos casos con una acción explosiva a modo de finta en la dirección contraria a la que se realiza el cambio de dirección. Entre ambos tramos de 20 m hay una nueva micropausa. Los 40 m permiten al futbolista recorrer fintar, cambiar de dirección y conducir y pasar hacia ambos lados.

- *Sección C: Realización de un salto con contramovimiento (CMJ) máximo para el seguimiento de la fuerza elástica explosiva en forma de salto.*

El protocolo de UST permite ajustar el número de rondas a las características de los deportistas, y en esta investigación se han realizado entre 5 y 6 repeticiones completas de sus tres partes (estudio 1 y estudio 2 y 3 respectivamente). Es importante resaltar que el test está pregrabado para asegurar que los tiempos de inicio de cada tramo son los mismos

en todos los deportistas, estableciéndose los siguientes tiempos de recuperación o micropausas entre las diferentes acciones y tramos

- 5 segundos, para las acciones comprendidas dentro de una misma sección.
- 15 segundos, finalizada la sección A y antes de comenzar la sección B.
- 15 segundos, finalizada la sección B y antes de realizar el CMJ.
- 5 segundos, tras la realización del salto y antes de comenzar una nueva ronda.

Todas las recuperaciones permiten aislar las secciones del test y ayudan los deportistas a obtener la máxima aceleración y también la máxima potencia en el CMJ

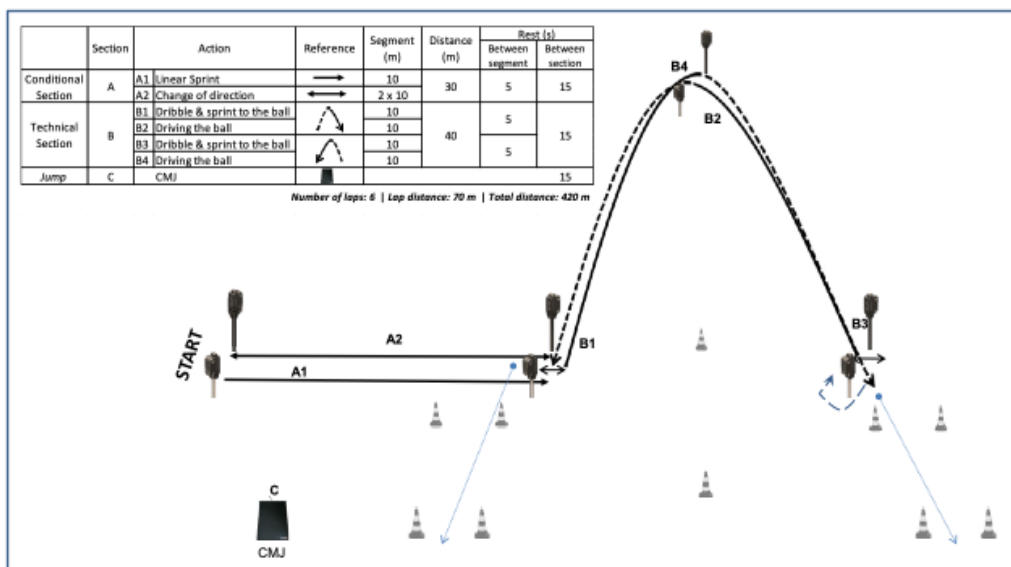


Figura 2.5. Representación gráfica del test UST

2.5.1.1 Explicación del test UST (Sección A+ Sección B + Sección C)

Como se puede apreciar en la Figura 2.6 el jugador comienza en el punto 1 (P1) y realiza un sprint sobre 10 metros hasta llegar al punto 2 (P2), a continuación, realiza una recuperación de 5 segundos. Posteriormente realiza un desplazamiento ida y vuelta 20 m de P2 hasta P1 (10 m) y de P1 hasta P2 (10 m). Recupera activamente 15 segundos desplazándose desde P2 hasta P3 y desde P3 hasta P2.

A continuación, el deportista inicia con un desplazamiento sin balón (10 m) desde P2 hasta P4, realiza un desplazamiento con balón desde P4 hasta P3 (10 m) que finaliza con un pase de balón al interior de una portería (POC) de 1.5 m situada a 5 m de la línea de

pase A1. Una vez depositado el balón recupera 5 segundos, vuelve a P3 y realiza un desplazamiento desde P3 a P4 sin balón (10 m).

Finalmente, el jugador se desplaza con balón desde P4 a P2 y finaliza con un pase de balón al interior de una portería (POD) de 1.5 m situada a 5 m de la línea de pase B1.

A continuación realiza una recuperación activa de 10 segundos hasta ubicarse en la plataforma de contacto, ejecuta un salto CMJ, y dispone de una recuperación activa de 5 segundos para alcanzar P1.

Este recorrido se repite durante 6 veces para todos los deportistas evaluados a excepción de los futbolistas del Torrent cuya evaluación ha sido basada en la realización de 5 repeticiones por cada día de testeo.

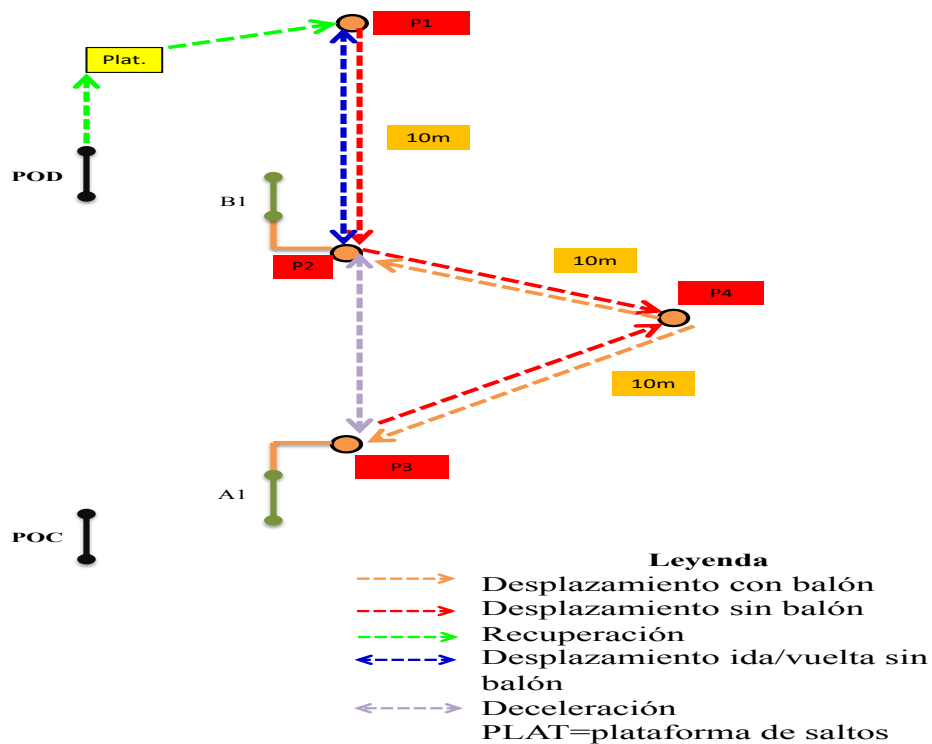


Figura 2.6. Esquema del Test UST

En el Anexo 3 se pueden observar las medidas apropiadas para la construcción del test y su correcta ejecución.

2.5.1.2. Observaciones metodológicas sobre el test UST.

Tratando de abordar de forma exhaustiva la metodología más correcta que habría que utilizar y las variables a tener en cuenta para la evaluación de un protocolo de campo se tomaron las siguientes medidas:

Todos los participantes a la investigación empezaron cada tramo del recorrido asumiendo la posición de parado (llevar el centro de gravedad hacia el pie adelantado colocado a 30 cm antes de las primeras puertas de fotocélulas), y fueron estimulados verbalmente a lo largo del test pidiéndole que realizaran con una concentración adecuada y esforzándose al máximo todas las pruebas.

El ritmo del test ha sido impuesto por una señal sonora (anexo 4) con la intención de determinar una recuperación igual para todos los sujetos. Todos los tiempos de salida fueron marcados claramente:

- una primera señal que les indicaba asumir la posición de “listos”
- una segunda señal más aguda que les avisaba para la salida y para realizar los saltos

La señal auditiva provenía de un ordenador portátil al que se le incorporaron dos altavoces, colocado en un espacio próximo a la primera salida del test para facilitar el sonido al atleta. Decidimos grabar el test para minimizar el error de medida del tiempo.

Sobre los Cambios de direcciones utilizados en el test

El cambio de dirección realizado en la SEC-A en el tramo de ida y vuelta es de 180 °. El mismo cambio de dirección fue adoptado por Rampinini et al. (2007) en su propuesta de evaluación para la RSA. La SEC-B consta de un cambio de dirección que los sujetos ejecutan con un ángulo de 69.86 grados. Nuestra elección sobre el ángulo se ve apoyada por un estudio de Castagna, Manzi e Impellizzeri (2012) donde los resultados mostraron que los desplazamientos más frecuentes durante 11 partidos analizados de equipos de Serie B italiana se realizaban entre 30 y 60° constituyendo aproximadamente un 69% de los cambios de dirección que se verifican en el juego.

Sobre la SEC-B

La conducción era libre, los sujetos podían utilizar cualquiera de las dos piernas, si el balón les escapaba la prueba de a precisión no se le consideraba válida. Todos los futbolistas estaban obligados a chutar sin sobrepasar una línea de pase posicionada a un metro de la salida de las fotocélulas. La portería fue colocada a 5 metros de distancia de la línea de pase y se consideraba como aciertos todos los balones que entraban en la portería. El pase fuera de la portería o contra del poste se consideraba error.

2.5.2. Test de Bangsbo.

El test de Bangsbo fue creado en 1994 y validado posteriormente en 2000 (Wragg, Maxwell, y Doust, 2000) para la evaluación de la RSA, introduciéndose de forma novedosa los cambios de dirección, de ahí su éxito. EL test consta de siete repeticiones, el deportista debe realizar un sprint desde A hasta B a lo largo de las líneas marcadas, seguidos por 25 segundos de trote o carrera a baja intensidad desde B hasta C (fig.2.7). El deportista debe encontrarse en el punto de partida como máximo en 25 segundos, después de terminar el sprint.

2.5.2.1. Medidas del test.

La distancia entre A y B es de 34.2 metros y la distancia entre B y C es de 50 metros. Registramos el tiempo por cada tramo de cada ronda y a cada atleta se le proporcionó información verbal del tiempo transcurrido (5-10-15-20 segundos) mientras realizaba la carrera de baja intensidad, para controlar la velocidad de carrera.

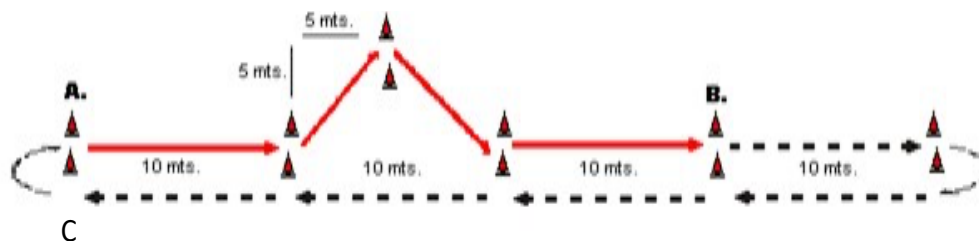


Figura 2.7. Representación gráfica Test de Bangsbo

Una vez explicados los test centrales de la tesis, a continuación, se detallan todos los registros (protocolo e instrumentación) que se llevaron a cabo durante la intervención, bien en los propios test, bien de forma complementaria:

2.5.3. Instrumentación empleada.

2.5.3.1. Estatura y composición corporal.

La estatura de los participantes se midió con un Tallimetro SECA 222 SECA (Medical Scales and Measuring Systems, Hamburg, Germany) y se expresó con una precisión de 0.50 cm. La valoración de la composición corporal se realizó mediante bioimpedancia, utilizando una báscula BC 601 (Tanita; Tokio Japón). Este modelo de 8 electrodos utiliza un sistema de tetra polar de tarso-metatarso y carpo-metacarpo con corriente de medición de 50Hz y 100 mA. Tiene una precisión de 0.10 Kg en el peso corporal y 0.10% en la estimación de la grasa corporal y un rango de medida de 0-150 Kg.

Se conservaron para su posterior análisis los siguientes datos de composición corporal:

- Índice de Masa Corporal (BMI- peso/altura²)
- Porcentaje de Masa Grasa y Masa Magra (M.M y M.G)
- Perímetro de la Cintura.

2.5.3.2. Registro de los tiempos.

Para la medición de los tiempos relacionados tanto en el test UST como en el test de Bangsbo se utilizó un software denominado CRONOJUMP BOSCO-SYSTEM 1.5.0. Para detectar el tiempo se utilizaron fotocélulas VALLEMAN PED 10D conectadas con un micro controlador llamado Chronopic (Fig.2.8). El Chronopic se conectó al ordenador a través de un cable USB y las fotocélulas se interconectaron con cables RCA (Radio Corporation of América).

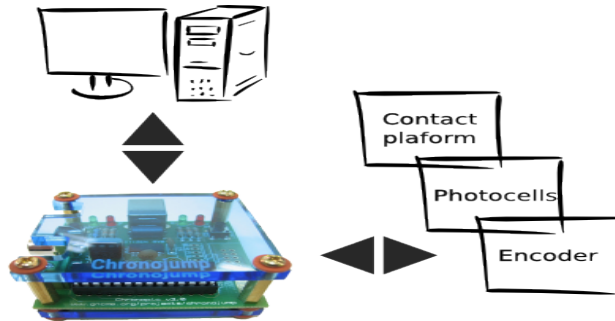


Figura 2.8. Microcontrolador Chronopic Cronojump Bosco System

Fuente: pagina web cronojump.org

Dichas fotocélulas se caracterizan por:

- Tiempo de respuesta 5-100ms.
- Sensibilidad ajustable.
- Voltaje de entrada AC=DC desde 12 hasta 250V.
- Salida conectable al Chronopic.

Como medida de precaución, en el caso de que alguna fotocélula fallase, los test se grabaron con dos cámaras de video modelo Casio EX-FH100. Para recuperar datos perdidos durante la evaluación se empleó un segundo programa informático denominado “Análisis para deportes Kinovea 0.8.10.

Sobre las fotocélulas

Para evitar los dobles cortes por acción de los brazos se seleccionó en el software Chronojump la opción de evitar contactos dobles. El cronometro que controla las fotocélulas se ponía en marcha cuando el sujeto cortaba la barrera inicial y se paraba cuando atravesaba la última barrera de células fotoeléctricas.

La posición de salida también influye en el tiempo de carrera. Por eso elegimos la salida con la punta del pie adelantado justo detrás de una línea de salida ubicada a 0.30 cm. de distancia de las primeras barreras de fotocélulas, siendo esta la salida más específica en el fútbol (Cronin, Green, Levin, Brughelli, y Frost, 2007). Utilizamos la salida de 0.30 cm. porqué nos garantizaba no tener dobles cortes con los brazos al balancearse y al salir.

2.5.3.3. Test de Saltos.

Aunque en esta tesis no se han analizado sus resultados en términos de pérdida de rendimiento y fatiga, en la sección C fue evaluada la fuerza explosiva con la realización de saltos con contra movimiento. Los deportistas realizaron una batería de saltos para evaluar los niveles de fuerza explosiva. Todos los test han sido realizados mediante plataformas con tamaño DIN A2 (Fig. 2.9), de alta calidad resistente a la flexión y con una buena conductividad.



Figura 2.9. Plataforma de saltos Cronojump Bosco System para la evaluación de la fuerza explosiva

Fuente: pagina web cronojump.org

Esta plataforma es rígida, a diferencia de las plataformas de varillas. El contacto se realiza en toda su área para evitar falsos contactos o caídas en zonas muertas. Se utilizaron dos plataformas que fueron protegidas de los clavos de las botas de fútbol con césped artificial reproduciendo así la superficie sobre la que saltan los futbolistas. Los saltos utilizados comienzan desde una posición de pie en posición vertical y se realiza un movimiento hacia abajo flexionando rodillas y caderas y luego se extiende inmediatamente y con fuerza las rodillas y las caderas de nuevo para saltar verticalmente (Bosco y Riu, 1994). Los músculos presentan una posición de pre-estiramiento antes de realizar el movimiento final. Este salto se considera una prueba fiable y válida para la estimulación de la fuerza explosiva de los miembros inferiores. Por tanto, se les pidió a los atletas que utilizaran una correcta técnica de aterrizaje, las piernas y las caderas debían mantenerse extendida (Markolf, O'Neill, Jackson, y McAllister, 2004).

Debido a que la utilización de los brazos puede complicar las comparaciones entre los bloques pre y post test, ya que la fuerza del tren superior afecta la contribución de los

brazos al rendimiento en el CMJ, se les pidió a los participantes que mantuvieran sus manos en la cintura durante todos los saltos. Con el fin de verificar el efecto de los sprints repetidos y de las aceleraciones en los niveles de fuerza muscular la batería de saltos se realizó en tres momentos diferentes: un minuto después de la prueba de sprint máximo y al finalizar el test después de la toma de BLA, SaO₂ y TA, tanto en el estudio 2 como en el estudio 3.

2.5.3.4. Registro de la Frecuencia Cardíaca y Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca.

Para medir la HR y HRV se utilizaron Pulsómetros Polar junto con una banda Polar Wearlink (Polar Electro, Kempele, Finlandia). Los pulsómetros utilizados constan de un reloj de pulsera y de una banda que se colocó a la altura del esternón por debajo del pecho.

Se colocaron antes de empezar la sesión con la intención de registrar la HR en reposo, durante la realización del test, y después de la finalización del esfuerzo. En todas las sesiones al finalizar de cada repetición se les pidió a los deportistas que miraran al reloj para ver su número de pulsaciones, y comunicarlo de forma instantánea. En la sesión Test- Retest no se midió la HRV.

2.5.3.5. Medición del Lactato en la sangre.

Para la recogida y el análisis de la concentración de BLA en sangre se utilizó el analizador “Lactate Pro LT-1710 analyzer; Arkray Inc. Japan” con sus correspondientes tiras calibradas adecuadamente en todos los casos.

En cada sujeto se tomaron muestras del lóbulo de la oreja registrando:

- BLA basal
- BLA pre-test
- BLA post test (justo después de la finalización del protocolo del test)
- BLA a los 15 minutos.

Las muestras de lactato fueron tomadas por personal sanitario especializado.

En la sesión Test -Retest para los futbolistas del Torrent no se tomaron muestras de LA.

2.5.3.6. Percepción subjetiva del esfuerzo.

Para la valoración subjetiva del esfuerzo se utilizó la Escala de Percepción Subjetiva del Esfuerzo 0-11 (RPE Borg 1998) (Anexo 5). Se les pidió a los sujetos que valorasen su

esfuerzo entre 0 y 11, siendo el valor 0 el equivalente a un esfuerzo sin intensidad y el valor 11 un esfuerzo máximo (lo más posible). Esta escala se mostraba a los deportistas al finalizar de cada ronda de los test tanto en el test UST como en el test de Bangsbo. Los sujetos han sido instruidos previamente para familiarizarse con la escala.

2.5.3.7. Balón.

Para las pruebas técnicas de conducción y pase de la pelota dentro de una portería durante el Test UST se utilizó un balón oficial de marca Adidas aprobado por la FIFA (Federación Internacional de Fútbol Asociación).

Todos los balones usados cumplían con las siguientes características (NORMATIVA FIFA):

- Una circunferencia entre 68 y 70 centímetros.
- Un diámetro entre 21.65 y los 22.29 centímetros.
- Un peso situado entre los 410 y 450 gramos.
- Una presión a nivel del mar entre 1.6 y 2.1 atmosfera.

La tabla 2.1 resume el material que ha sido necesario para llevar a cabo la investigación en cada uno de los test.

Tabla 2.1. Material empleado para la realización del test UST y del test de Bangsbo

TEST UST	TEST BANGSBO
Fotocélulas	Fotocélulas
Conos para montar portería y ubicar balones	Conos o postes verticales
Dos balones	Cinta métrica para medir el recorrido del test
Cinta métrica para medir el recorrido del test	Papel y bolígrafo pararealizar anotaciones
Spray de pintura para marcar las diferentes zonas del test	
Audio grabación sonora del test	
Papel y bolígrafo para realizar anotaciones	
Plataformas de saltos	

2.6. PROCEDIMIENTO

2.6.1. Protocolo experimental.

Los estudios que se analizan en esta tesis doctoral se desarrollan siguiendo los mismos criterios en diseño de sesiones, calentamiento, y estructura del test UST. Las diferencias entre estudios se refieren al uso de un solo test (UST) o dos (UST y Bangsbo), un solo grupo o dos (comparación por niveles de rendimiento), y a algunas variables que, como el lactato, no se consideraron en alguna comparación. Así, y como se explica a continuación, en el estudio con futbolistas profesionales (Estudio de comparación Test de Bangsbo vs Test UST) todos los sujetos realizaron dos test diferentes en dos sesiones distintas. Y en el estudio de validación, el Test-Retest se caracterizó por la realización del Test UST en dos ocasiones. En este caso, por ejemplo, no se recogieron muestras de lactato ni se evaluó la variabilidad de la HR. Además, los deportistas en esta parte de la investigación efectuaron 5 repeticiones del Test UST y no realizaron pruebas adicionales de fuerza explosiva tanto en la fase Pre como en la fase Post Test.

A continuación, se detallan como se desarrollaron las distintas evaluaciones para la mejor comprensión de cada estudio:

Parte inicial

Citación: Llegada a las instalaciones, entrega de la información a los deportistas y hoja de consentimiento (en la primera de las sesiones de cada grupo).

Explicación: A pesar que todos los deportistas ya habían recibido una información previa por correo, nada más llegar al campo de fútbol un colaborador de la investigación le explicaba paso a paso lo que iba a realizar.

Frecuencia Cardíaca: La primera actuación sobre el deportista consistía en un registro de HR en reposo durante 10 minutos. Aunque no se ha evaluado en este documento, ello permitía el posterior análisis de la variabilidad cardíaca (HRV).

Medidas antropométricas:

Tanto el primer día de evaluación como el segundo por cada sujeto se le realizaba una valoración de talla, peso y de composición corporal.

Toma de Lactato, Saturación Oxígeno, Tensión Arterial:

Se le tomó a cada deportista una muestra de lactato basal, y se le midió en condición de reposo la SaO₂ y la TA. Es importante recalcar que no hubo muestras de BLA en durante las sesiones con los futbolistas del Torrent FC.

Rest Q Sport-76, versión española (González-Boto, 2007):

Antes de realizar la sesión propiamente dicha los sujetos rellenaban un cuestionario sobre el estado físico de salud actual, en las dos sesiones.

Fase de Activación (Anexo 6):

Para no incidir en los resultados de la investigación todos los deportistas realizaron el mismo tipo de calentamiento previo consistente en:

- Carrera continua extensiva
- Movilidad y estiramientos dinámico
- Ejercicios dinámicos de activación con y sin balón
- Ejercicios de aplicación con sprints y saltos.

Al finalizar el calentamiento los deportistas disponían de 1 minuto de trote suave y 2 minutos de activación libre donde, se lo necesitaban se les dejaba un balón.

Parte de evaluación de máximos de referencia:

Sprint máximo 10 metros:

Nada más terminar el calentamiento los deportistas realizaban uno sprint máximo de 10 metros con el fin de coger este dato para decir a que porcentaje de velocidad máxima lineal se hizo el test, aunque en esta tesis no será analizado.

Test de saltos:

Tras 2 minutos de recuperación después de haber realizado el sprint máximo y los Test UST y Bangsbo se valoraba a los sujetos la capacidad de salto a través de la siguiente batería, tomada y reducida a partir de Meylan, Nosaka, Green y Cronin (2010).

- 2 CMJ pierna no dominante
- 2 CMJ pierna dominante
- 2 CMJ

La recuperación entre saltos era de 30 segundos, siguiendo a los mismos autores.

Tesis Doctoral – Donfrancesco, G.
Especificidad, integración e incidencia de la técnica en la evaluación de la RAA en el fútbol.

Finalizados los test de saltos a todos los deportistas se les daba un margen de 5 minutos antes del comienzo de la segunda toma de lactato (BLApre), TA y SaO₂ (Valores pre-Test). Durante este tiempo se les pedía a que realizaran la misma rutina que solían hacer antes del inicio de un partido. Se conservó para su posterior análisis el mejor salto de los dos intentos.

Parte central

Realización de los Test dependiendo de la sesión

Test realizado: UST –Estudios 1-2-3

Test realizado: Bangsbo- Estudio 2

Esfuerzo percibido y Frecuencia Cardíaca

Al finalizar de cada ronda de cada uno de los test se enseñó a los sujetos la escala de Borg (0-10) para que valorasen su esfuerzo y se les pidió el valor de HR que aparecía en el reloj.

Una vez terminados los test, a cada deportista se le tomó la segunda muestra de BLA y se le midió la SaO₂ y la TA.

La HRV se tomó desde el minuto 5 hasta el minuto 15 post test.

Parte final

Vuelta a la calma

Recuperación con ejercicios de carrera extensiva y flexibilidad.

2.6.2. Temporización del estudio.

La tabla 2.2 muestra la organización de la investigación por fechas, sujetos, test realizado y estudio en el que participaron.

Tabla 2.2. Desarrollo de la investigación

FECHA	UST	BANGSBO	ESTUDIO
<i>PRUEBAS DE FAMILIARIZACIÓN</i>			
9 Diciembre 2014		ESTUDIANTES	
2 Abril 2015		G3 n=13 Estudio piloto	2
7 Abril 2015			
14 Abril 2015		G2 n=10	
20 Abril 2015			
28 Abril 2015			3
5 Mayo 2015	G2 n=10		
24 Mayo 2017			
31 Mayo 2017	G1 n=12		1
16 Junio 2017			

Nota. G1=Grupo juvenil Torrent; G2= Grupo FC Valencia Mestalla; G3=Grupo Estudiantes Facultad Ciencias del Deporte Valencia.

2.6.2.1. Registro de los datos.

Dada la cantidad de datos registrados en el campo se diseñaron planillas de registro para cada uno de los sujetos que intervenían en la investigación. Varios colaboradores voluntarios se encargaban de transcribir estos registros.

Para asegurar el mejor control posible sobre los datos se dividió la investigación en las siguientes áreas (Anexo 7):

- HRV, BLA, SaO2, TA Y COMPOSICIÓN CORPORAL.
- CALENTAMIENTO
- FOTOCÉLULAS

Tesis Doctoral – Donfrancesco, G.
Especificidad, integración e incidencia de la técnica en la evaluación de la RAA en el fútbol.

- SALTOS, EP, HR Y REST Q

Además, cada deportista llevaba una tira de seguimiento que presentaba en cada zona de evaluación a medida que iba trasladando de una a otra. Los responsables de cada área marcaban la prueba que acababan de realizar.

2.7. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

En todos los estudios, los datos se registraron de forma manual en una plantilla y posteriormente fueron introducidos en la hoja de cálculo Excel, con posterioridad una vez depuradas las variables sobre las que se iba a realizar los análisis, se creó una base de datos con el programa Statistical Package for Social Sciences (SPSS Inc, versión 23.0 Chicago, IL, EE. UU). En todos los casos, los descriptivos incluyen la media, la desviación estándar (SD) y el coeficiente de variación (CV). La medición del error estándar (SEm) y los intervalos de confianza de la media al 95% [IC (95%)] se incluyeron para las comparaciones entre las pruebas y los individuos (Batterham y Hopkins, 2006). El nivel de significación se estableció en $p < 0.05$ para todas las pruebas estadísticas.

2.7.1. Técnicas de Análisis Estadístico Estudio 1.

El supuesto de normalidad fue verificado usando el test de Shapiro –Wilk ($p > 0.05$). Tras comprobar la normalidad, se empleó la prueba *t-test* con el objetivo de detectar la existencia de diferencias entre los valores obtenidos en ambas mediciones en los diferentes días de evaluación. Para el análisis de las variables fisiológicas se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas. El tamaño del efecto (ES) fue calculado mediante la *d* de Cohen, a partir de las diferencias de las medias de los grupos y la desviación estándar ponderada, $d = (M1 - M2) / DE$ para comparar las diferencias entre el Test UST día 1 (T1) y el Re-test UST día 2 (T2). Y en este sentido, valores de la *d* de Cohen inferiores a 0.20, señalan la existencia de un efecto trivial; valores entre 0.21 a 0.49 hacen referencia a un efecto desde pequeño a moderado; valores oscilantes entre 0.50 a 0.70 indican este moderado efecto; y finalmente, valores mayores a 0.80 señalan un efecto grande (Cohen, 1988). Además, se calculó el intervalo de confianza (IC) al 95% para todas las variables.

En cuanto a la fiabilidad relativa, esta se determinó mediante el cálculo del Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC) y su 95% de intervalo de confianza entre los dos días de medición (Hopkins, Marshall, Batterham, y Hanin, 2009). Y con el fin de determinar el nivel de relación entre las mediciones de T1 y T2 se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (*r*). Para la interpretación de las magnitudes de las correlaciones se utilizó la escala de Hopkins et al., (2009), donde si el valor de *r* es menor que 0.1, la asociación se considera trivial; de 0.1 a 0.3, baja; de 0.3 a 0.5, moderada; de 0.5 hasta 0.7, alta; de 0.7

a 0.9 muy alta; y mayor que 0.9, casi perfecta. Adicionalmente se realizaron los gráficos de Bland-Altman para constatar el grado de acuerdo e ilustrar las diferencias individuales obtenidas en las 2 sesiones de medición (Bland y Altman, 1986).

La fiabilidad absoluta se determinó mediante el cálculo del Error típico de la medida (TEM) que se presenta como valor absoluto y como porcentaje del coeficiente de variación (Hopkins et al., 2009). Se empleó una planilla de cálculo propuesta por Hopkins (2000) para determinar el cambio medio entre las pruebas y el TEM expresado como valor absoluto (segundos) y como coeficiente de variación (CV%). Las variables con un TEM%CV menor del 5% pueden asumir una fiabilidad satisfactoria. Y por ello se estableció como criterio para declarar que el test era fiable respecto a las variables que evalúa el que quedara por debajo de este TEM%CV<5% (Hopkins et al., 2009).

Por otro lado, la utilidad del test fue valorada comparando el Smallest worthwhile change (SWC) con el TEM. El SWC fue calculado en función del principio del tamaño del efecto, como 0.2 por la SD entre sujetos en el caso de detectar cambios pequeños o como 0.5 por la SD entre sujetos para detectar cambios moderados (Buchheit, Lefebvre, Laursen, y Ahmaidi, 2011; Coehn, 1988). Si el TEM es menor que el SWC la utilidad del test se clasifica como “Bueno”; si el TEM es similar al SWC, la clasificación es “OK”; y si el TEM es mayor que el SWC, la clasificación de su utilidad es “Marginal” (Hopkins, 2004). Siguiendo las recomendaciones de Buchheit, Spencer et al. (2010), la menor diferencia necesaria para ser considerada “real” (correspondiente al cambio con probabilidad de ser “casi cierto”) fue calculada como TEM $\times 1.96 \times \sqrt{2}$ (Weir 2005; Hopkins et al., 2009).

2.7.2. Técnicas de Análisis Estadístico Estudio 2.

Se realizó un análisis exploratorio de las variables para determinar si se cumplen los supuestos de normalidad, mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($p>0.05$), y de homogeneidad de varianzas, mediante la prueba de Levene ($p>0.05$). Todas las variables muestran una distribución normal excepto la variable ronda 6 (TR6) del grupo profesionales.

No obstante, el análisis gráfico y de estadísticos de asimetría y curtosis indican que la desviación respecto a la distribución normal es muy ligera y relacionada a la presencia de un caso con un valor bastante más bajo que la media grupal. Se estandarizó esta prueba y se comprobó si existieran valores atípicos. Siguiendo la recomendación de Hair, Anderson, Tatham, y Black, 2007, se consideraron atípicos para $n < 80$, puntuaciones Z superiores a [2.5]. La variable TR 6 no presentó casos atípicos según este criterio. Por tanto, fue posible aplicar pruebas paramétricas.

Posteriormente se procedió realizar una Anova de medidas repetidas intragrupo para calcular las diferencias de medias en las tres secciones del Test, con un factor de agrupación (Nivel de rendimiento). Para ello se recurrió al Modelo Lineal General del SPSS definiendo la pérdida de rendimiento como factor intragrupo en las tres distintas secciones. Se analizó cuando fue necesario el cumplimiento de los supuestos de Homocedasticidad y el supuesto de Esfericidad en las comparaciones intra-sujeto, y para el estudio de las diferencias intergrupales, la prueba de Levene.

Las variables fisiológicas y la variable índice de decremento, no cumplieron el supuesto de normalidad y fueron analizadas mediante la prueba no paramétrica de U-Manh Withney para muestras independientes tras comprobar la homogeneidad de las varianzas. El nivel de significación se estableció en $p < 0.05$ para todas las pruebas estadísticas.

2.7.3. Técnicas de Análisis Estadístico Estudio 3.

Los análisis estadísticos se realizaron con el SPSS- versión 23.0 a excepción del cálculo de la fatiga que se expresó en porcentaje. Después de comprobar la normalidad (prueba de Shapiro-Wilk), se aplicaron pruebas de Student T o pruebas de Wilcoxon para muestras pareadas para las comparaciones de medias (paramétricas o no, respectivamente), con el nivel de significación estadística establecido en $p < 0.05$. Previo al análisis de correlación se calculó la fatiga en porcentaje a través de las formulas mencionadas en el marco teórico en el apartado “1.4.2.1.

El análisis de correlación adicional (Spearman) se aplicó cuando fue necesario. Para la interpretación de las magnitudes se utilizó la siguiente escala: $r < 0,1$, trivial; 0.1-0.3, pequeño; 0.3-0.5, moderado; 0.5-0.7, grande; 0.7-0.9, muy grande; > 0.9 , casi perfecto; y 1 perfecto (Hopkins et al., 2009).

CAPÍTULO 3.
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ESTUDIO 1

3.1.1. Características físicas de los sujetos de la investigación.

La tabla 3.1 presenta los descriptivos estadísticos de los 12 sujetos que participaron en el estudio 1 de la investigación. Los jugadores pertenecientes al equipo F.C. Torrent que competían en la categoría Juvenil.

Tabla 3.1. Características físicas de la agrupación G1

TORRENT FC n=12	Media (SD)
Edad (años)	17±0.78
Peso (kg)	64.83±8.69
Altura(cm)	173±6.90
BMI	21.6±1.56

Nota. BMI =Coeficiente peso/talla; SD= Desviación estándar

3.1.2. Resultados de la velocidad y del tiempo en el test UST.

Aunque los análisis estadísticos se realizaron sobre los tiempos registrados por las fotocélulas, y se muestra a continuación, los resultados se presentan en primer lugar en formato velocidad para su mejor comprensión. Así, para caracterizar el rendimiento en el test UST, en la tabla 3.2 se muestran los valores medios de la velocidad (V) y de la velocidad mejor (VB) para las dos secciones de desplazamiento en el test y su global, junto con la desviación estándar y su coeficiente de variación. Como era esperable, los valores más elevados se evidencian en la SEC-A tanto para la velocidad de carrera como para la VB (17.23 ± 0.51 y 17.96 ± 0.91 km/h respectivamente). En la SEC-B se registran las velocidades más bajas de todo el test en los dos días de valoración. Los futbolistas alcanzan velocidades medias y mejor ligeramente mayores en el segundo día de evaluación. Y el grado de dispersión medido a través del CV también fue apenas algo menor menor en T2 frente a T1 en cada sección analizada.

Tesis Doctoral – Donfrancesco, G.
Especificidad, integración e incidencia de la técnica en la evaluación de la RAA en el fútbol.

Tabla 3.2. Valores medios de las variables velocidad (V), mejor velocidad (VB) durante las dos ocasiones de evaluación T1-T2, considerando cada una de las tres secciones A+B; A; B

<i>SUJETOS</i> <i>n=12</i>	TEST				RETEST				
	<i>UST A+B</i>	Media (SD)	Sem %	IC (95%)	CV%	Media	Sem%	IC (95%)	CV%
V(Km/h)	14.89 ±0.55	0.16	[14.54-15.24]	3.68	15.17 ±0.5**	0.15	[14.85-15.49]	3.32	
VB(km/h)	15.44±0.69	0.19	[15.00-15.87]	4.45	15.59±0.53	0.18	[15.25-15.93]	3.4	
<i>UST SECA</i>									
V(Km/h)	17.01±0.66	0.19	[16.58-17.43]	3.89	17.23± 0.51	0.15	[16.91-17.55]	2.94	
VB(km/h)	17.82 ±0.98	0.28	[17.20-18.44]	5.49	17.96± 0.91	0.20	[17.50-18.40]	3.95	
<i>UST SECB</i>									
V(Km/h)	13.63±0.54	0.16	[13.28-13.97]	3.97	13.93±0.53**	0.15	[13.59-14.27]	3.83	
VB(km/h)	14.09±0.6	0.17	[13.70-14.48]	4.29	14.27±0.51	0.15	[13.95-14.59]	3.55	

Nota. SD: Desviación estándar; SEM: Error standard de la media; IC: Intervalo de confianza; CV: Coeficiente de variación. Significación: $p^* < 0.05$; $p^{**} < 0.005$.

La tabla 3.3 recoge los resultados obtenidos en función de tiempo total, del mejor tiempo y del tiempo medio para las dos sesiones Test–Retest, considerando las tres secciones del test. El TT en T1 fue significativamente mayor respecto a T2 en la SEC A+B ($p=0.001$; $d=0.54$; IC [-2.42: -0.81]) y en SEC-B ($p=0.001$; $d=0.57$; IC [-0.10-0.98]) No se detectaron diferencias significativas en la SEC-A para el TT ($p=0.13$; $d=0.40$; IC [0.68-1.68]).

El BT fue significativamente mayor en el T1 respecto a T2 para el conjunto SEC-A+B ($p=0.013$, $d=0.40$; IC [0.06-0.43]), pero sin diferencias significativas entre T1 y T2 para las SEC-A ($p=0.36$; $d=0.17$; [-0.07-0.18]) y SEC B ($p=0.071$; $d=0.32$; IC [-0.28-0.01]). El MT fue de nuevo significativamente menor en T2 en la SEC A+B ($p=0.000$; $d=0.48$ IC [0.16-0.42]) y en la SEC-B ($p=0.000$; $d=0.59$; IC [0.14-0.34]), mientras en la SEC-A no se obtuvieron diferencias significativas en T1 y T2 ($P=0.103$; $d=0.41$ IC [-0.02-0.12]). En todas las variables se produjo una mejora en el rendimiento en T2.

Procediendo a la estimación del tamaño del efecto se observó en la SEC-B en TT y MT un tamaño del efecto moderado próximo a una alta magnitud ($d=0.57$ y $d=0.59$

respectivamente) probablemente relacionado con el mejor ajuste de la habilidad técnica a las exigencias del test en fatiga. En cuanto al resto de las variables analizadas en las diferentes secciones encontramos valores de d que se sitúan entre 0.32 y 0.54 (efecto pequeño y moderado), y como ya hemos visto, nunca significativo para la SEC-A.

Finalmente, tanto en velocidad como en tiempos, los resultados muestran que las variables TT, BT y MT redujeron ligeramente su grado de dispersión en T2, tanto en SEC A+B, como analizando cada una por separado (SEC-A y SEC-B). Incluso los valores de la variable BT que eran inicialmente los más altos en este CV, se redujeron en T2 (%CV en T1: 4.08% SEC-A+B; 5.40% SEC-A y 4.24% SEC-B; %CV en T2: 3.43% SEC-A+B; 3.82% SEC-A y 3.58% SEC-B). De esta forma todos los %CV quedaron entre 3 y 4% en T2.

Tabla 3.3 Valores expresados en función del tiempo en SEC A+B; SEC-A; SEC-B durante las dos ocasiones de evaluación T1-T2

<i>SUJETOS</i> <i>n=12</i>	TEST				RETEST				
	<i>UST A+B</i>	Media	SEm (%)	IC (95%)	CV(%)	Media	SEm (%)	IC (95%)	CV(%)
TT(s)	84.79 ± 3.13	0.91	[82.79-86.71]	3.7	83.16 ± 2.80 **	0.81	[81.39-84.95]	3.36	
BT(s)	16.43 ± 0.67	0.19	[16-16.85]	4.08	16.18 ± 0.55 *	0.16	[15.83-16.53]	3.43	
MT(s)	16.96 ± 0.63	0.18	[16.56-17.46]	3.7	16.63 ± 0.56 **	0.16	[16.28-16.99]	3.36	
<i>UST SECA</i>									
TT(s)	31.83 ± 1.22	0.35	[31.06-32.61]	3.83	31.39 ± 0.93	0.27	[30.8-31.99]	2.97	
BT(s)	6.08 ± 0.33	0.94	[5.87-6.29]	5.4	6.02 ± 0.23	0.67	[5.88-6.17]	3.82	
MT(s)	6.37 ± 0.24	0.7	[6.21-6.52]	3.84	6.28 ± 0.19	0.05	[6.16-6.4]	2.97	
<i>UST SECB</i>									
TT(s)	52.95 ± 2.11	0.61	[51.61-54.3]	4	51.77 ± 2 **	0.58	[50.50-53.05]	3.86	
BT(s)	10.24 ± 0.43	0.12	[9.96-10.51]	4.24	10.1 ± 0.36	0.34	[9.87-10.33]	3.58	
MT(s)	10.59 ± 0.42	0.12	[10.32-10.86]	4	10.35 ± 0.4 **	0.4	[10.1-10.6]	3.86	

Nota. TT: Tiempo total; BT: Mejor tiempo; MT: Tiempo medio; SEm: Error standard de la media; IC: Intervalo de confianza; CV: Coeficiente de variación. Significación: $p < 0.05$; $p^{**} < 0.005$.

Así pues, a pesar de que los jugadores practicaron la semana antes las secuencias del test, se puede observar un cierto efecto aprendizaje entre sesiones en la parte técnica (SEC-B), que se arrastra a la ligera mejora en el tiempo total también en el test UST completo (SEC-

A+B). La parte más condicional no mostró diferencias en ninguna variable.

3.1.3. Resultados fiabilidad relativa.

En la tabla 3.4 se muestran los resultados de fiabilidad relativa del TEST UST. El grado de fiabilidad relativa obtenido en el test evaluado fue casi perfecto para el tiempo total de cada ronda (TTL) SEC-A+B (ICC 0.97, IC [0.90-0.99]), SEC-A (ICC 0.91, IC [0.80-0.97]) y SEC- B (ICC 0.95, IC [0.90-0.98]). Para la variable BT, el grado de fiabilidad relativa fue casi perfecto en la SEC-A+B (ICC 0.94, IC [0.80-0.98]) y en la SEC-B (ICC 0.91, IC [0.68-0.97]) y muy alto para la SEC-A (ICC 0.86 IC [0.53-0.96]).

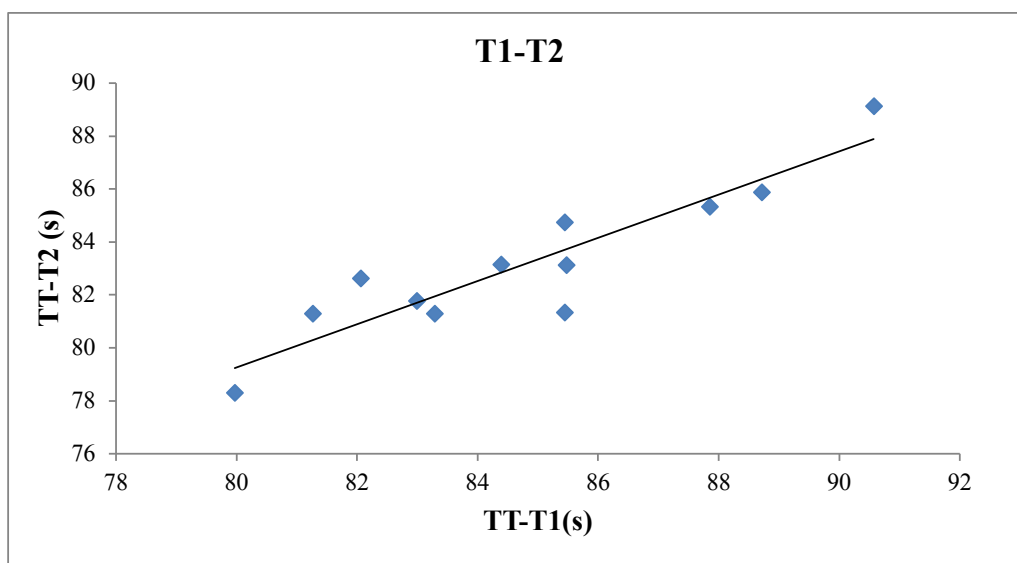
Tabla 3.4. Fiabilidad relativa analizada con el Coeficiente de Correlación Intraclassa (ICC) para las variables tiempo total de cada ronda (TTL) y mejor tiempo (BT) en T1-T2 considerando las tres secciones A+B; A; B

T1-T2	SECCIÓN -A+B		SECCIÓN-A		SECCIÓN-B	
	ICC	IC (95%)	ICC	IC(95%)	ICC	IC(95%)
TTL	0.97	[0.90-0.99]	0.91	[0.80-0.97]	0.95	[0.9-0.98]
BT	0.94	[0.80-0.98]	0.86	[0.53-0.96]	0.91	[0.68-0.97]

Nota. IC: Intervalo de Confianza.

En la gráfica 3.1 se puede observar el diagrama de dispersión para la variable TT para cada sujeto. El coeficiente de correlación de Pearson evidencia una magnitud casi perfecta para la variable TT analizada en los dos días de evaluación T1-T2 ($p < 0.001$ $r = 0.91$, con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.835$), así como su ICC que fue de 0.95 (IC [0.83-0.99]).

Los coeficientes de Correlación Intraclassa casi máximos y significativos en todos los casos junto con un alto valor de r (correlación de Pearson) aseguran que las mediciones fueron fiables. El alto valor del coeficiente de determinación $R^2 = 0.835$ garantiza un modelo lineal adecuado para describir la relación que existe entre las variables.

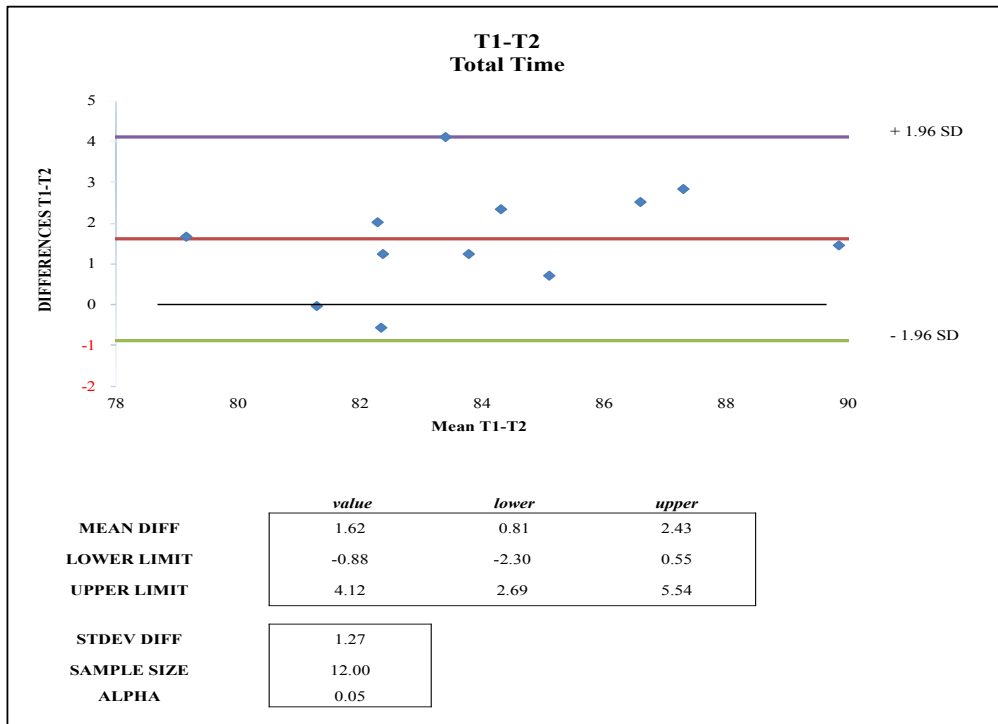


Gráfica 3.1. Coeficiente de correlación de Pearson para la variable Tiempo Total (TT) en la Sec A+B T1-T2

Estos datos fueron corroborados también mediante el método propuesto por Bland Altman. El eje Y corresponde a las diferencias entre los valores de T1-T2, mientras que el eje X representa el valor de la media de T1 y T2. Tres son las líneas paralelas que se representan:

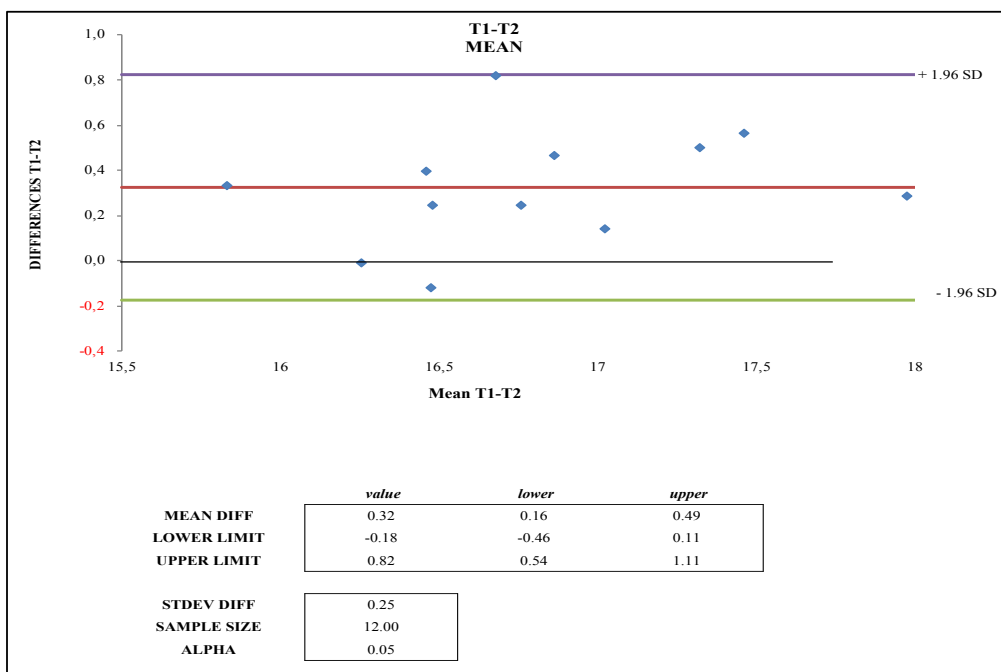
- Línea morada: Límite de concordancia superior (+1.96* la desviación)
- Línea Roja: Valor medio determinado por T1-T2 (error sistemático)
- Línea Verde: Límite de acuerdo inferior (-1.96* la desviación)

A continuación, se muestra el análisis de las concordancias en las variables TT y MT entre T1-T2. Todos los puntos de los gráficos 3.2 y 3.3 se encuentran dentro de los límites de acuerdo y por tanto no se identificaron diferencias extremas para todas las variables analizadas en ambas pruebas, demostración de que todas las puntuaciones fueron razonablemente constantes.



Gráfica 3.2. Límites de acuerdo del 95% de Bland Altman entre T1-T2 para la variable tiempo total (TT)

Nota. La media T1-T2 y las diferencias T1-T2 se expresan en segundos



Gráfica 3.3 Límites de acuerdo al 95% de Bland Altman entre T1-T2 para la variable tiempo medio (MT)

Nota. La media T1-T2 y las diferencias T1-T2 se expresan en segundos

3.1.4. Resultados de fiabilidad absoluta y utilidad del test.

En la tabla 3.5 se observan los valores obtenidos por el TEM expresado como valor absoluto (RAW), el TEM como %CV, la diferencia de media entre T1-T2 (CM) y el SWC para las variables TT, BT, MT. Los datos de TEM%CV obtenidos para el TT, BT, MT fueron inferiores al 2%, de tal manera que la fiabilidad absoluta del test fue satisfactoria.

Por otro lado, los valores del TEM para todos los tiempos fueron mayores que los de SWC₀₂, de manera que no fue posible detectar un cambio mínimo en los momentos de muestreo. Al contrario, en TT, BT y MT los valores de TEM fueron inferiores al SWC₀₅. Por ello la prueba es capaz de detectar cambios moderados en el rendimiento y su utilidad se califica como “Bueno”.

Tabla 3.5. Fiabilidad absoluta y utilidad del Test UST para las variables tiempo Total (TT), mejor tiempo (BT) y tiempo medio (MT) en la sección A+B durante las dos ocasiones T1-T2

<i>SUJETOS</i> <i>n=12</i>	TEST(s)	RETEST (s)	CM (s)	TEM RAW (s)	TEM as %CV	SWC ₀₂	CALIFICACIÓN	SWC ₀₅	CALIFICACIÓN
TT	84.79±3.13	83.16±2.80	1.62	0.90	1.07	0.60	Marginal	1.49	Bueno
BT	16.43±0.67	16.18±0.55	0.25	0.20	1.22	0.12	Marginal	0.31	Bueno
MT	16.95±0.63	16.63±0.56	0.32	0.18	1.07	0.12	Marginal	0.30	Bueno

Nota. CM: diferencia de media entre T1-T2; TEM RAW: Error típico de la medida, valor absoluto; TEM as%CV: Error típico de la medida como porcentaje del coeficiente de variación; SWC₀₂: smallest worthwhile change. (02*SD); SWC₀₅: smallest worthwhile change. (05*SD).

3.1.5. Resultados de las variables fisiológicas.

En la tabla 3.6 aparecen reflejados los parámetros de control de la carga de entrenamiento: frecuencia cardiaca (HR), esfuerzo percibido (RPE) y saturación del oxígeno (SAO₂) para T1 y T2. Cabe destacar la ausencia de diferencias significativas entre las variables fisiológicas en los dos días de evaluación.

Los valores medios de RPE alcanzados en T1 (8.08 ± 2.64) y en T2 (7.83 ± 1.85) se

corresponden con un esfuerzo “duro” según la Escala de percepción subjetiva del esfuerzo de Borg (0-10) utilizada en este estudio. Estos datos junto con los valores medios de la HR final T1 (195 ± 8.59 B/min) y HR final T2 (195.33 ± 7.05 B/min) hablan de la alta intensidad del ejercicio.

Tabla 3.6. Parámetros de control de la carga pre y post test durante las dos ocasiones T1-T2

<i>SUJETOS</i>	<i>TEST</i>			<i>RETEST</i>			
	<i>n =12</i>	<i>MEDIA (SD)</i>	<i>SEm (%)</i>	<i>IC (95%)</i>	<i>MEDIA (SD)</i>	<i>SEm (%)</i>	<i>IC (95%)</i>
HR _{pre} (B/min)		121.81±13.91	3.94	[113.05-130.59]	115.78±10.28	3.43	[107.88-123.68]
HR _{post} (B/min)		195±8.59	2.48	[189.54-200.46]	195.33±7.05	2.04	[190.85-199.81]
RPE (0-10)		8.08±2.64	0.76	[6.4-9.76]	7.83±1.85	0.53	[6.66-9]
SAO _{2B} (%)		96.42±1.	0.29	[95.78-97.05]	96.58±0.8	0.23	[96-97.01]
SAO _{2post} (%)		93.67±4.23	1.22	[90.98-96.35]	95.17±1.75	0.51	[94.06±96.28]

Nota. SD: Desviación estándar; SEm: Error estándar de la media; IC: Intervalo de confianza; HRpre: Frecuencia cardiaca pre-test; HRpost-Test: Frecuencia cardiaca post test; RPE: Esfuerzo Percibido Escala 0-10; SAO_{2b}: Saturación basal; SAO_{2post}: Saturación post test.

3.1.6. Discusión estudio 1.

El propósito de este estudio fue determinar la reproducibilidad y la utilidad del Test UST, paso previo necesario para poder usarlo como instrumento de evaluación. Los principales hallazgos del estudio fueron, teniendo en cuenta la población estudiada:

- La obtención de un grado de fiabilidad relativa “casi perfecto” en el test UST para las variables TTL en todas las secciones del test y para el BT en el test en su conjunto (SEC A+B) y en la SEC-B, pero no para la SEC- A correspondiente a la parte más condicional del test. En este caso hablamos de un grado de fiabilidad relativa calificado como “muy alto” cuando el rendimiento se expresó como BT en la sección más condicional (SEC-A).
- Un grado de fiabilidad absoluta satisfactoria para los indicadores generales TT, BT, MT.

- Aunque el TEM como %CV demuestra una buena fiabilidad absoluta, la prueba no pudo detectar el SWC₀₂ en ninguna de las variables analizadas, ya que el TEM fue mayor que el SWC calculado. De esta forma se confirma que a pesar de que hubo ligeras mejoras en algunas de las variables del test entre la primera y segunda ejecución, los deportistas fueron capaces de reproducirlo con bastante aptitud. Sin embargo, la utilidad del test obtuvo la calificación de “Bueno” cuando fue calculado el SWC₀₅ (cambios moderados).

La fiabilidad de un test se considera un requisito previo esencial para la validez externa, por tanto, es importante examinar la fiabilidad de una medición antes de interpretar cualquier diferencia o cambio potencial en esa medición. A pesar del consenso de los investigadores sobre el interés de RSA, y últimamente de la RAA en el rendimiento del fútbol, solamente unos pocos protocolos han sido realmente analizados en profundidad para determinar el grado de fiabilidad de dichas pruebas. Como se ha comentado, este paso es necesario para el uso posterior de este nuevo test (UST), al menos en estas poblaciones, aunque harán falta otros estudios de fiabilidad para asegurar su reproducibilidad en otro tipo de deportistas.

En este contexto, los resultados obtenidos sobre la fiabilidad relativa coinciden con los publicados por Valente-dos-Santos et al. (2012) que evaluaron la fiabilidad del test de Bangsbo, es decir, un test de RSA con cambios de direcciones 7x34.2 m, encontrando un coeficiente de fiabilidad de 0.86 y 0.91 para el tiempo ideal y el tiempo total de carrera respectivamente, en jugadores de fútbol juveniles de nivel regional.

Más específicamente, de manera análoga a los resultados obtenidos en el presente estudio, encontramos el trabajo realizado por Castagna et al. (2017). Estos autores, revelaron que el test de sprints de 5x30 m con una recuperación de 30 s -similar en distancia, pero no en estructura a la SEC-A de nuestro test-, es una prueba de campo fiable a corto y largo plazo cuando la suma de los tiempos de sprints (TT en nuestro estudio) y el mejor rendimiento de sprint se consideran como variables del resultado. También sus ICC y TEM de confiabilidad a corto y largo plazo para el tiempo de sprints total y el mejor rendimiento de sprint fueron casi perfectos y satisfactorios, respectivamente. En cuanto a la introducción de elementos técnicos y cambios de dirección dentro del test UST, que podrían reducir el grado de fiabilidad en la sección UST-B, se obtuvieron valores similares incluso más altos para el grado de fiabilidad relativa si comparados con otros trabajos como los encontrados por Impellizzeri, Rampinini, Castagna, et al. (2008).

Este último grupo de autores aportaron un ICC muy grande solamente para el tiempo medio de sprints de RSA (0.81; 90% IC 0.64-0.90) en el estudio de fiabilidad a corto plazo en un test un test de 20 m que se repite cada 20 s durante 6 veces. Los buenos valores obtenidos están corroborados también por el alto valor de coeficiente de correlación de Pearson para el TT ($r= 0.91$), resultados en línea con los encontrados por Di Mascio, Ade, y Bradley (2015). Además, la representación gráfica obtenida mediante el método Bland-Altman muestra que todos los sujetos estuvieron dentro de las líneas de concordancia en el TT y MT. Se puede inferir por tanto que las puntuaciones obtenidas el test-retest son constantes.

Al comparar las 3 secciones del test, se encontraron altos valores de fiabilidad relativa la SEC-B para TTL y BT y por ello no se produjo un cambio en las mediciones en la eficiencia técnica de los futbolistas a medida que iba avanzando el test. Una posible explicación es que la capacidad técnica no se ve afectada por la fatiga o bien por el alto nivel técnico desempeñado por los jugadores evaluados. Aunque es probable que los jugadores desempeñen el test a velocidades en las que aseguren su eficacia técnica, de forma que a estas velocidades más conservadoras se sea más regular y se acuse menos la fatiga. Así, es probable que la fatiga que se alcanza en el tramo técnico se relacione con el nivel de rendimiento. Se necesitan por tanto futuras investigaciones para aclarar estas consideraciones.

Por otro lado, la fiabilidad absoluta refleja la precisión absoluta del test y es evaluada habitualmente mediante el error típico de la medida (Hopkins, 2000). A pesar de que la fiabilidad absoluta fue satisfactoria, nuestros valores de TEM%CV son más altos respecto a los mostrados por Impellizzeri et al. (2008) que encontraron un CV alrededor de 0.8% para el mejor tiempo y 1.3% para el tiempo total en pruebas de RSA a corto plazo y con resultados similares para el estudio de fiabilidad a largo plazo.

Del mismo modo Spencer et al. (2006) analizaron la fiabilidad a largo plazo (repetición de la prueba con 7 días de diferencia) en 10 jugadores de hockey sobre hierba, altamente entrenados, con un test de 6x30 m con 25 s de recuperación activa. La prueba mostró muy buena fiabilidad absoluta para TT (TEM%CV=0.7%) y utilidad satisfactoria. Sin embargo, en este estudio los autores no aportaron ninguna información respecto a los resultados de fiabilidad relativa, hecho que podría cuestionar la coherencia de la prueba

y la constancia de la información que proporciona (Hopkins et al., 2009). Esta diferencia en los resultados, podría atribuirse probablemente a la naturaleza de la prueba, a la introducción de cambios de direcciones o bien a la mayor duración de la prueba.

El test UST se presenta como una propuesta más elaborada y con más variables a analizar que podrían aumentar la variabilidad intra-sujeto es decir una prueba más larga y con más variables a analizar. Sin embargo, se encuentran valores similares en el estudio de Wragg et al. (2000). Los autores utilizaron una prueba de RSA relevante para fútbol que consta de siete sprints de 34.2 m con un cambio de dirección y 25 s de recuperación activa. Los resultados obtenidos mostraron un CV de 1.8% en las 6 pruebas que se utilizaron para determinar la fiabilidad absoluta a largo plazo. Desafortunadamente, los autores no hicieron referencia a ninguna medida de fiabilidad relativa y proporcionaron los resultados utilizando una muestra de tamaño pequeño (n=7).

Los jugadores mostraron estabilidad en el rendimiento solo después de 3 sesiones, denotando problemas prácticos a la hora de aplicar la prueba en futbolistas profesionales (Wragg et al., 2000). Así mismo los resultados están en concordancia con el estudio realizado por Castagna et al. (2017), donde los autores aportaron un CV menor del 2% para las variables BT y TT. Los hallazgos anteriormente descritos sugieren que el test UST puede ser un buen método para evaluar de forma específica la capacidad de repetir aceleración en jóvenes futbolistas.

Dado que el grado de fiabilidad de una prueba puede verse afectado por varios factores, en este estudio el control de las variables extrañas se realizó buscando condiciones de prueba estándar para evitar el posible efecto de variaciones en los ritmos circadianos, condiciones climáticas, entrenamiento o esfuerzo acumulativo (es decir, prueba realizada al menos 48 horas de entrenamiento o partidos). Los valores de las variables fueron más bajos en T2, resultados que parecen deberse al control correcto que se hizo de las variables extrañas, a la estandarización y a al efecto del aprendizaje de la prueba, así como a los diferentes estímulos neuromusculares propios del entrenamiento de fútbol los cuales parecen haber ayudado a obtener dichas mejoras.

La utilidad de una prueba se refiere a su sensibilidad para medir cambios significativos en el rendimiento, se estima comparando el SWC con el TEM y puede utilizarse para evaluar el interés práctico del protocolo de prueba (Buchheit, Spencer et al., 2010; Pyne,

2003). Hasta donde alcanza nuestro conocimiento, este es el primer estudio que investiga la utilidad de una prueba de RAA compleja y específica para futbolistas.

Es importante señalar que tener la mejor fiabilidad no significa que una variable sea la más "útil" para medir algo valioso, ya que varias medidas fisiológicas tienen una alta fiabilidad, pero pueden no ser herramientas de medición sensibles (Hopkins, Shabort, y Hawley, 2001). Los cambios detectados en la prueba UST se clasificaron como "Marginal" al comparar el SWC₀₂ con el TEM, al igual que en el estudio realizado por Darrall-Jones, Jones, Roe, y Till (2016) pese a que los autores obtuvieron una buena fiabilidad absoluta entre los tiempos de 5-10-20-30 y 40 m en jugadores adolescentes de rugby testados durante dos ocasiones. Además, los datos obtenidos están en línea con el estudio reciente realizado por Conte et al. (2018). Los autores cuando analizaron la capacidad de detectar cambios en el rendimiento a través del SWC₀₂ en una prueba de habilidades combinadas específicas en baloncesto, la utilidad se calificó como "Marginal". Sin embargo, cuando los autores compararon el SWC₀₅ con el TEM todas las variables de rendimiento alcanzaron la calificación de "Bueno".

Por el contrario, Buchheit, Spencer et al. (2010) calificaron la utilidad de un test de sprints repetidos y saltos como "OK" para el mejor tiempo de sprint, para la media de los sprints y para la altura de los saltos, aunque en los indicadores de decremento obtuvieron resultados marginales. Del mismo modo Castagna et al. (2017) calificaron como "aceptable" la utilidad de la prueba de 5x30 m en jóvenes futbolistas para el tiempo total de carrera y "buena" para el mejor rendimiento de sprint.

Probablemente ampliando el tamaño de la muestra o el número de las pruebas, aumentaría la precisión del TEM (Hopkins, 2000), lo que no fue posible en este estudio debido a las limitaciones de tiempo y a la disponibilidad de los jugadores. A pesar de que el ámbito práctico suele realizarse un Test-retest, los resultados muestran que se necesitan más pruebas para poder detectar un cambio mínimo en el rendimiento en el Test UST cuando se utiliza el SWC₀₂. Con la intención de profundizar la utilidad del UST test, futuros trabajos deberían establecer el número de sesiones de evaluación necesarias para considerar que el rendimiento de la prueba se ha estabilizado totalmente.

Estas informaciones nos permiten conocer mejor por primera vez las características del test UST, y de este modo poder realizar una interpretación y un uso más adecuado de sus resultados. Por otro lado, en esta ocasión se han planteado las habilidades de conducción y pase por su capacidad discriminante (Rowat, Fenner y Unnithan, 2017), pero podrían considerarse otras que sean igualmente reproducibles y discriminantes. Para ello futuros estudios deberían testar no solo aspectos condicionales, sino también la componente técnica y los cambios de dirección, los cuales conforman el rendimiento en un deporte como el fútbol.

A modo de conclusión, los resultados obtenidos indican que el Test UST es un test fiable y replicable, puede representar una valiosa herramienta para evaluar la capacidad RAA de forma específica en jugadores de fútbol.

Debido al tamaño de la muestra y al número de sesiones (2) no se detectó un cambio mínimo real en el rendimiento en esta población de jóvenes futbolistas entre dos mediciones consecutivas (test-retest), aunque se produjo una ligerísima mejora en la ejecución, con diferencias en el tiempo total en la sección B, y por arrastre en el test UST completo (SEC A+B), entre los dos días. Es de gran importancia conocer el cambio mínimo de rendimiento que debemos recoger en una medición comparada con probabilidades de ser “real; por ejemplo, al volver a evaluar con el test UST tras un tiempo de entrenamiento. Para ello es necesario que los profesionales e investigadores utilicen el TEM junto con el SWC (Hopkins, 2000).

Finalmente, en este caso y en función de la población evaluada, para futuras evaluaciones con el test UST se sugiere detectar una mejora en el rendimiento de al menos 2.58 s (-3.07 %) en TT, 0.49 s (-2.92%) en MT y 0.55 s en BT (-3.37 %) para determinar una mejora “casi con certeza” (aproximadamente 100%) en el rendimiento. Este tipo de datos concretos puede ayudar a los entrenadores, y sobre todo, a guiar el proceso de entrenamiento desde las primeras etapas.

Así pues, la reproducibilidad casi perfecta detectada BT en la SEC-B podría ser utilizada por parte de los entrenadores para estimar la capacidad RAA con elementos técnicos de un jugador de fútbol joven a lo largo de la temporada competitiva a través la realización de una sola repetición/prueba. Este hallazgo podría sugerir el uso de BT de la SEC-B

Tesis Doctoral – Donfrancesco, G.
Especificidad, integración e incidencia de la técnica en la evaluación de la RAA en el fútbol.

como referencia en las habilidades técnicas y en la capacidad de acelerar en jugadores de fútbol jóvenes.

Aunque este estudio se llevó a cabo con jóvenes futbolistas, pensamos que el protocolo podría extenderse a poblaciones adultas, aunque ello requerirá de los citados futuros estudios.

3.2. ESTUDIO 2

3.2.1. Caracterización de la muestra.

Como se observa, la caracterización de la muestra (tabla 3.7) presenta algunas diferencias que conviene destacar, pues tal y como señalamos en la metodología, los jugadores profesionales eran más jóvenes que los estudiantes deportistas ($p < 0.001$). Una edad más alta se podría interpretar como un factor importante para el desempeño físico específico, de manera que el G3 representa población apropiada para la comparación, con los menos expertos algo más mayores para compensar la mayor pericia en los jóvenes profesionales. La comparación del resto de características antropométricas de acuerdo con el nivel competitivo, muestra que sólo la variable peso se acercó a la significación ($p = 0.054$). En cuanto a la talla y al BMI no se señalaron diferencias significativas.

Tabla 3.7. Caracterización de la muestra: Análisis comparativo

	PROFESIONALES	ESTUDIANTES	P VALOR
	G2 N = 10	G3 N = 13	
EDAD (AÑOS)	17.6±1.17	21.92±2.72	P=0.000
PESO (KG)	67.94±6.2	74.44±8.45	P=0.054
TALLA (CM)	173.5±5.57	177.69±5.81	P=0.096
BMI	22.57±1.29	23.29±1.91	P=0.317

Nota. BMI: coeficiente peso/talla

A continuación, los resultados se han organizados en tres apartados: comparación de medias por el nivel de rendimiento junto con sus descriptivos, diferencias por rondas y secciones del test UST, y parámetros de control de la carga de entrenamiento.

3.2.2. Comparación de medias en función del nivel de rendimiento.

Para analizar las diferencias que podrían existir en el test UST según el nivel de rendimiento, los valores de las variables tiempo total (TT), tiempo mejor (BT), tiempo medio (MT) e índice de decremento se recogen en la tabla 3.8, junto con sus estadísticos descriptivos: Media, Desviación estándar (SD) e Intervalo de Confianza (IC 95%). La parte derecha de esta misma tabla recoge los resultados del análisis de comparación de medias para muestras no relacionadas en ambos grupos. Con el fin de cuantificar la variabilidad de los resultados, se añade el Coeficiente de Variación y el Error estándar de

la media en todas las variables. Los datos aparecen para el grupo de futbolistas profesionales (G2) y el grupo de estudiantes deportistas (G3). Estos cuatro indicadores cuantifican el rendimiento en los test RSA/RAA.

Los resultados obtenidos muestran que existen diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre el TT, BT, MT en G2 frente al G3 en la SEC-A+B y en la SEC-B del test. Podemos observar como el G2 emplea menos tiempo para recorrer el UST test y presenta valores menores para las variables MT y BT respecto al G3 en todas las secciones. En G2, en la SEC-A+B, el TT fue significativamente menor respecto a G3 (93.82 ± 6.20 vs 98.53 ± 4.22 s; $p=0.002$), al igual que el BT (14.71 ± 0.61 vs 15.49 ± 0.75 s; $p=0.010$), y el MT (15.64 ± 1.03 vs 16.42 ± 0.7 s; $p=0.005$). Del mismo modo, en la SEC-B se registró un tiempo significativamente menor en el G2 frente al G3 para las variables TT (56.41 ± 3.77 vs 60.39 ± 2.96 s; $p=0.002$), BT (8.93 ± 0.45 vs 9.52 ± 0.59 s; $p=0.010$) y MT (9.4 ± 0.63 vs 10.06 ± 0.49 s; $p=0.002$). Frente a ello, en la SEC-A del test, más alejada de la especificidad técnica del juego, en ninguna de las variables analizadas se detectaron diferencias significativas entre los dos grupos.

A su vez, en la Tabla 3.8 se presentan los CV medios obtenidos en las dos agrupaciones. Los resultados muestran que en las SEC-A+B y en la SEC-B las variables TT, MT poseyeron un grado de dispersión mayor dentro del grupo G2 respecto al grupo G3. En cambio, el BT tuvo un grado de dispersión menor en G2 frente a G3 en la SEC-A (4.14% vs 4.84%) y en la SEC-B (5.04% vs 6.19%). En la SEC-A se aprecian en G2 valores de CV más altos para TT, BT y MT. Se registró un alto grado de dispersión, referido a las variables TT y MT, llegando incluso a duplicarse los valores de G2 (8.26% y 8.17%) frente a los de G3 (4.69% y 4.71%).

No encontramos diferencias significativas para el índice de Decremento en todas las secciones del test, aunque, el G3 presenta siempre un DEC menor respecto a G2 a excepción de la SEC-B donde encontramos valores inferiores para G2 vs G3, 5.25% y 5.87% respectivamente. De nuevo, los CV de los índices de decremento son muy elevados para todas las variables en los grupos.

Tabla 3.8. Comparación de medias para las variables tiempo total (TT), mejor tiempo (BT), tiempo medio (MT) e índice de decremento (DEC) durante el Test UST para el G2 y G3 en las tres secciones A+B; A; B

<i>SECA+B</i>	PROFESIONALES N=10 G2				ESTUDIANTES N=13 G3				P VALOR
	Media (SD)	SEm (%)	CV%	IC (95%)	Media (SD)	SEm (%)	CV%	IC (95%)	
TT (s)	93.82 ± 6.20	1.96	6.61	[89.38-98.27]	98.53± 4.22	1.17	4.28	[95.97-101.68]	P=0.002
BT(s)	14.71± 0.61	0.19	4.14	[14.27-15.15]	15.49± 0.75	0.21	4.84	[15.04-15.94]	P=0.010
MT(s)	15.64±1.03	0.33	6.59	[14.9-16.38]	16.42±0.7	0.19	4.26	[16-16.85]	P=0.005
DEC(%)	6.21 ± 3.44	1.09	55.39	[3.76-8.67]	6.09±3.57	0.99	58.62	[3.93-8.25]	P=0.832
<i>SECA</i>									
TT (s)	37.41 ± 3.09	0.98	8.26	[35.20-39.6.2]	38.13± 1.79	0.49	4.69	[37.05-39.22]	P=0.446
BT(s)	5.71±0.36	0.11	6.30	[5.45-5.96]	5.83±0.31	0.08	5.31	[5.65-6.02]	P=0.364
MT (s)	6.24±0.51	0.16	8.17	[5.87-6.6]	6.36±0.3	0.08	4.71	[6.17-6.54]	P=0.446
DEC(%)	9.25±5.12	1.62	55.32	[5.59-12.91]	9.05±4.68	1.3	51.71	[6.22-11.88]	P=0.927
<i>SEC B</i>									
TT (s)	56.41 ± 3.77	1.19	6.69	[53.71-59.11]	60.39 ± 2.96	0.82	4.9	[58.6-62.18]	P=0.002
BT(s)	8.93±0.45	0.14	5.02	[8.61-9.25]	9.52±0.59	0.16	6.19	[8.61-9.25]	P=0.010
MT(s)	9.40±0.63	0.2	6.69	[8.95-9.85]	10.06±0.49	0.14	4.87	[9.77-10.36]	P=0.002
DEC(%)	5.25±2.84	0.9	54.10	[3.22-7.28]	5.87±4.37	1.21	74.44	[3.23-8.51]	P=0.976

Nota. SD: Desviación estándar; SEm: Error estándar de la media; CV: Coeficiente de variación; IC: Intervalo de confianza de la media.

3.2.3. Comparación de medias por tiempos por ronda en función del nivel de rendimiento.

Para completar los índices anteriores, se analizó la diferencia entre rondas. Dada la mayor complejidad de los análisis y por su mejor comprensión, presentamos por un lado las tablas de descriptivos con los valores por cada ronda en las tres secciones del test, seguido de las gráficas de comparación de medias con las diferencias significativas intergrupo e intragrupo.

3.2.4. Descriptivos.

La tabla 3.9 refleja los valores por cada tramo del test y por cada sección en ambos grupos. Los jugadores profesionales invirtieron siempre menos tiempo por cada tramo del test frente a los estudiantes deportistas en cualquiera de las secciones analizadas. En la SEC A+B en G2 las medias mostraron siempre un incremento de tiempo a excepción del TR5 (15.80 ± 1.11 s) donde se produjo una disminución del tiempo respecto al TR4 (15.91 ± 1.21 s). De manera similar en G3 fue invertido cada vez más tiempo a medida que evolucionaba el test, aunque los valores del TR3 (16.52 ± 0.95 s) y del TR 4 (16.53 ± 0.9 s) presentan muy poca diferencia entre ellos.

En cuanto a la descripción por secciones, en la SEC-A vemos nuevamente como incrementa el tiempo conforme vayan aumentado las rondas tanto en G2 como en G3, aunque para este último grupo el TR4 (6.46 ± 0.4 s) y el TR5 (6.47 ± 0.37 s) muestran resultados similares. En la SEC-B cabe destacar una reducción del tiempo para el G2 en el TR3 (9.35 ± 0.7 s) frente al TR2 (9.68 ± 0.87 s) y en TR5 (9.39 ± 0.69 s) respecto al TR4 (9.53 ± 0.7 s). Del mismo modo encontramos para el G3 una mejora del tiempo en TR2 (9.82 ± 0.76 s) frente a TR1 (9.92 ± 0.64 s) y en TR4 (10.08 ± 0.61 s) frente a TR3 (10.18 ± 0.64 s).

Tabla 3.9. Descriptivos de los tiempos de cada ronda para G2 y G3 en las tres secciones del Test UST A+B; A; B

	PROFESIONALES N=10 G2			ESTUDIANTES N=13 G3		
	SECA+B	SECA	SECB	SECA+B	SECA	SECB
	MEDIA+ SD			MEDIA + SD		
TR1	14.79 ± 0.59	5.79 ± 0.3	9 ± 0.44	15.81 ± 0.82	5.89 ± 0.34	9.92 ± 0.64
TR2	15.70 ± 1.32	6.02 ± 0.52	9.68 ± 0.87	16 ± 0.95	6.18 ± 0.34	9.82 ± 0.76
TR3	15.52 ± 1.18	6.16 ± 0.53	9.35 ± 0.7	16.52 ± 0.95	6.35 ± 0.41	10.18 ± 0.64
TR4	15.91 ± 1.21	6.38 ± 0.75	9.53 ± 0.71	16.53 ± 0.9	6.46 ± 0.41	10.08 ± 0.61
TR5	15.80 ± 1.11	6.41 ± 0.5	9.39 ± 0.69	16.64 ± 0.94	6.47 ± 0.37	10.16 ± 0.66
TR6	16.01 ± 1.48	6.64 ± 0.96	9.45 ± 0.8	17.01 ± 1	6.78 ± 0.51	10.23 ± 0.67

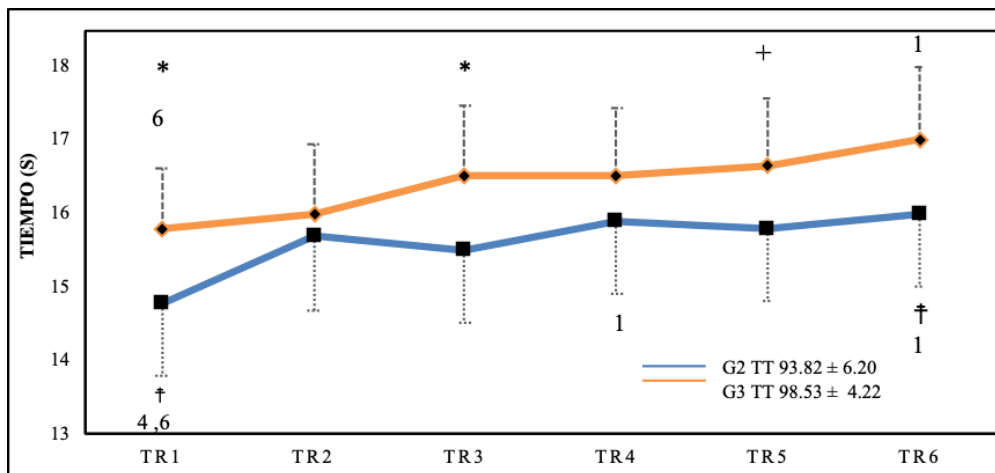
Nota. TR= Tiempo ronda; SD= Desviación estándar.

3.2.5. Diferencias en el tiempo en las dos agrupaciones por cada ronda y sección del test.

A continuación, se detallan de forma gráfica las diferencias registradas en G2 y en G3 tanto a nivel intragrupo como intergrupo para las tres distintas secciones del UST TEST. Vemos nuevamente como el G2 invirtió siempre menos tiempo en cada ronda del test-retest respecto al G3, mostrando un rendimiento mejor en todas las rondas del test. Para ello los datos obtenidos son representativos de la población a estudio.

En la gráfica 3.4 y en la tabla adyacente podemos observar que para el grupo G2 existen diferencias significativas entre TR1 vs TR4 ($p=0.051$) y una tendencia a la significación entre el TR1 vs TR6 ($p=0.068$). Cuando analizamos las rondas del G3 encontramos diferencias significativas entre TR1 vs TR6 ($p=0.052$).

Además, la gráfica y la tabla adyacente, recogen las diferencias significativas intergrupo en el test según el nivel de rendimiento. En este caso el G2 tardó menos en recorrer el test en cualquier ronda de la sección A+B, aunque encontramos diferencias significativas solamente en TR1 ($p=0.003$) y en TR3 ($p= 0.035$). Los valores obtenidos en TR5 indican una tendencia próxima a la significación ($p=0.063$).



Gráfica 3.4. Diferencias intragrupo e intergrupo por niveles de rendimiento en la SEC-A+B del Test UST

Nota.TR: RondaG2 (n=10) vs G3 (n=13) **Leyenda:** tiempo total registrado en cada grupo (G2; G3).

Diferencias significativas intragrupo indicadas por números diferente de 1 (TR1), de 2(TR2), de 3(TR3), de 4 (TR4) de 5 (TR5) de 6 (TR6). La tendencia a la significación fue indicada con el simbol †.

Diferencias significativas intergrupo con estrellas negras, la tendencia a la significación fue indicada con el simbol +.

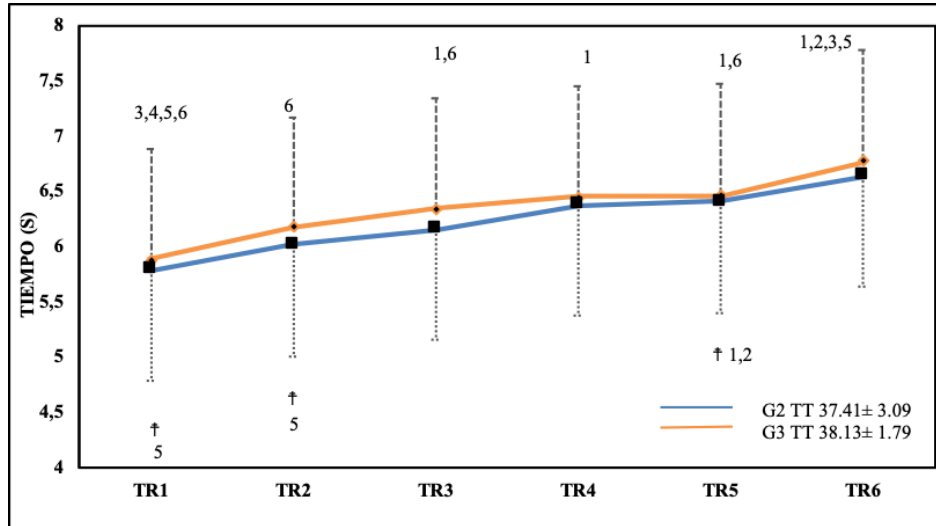
Diferencias entre rondas (Tiempo-s)

G2-G3	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6
TR1	1.01*	0.90	0.72	1.12*	1.00	1.30†
TR2	0.19	0.31	-0.18	0.22	0.10	0.40
TR3	0.71	0.52	1*	0.39	0.28	0.58
TR4	0.72	0.53	0.01	0.62	-0.12	0.19
TR5	0.82	0.63	0.11	0.10	0.84†	0.30
TR6	1.20*	1.01	0.49	0.48	0.38	0.92

Tabla adyacente: Diferencias entre las rondas (valores absolutos) para: comparación intragrupo (G2=fondo azul; G3=fondo naranja); y comparación intergrupo para cada una de las rondas (G2 vs G3; fondo blanco).

En la gráfica 3.5 y en la tabla adyacente se observan las diferencias en G2 y G3 intragrupo e intergrupo para la SEC-A del test UST. Los valores obtenidos para el G2 no muestran diferencias significativas intragrupo, aunque se manifiesta una tendencia a la significación entre TR1 vs TR5 ($p=0.071$) y TR2 vs TR5 ($p=0.066$).

Por otro lado, dentro del grupo G3 todas las rondas difieren significativamente del TR1 a excepción del TR2. En TR6 encontramos diferencias significativas frente a TR2 ($p=0.041$), TR3 ($p=0.050$) y TR5 ($p=0.034$). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas intergrupo en la SEC-A, pese a que el G2 invirtió menos tiempo en recorrer la parte condicional del Test.



Gráfica 3.5. Diferencias intragrupo e intergrupo por niveles de rendimiento en la SEC-A del Test UST

Nota. TR: Ronda; G2 (n=10) vs G3 (n=13) Leyenda: tiempo total registrado en cada grupo (G2; G3).

Diferencias significativas intragrupo indicadas por números: 1 (diferente de TR1), 2 (de TR2), 3 (de TR3), 4 (de TR4), 5 (de TR5), y 6 (de TR6). La tendencia a la significación fue indicada con el símbolo †.

Diferencias significativas intergrupo con estrellas negras, la tendencia a la significación fue indicada con el símbolo †.

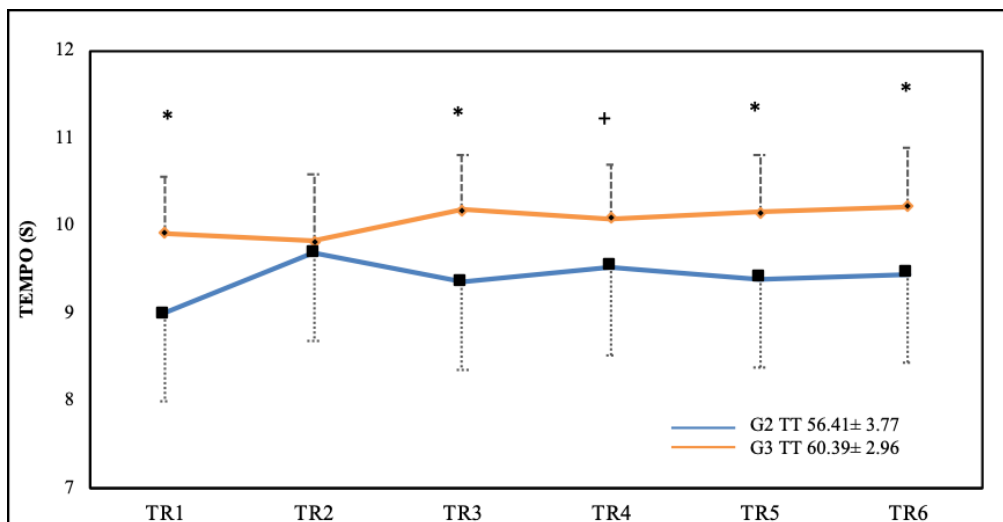
Diferencias entre rondas (Tiempo-s)

G2-G3	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6
TR1	0.1	0.23	0.38	0.59	0.62†	0.86
TR2	0.30	0.16	0.15	0.36	0.38†	0.63
TR3	0.25*	0.36	0.18	0.21	0.24	0.48
TR4	0.57*	0.27	0.11	0.08	0.02	0.27
TR5	0.59*	0.29	0.13	0.02	0.07	0.24
TR6	0.9*	0.6*	0.44*	0.33	0.3*	0.13

Tabla adyacente: Diferencias entre las rondas (valores absolutos) para: comparación intragrupo (G2=fondo azul; G3=fondo naranja); y comparación intergrupo para cada una de las rondas (G2 vs G3; fondo blanco)

En ningún caso las diferencias de tiempo intragrupalas llegan a ser estadísticamente significativas (Gráfica 3.6). Respecto al análisis de las diferencias intergrupales, nuestros resultados en casi todas las rondas de esta sección revelan diferencias estadísticamente significativas. Dichas diferencias se aprecian en TR1 (p=0.001) TR3 (p=0.008) TR5 (p=0.013) TR6 (p=0.019). Además, el TR4 presenta valores próximos a la significación

($p=0.061$). Los futbolistas profesionales son los que mejor tiempo alcanzan en las rondas técnicas del test y es la sección donde se registró el mayor número de diferencias estadísticamente significativas intergrupales.



Gráfica 3.6. Diferencias intragrupo e intergrupo por niveles de rendimiento en la SEC-B del Test UST

Nota. TR: Ronda; G2 (n=10) vs G3 (n=13) *Leyenda:* tiempo total registrado en cada grupo (G2; G3).

Diferencias significativas intragrupo indicadas por números: 1 (diferente de TR1), 2 (de TR2), 3 (de TR3), 4 (de TR4), 5 (de TR5), y 6 (de TR6). La tendencia a la significación fue indicada con el símbolo †.

Diferencias significativas intergrupo con estrellas negras, la tendencia a la significación fue indicada con el símbolo †.

Diferencias entre rondas (Tiempo-s)

G2-G3	TR1	TR2	TR3	TR4	TR5	TR6
TR1	0.92*	0.67	0.35	0.53	0.38	0.44
TR2	-0.11	0.14	-0.32	-0.14	-0.29	-0.22
TR3	0.25	0.36	0.83*	0.18	0.04	0.10
TR4	0.15	0.26	-0.10	0.55†	-0.14	-0.08
TR5	0.23	0.34	-0.02	0.08	0.77*	0.06
TR6	0.31	0.41	0.05	0.15	0.07	0.78*

Tabla adyacente: Diferencias entre las rondas (valores absolutos) para: comparación intragrupo (G2=fondo azul; G3=fondo naranja); y comparación intergrupo para cada una de las rondas (G2 vs G3; fondo blanco).

3.2.6. Parámetros de control de la carga de entrenamiento.

En la tabla 3.10 aparecen reflejados los parámetros de control de la carga de entrenamiento: frecuencia cardiaca, concentraciones de lactato sanguíneo, esfuerzo percibido y saturación del oxígeno. Los resultados indican valores de HR al final del test más altos para el G2 vs G3 (191.5 ± 2.33 vs 185 ± 12.44 B/min) sin que haya diferencias significativas en ambos grupos. Los valores de BLA y RPE no muestran diferencias significativas al finalizar el test y parecen bastante semejantes, aunque son mayores en el grupo que invierte menos tiempo en recorrer el test (G2).

Tabla 3.10. Descriptivos para las variables fisiológicas

	PROFESIONALES N=10			ESTUDIANTES N=13		
	G2			G3		
	Media (SD)	SEm (%)	IC (95%)	Media (SD)	SEm (%)	IC (95%)
HR _{pre} (B/min)	81.65±16.13	5.09	[70.11-93.19]	97.63±13.82	3.85	[89.25-106]
HR _{post} (B/min)	191.5±2.33	0.82	[189.55-193.45]	185±12.44	3.45	[177.48-192.52]
BLA _{pre} (mmol/l)	1.59±0.56	0.18	[1.19-1.99]	2.12±1.17	0.32	[1.41-2.82]
BLA _{post} (mmol/l)	8.86± 2.43	0.77	[7.12-10.60]	8.47± 2.86	0.83	[6.65-10.28]
RPE (0-10)	9.67± 0.9	0.6	[8.28 - 11.05]	9.53 ± 0.9	0.25	[9-10.08]
SAO _{2B} (%)	96.10±1.49	0.47	[95.04-97.16]	96.48±1.59	0.44	[95.52-97.44]
SAO _{2post} (%)	95.45±1.12	0.35	[94.65-96.25]	95.42±1.40	0.39	[94.58-96.27]

Nota. SD: Desviación estándar; SEm: Error standard de la media; IC: Intervalo de confianza de la media al 95%; HR_{pre}: Frecuencia cardiaca pre-test (tras el calentamiento); HR_{post}: Frecuencia cardiaca al finalizar el test; BLA_{pre}: Lactato pre-test (tras el calentamiento); BLA_{post}: Lactato post-test, 3 minutos después de finalizar el test; SaO_{2B}: Saturación Basal; SaO_{2post}: Saturación al finalizar el test.

3.2.7. Discusión estudio 2.

El presente trabajo analizó las diferencias en la capacidad de RAA y las respuestas fisiológicas en 2 grupos de deportistas en diferentes niveles de competencia a través del test UST. El principal hallazgo de este estudio fue que el test UST es útil para reflejar las diferencias en el rendimiento integrado del trabajo físico y técnico en jugadores de fútbol profesionales frente a estudiantes talentosos con buen nivel de fútbol. Cuando se consideró la habilidad técnica de acelerar para recoger una pelota y pasarla en apenas unos

metros, en una situación metabólica que trataba de reflejar el peor escenario de fatiga posible en un partido (SEC B y SEC A+B), los jugadores profesionales fueron mejores, a pesar de su mayor juventud. Además, este estudio examinó las respuestas en las variables fisiológicas, sin detectar diferencias significativas entre ellas. De acuerdo con nuestra hipótesis inicial, cuando el rendimiento en el test UST se expresa como TT, BT y MT en el test completo (SEC-A+B), UST permite discriminar entre jugadores profesionales y estudiantes, aunque estos sean talentosos y estén involucrados en la práctica regular deportiva. Los jugadores de élite fueron más rápidos que estos estudiantes deportistas bien entrenados, aunque el índice de decremento no presentó ninguna diferencia significativa.

En concordancia con nuestros resultados, la mayor parte de los estudios describen que a mayor nivel competitivo, el rendimiento en la capacidad de aceleración y en la RSA media es un factor discriminante entre amateur y profesionales en pruebas de alta intensidad (Mujika et al., 2009; Rampinini, Sassi et al., 2009). La estructura mixta del test UST (sección A sin balón seguida de una sección B más técnica), y sus resultados, nos permiten entender que estas diferencias en la capacidad de acelerar de forma repetida se constatan de forma significativa sólo cuando las exigencias del test incluyen acciones realmente relevantes para el deporte.

Al comparar los resultados obtenidos en la SEC-A de nuestro Test, no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas entre el G2 y el G3. Así, la SEC-A no discriminaría entre el nivel de rendimiento en una prueba de RAA con aceleraciones y cambios de dirección, pese a que los jugadores profesionales son más rápidos. Los resultados de nuestra investigación, parecen estar en línea con el estudio realizado por Cometti et al. (2001), que no encontraron ninguna significación estadística entre profesionales y amateur cuando recorren uno sprint de 30 m, aunque en nuestro test en la distancia es de 30 m hay un descanso de 5 s al finalizar el primer tramo de 10 m, y se evalúan acciones más específicas del juego como la aceleración en un tramo corto (en ese mismo primer tramo de 10 m), y la aceleración con un cambio de dirección (2x10 m).

Por otro lado, hay que recordar que estos últimos (G2) eran significativamente más jóvenes que G3, con una diferencia media en torno a 4 años, por lo que esta ausencia de diferencias juega a favor de una buena condición física específica en los más entrenados

(G2). Loturco et al. (2014) tampoco observaron diferencias significativas para el rendimiento en la aceleración en línea recta (20 m) entre jugadores de fútbol profesional de Brasil y las categorías inferiores (sub-20 y sub-17) del mismo club, apuntando a que la capacidad de aceleración pueda estar ya mejorada en estas edades tempranas.

Quizá estas distancias de carrera podrían ser demasiado largas y no reflejarían situaciones de juego real, teniendo en cuenta que normalmente, el rendimiento de 10 m de velocidad es a menudo considerado como una medida de la capacidad de aceleración en los atletas de deportes de equipo, y las distancias superiores a 30 m son más una medida de la velocidad máxima (Baker et al., 1993; Young, Mc Lean, y Ardagna, 1995). Por ello es importante que el análisis de los sprints/aceleraciones tenga en cuenta tanto las diferentes distancias como la introducción de cambios de dirección específicos. Y en este sentido, la introducción de un cambio de dirección de 180° podría no ser idónea para discriminar entre el nivel de rendimiento, debido a que no suele ser el más frecuente en un partido de fútbol (Castagna et al., 2012).

Adicionalmente, es probable que la naturaleza planificada de las pruebas llamadas “Shuttle run” utilizada en la SEC-A de este estudio no sea útil para discriminar entre los futbolistas de calidad y los no profesionales, ya que, durante un partido, la capacidad de los jugadores para acelerar y cambiar de dirección depende no solo de la capacidad física, sino también de los factores perceptivos y de toma de decisiones, que se sabe que se refieren a habilidades de reacción (Sheppard y Young, 2006). Las aceleraciones en los COD “conocidos” de los shuttle-run podrían diferir de las del juego en aquellos factores de toma de decisiones que afectan la respuesta a estímulos impredecibles (es decir, la condición no planificada) (Lockie et al., 2014).

Frente a ello, las diferencias entre profesionales y estudiantes talentosos se hicieron patentes en la sección de mayor exigencia técnica (SEC-B) y fueron más evidentes en la sección a medida que iba aumentando las repeticiones y el número de cambios de direcciones ejecutado por los atletas. En este sentido, la inclusión de varios cambios de dirección diferentes dentro de la misma prueba, que además incluye acciones técnicas, y su realización en condiciones de fatiga, debe ser la responsable de estas diferencias. Esta capacidad de combinar COD en fatiga ha sido evaluada en varias ocasiones en jugadores de fútbol debido a su importancia en el rendimiento físico (Chaouachi et al., 2012; Hader, Mendez-Villanueva, Ahmaidi, Williams, y Buchheit, 2014; Ruscello et al., 2013).

Wong, Chan, e Smith (2012) mostraron diferencias significativas entre individuos físicamente activos y jugadores de fútbol (universitarios o jugadores profesionales de fútbol), observando que el grupo de jugadores de fútbol universitario y profesional obtenían mejores resultados en el test de aceleración con cambios de dirección en fatiga (6x20 m en zig-zag con COD de 100°/20 s de recuperación), que el grupo de jugadores físicamente activos, aunque estas diferencias no fueron significativas entre el grupo de jugadores universitarios y profesionales entre sí. Por el contrario, Gabbett et al. (2008) no observaron diferencias significativas en la prueba **L** entre jugadores de rugby pertenecientes a diferentes ligas, pero evaluado en una sola ocasión, lejos de la fatiga. Del mismo modo, otros autores no detectaron cambios significativos en el rendimiento de la prueba en forma **Y** entre grupos de jugadores de baloncesto y mujeres con diferentes niveles de juego (Lockie et al., 2014; Morland, Bottoms, Sinclair, y Bourne, 2013) cuando se realizan buscando el mejor de varios intentos. Parece, por tanto, que la condición de fatiga contribuye a marcar la diferencia entre niveles de rendimiento.

Junto a la especificidad de los COD y su realización en fatiga, otro factor que podría haber marcado de forma significativa las diferencias entre los dos grupos puede ser el patrón técnico. Las habilidades técnicas, se consideran como unos de las características claves que diferencian los niveles de juego entre amateurs y profesionales, Además, la evaluación del rendimiento físico (condicional) también debe tener en cuenta las demandas técnicas (Dellal, Hill-Haas, Lago-Penas, y Chamari, 2011). Del mismo modo Rampinini, Impellizzeri, et al. (2009) indicaron que una disminución en el porcentaje de pases exitosos durante un partido estaría correlacionada con el resultado de juego; en este caso una derrota. El estudio de Reilly y Thomas (2000) donde los jugadores profesionales se desempeñaron mejor en las pruebas con cambios de dirección con y sin balón respecto a los amateurs también está de acuerdo con nuestros hallazgos.

La estructura mixta del test ha permitido evaluar a los futbolistas de forma completa todas las variables que se dan en el juego, y de acuerdo con nuestra hipótesis inicial, las diferencias significativas se han señalado más en la SEC-B que en el resto de las secciones. El peso de la SEC-B ha sido tan importante que el Test UST globalmente ha mostrado también estas diferencias en función del nivel (SEC A+B).

Por tanto, si atendemos a nuestros resultados, cualquier diferencia entre profesionales y

no profesionales se destacaría mediante pruebas de RAA con cambios de dirección centradas en habilidades técnicas. Las diferencias que se denotan, sobretudo en la parte técnica del test, parecen depender del hecho que los jugadores profesionales participan en un mayor número de sesiones semanales de entrenamiento de fútbol, y desarrollan tareas de entrenamiento técnico-táctico con consecuente preparación para pruebas específicas -tal y como se observa en el test UST-. Sin embargo, factores como los cambios en la coordinación neuromuscular de la contracción muscular también podrían estar asociados con la fatiga durante el ejercicio de sprints repetidos (Méndez-Villanueva et al., 2008).

El test UST test se ajusta y se adapta a los esfuerzos que normalmente se requieren a los futbolistas tanto en los entrenamientos como en los partidos. Además, estas calidades son importantes para el éxito de los jugadores de fútbol durante situaciones de juego como por ejemplo alcanzar la pelota o estar bien posicionado para el desarrollo de una jugada clave (Silvestre, West, Maresh, y Kraemer, 2006). Los resultados nos hacen pensar que las competencias técnicas y la capacidad de cambiar dirección, en fatiga, podrían ser más relevante para llegar a competir en niveles superiores a las categorías de fútbol.

Un análisis más detallado de los resultados nos permite ver que se evidencian diferencias significativas entre la primera y cuarta ronda dentro del G2 en la SEC-A+B mientras en G3 estas diferencias con la primera ronda se aprecian a partir de la sexta. El hecho de que el G2 alcance antes la fatiga puede relacionarse con que los jugadores profesionales corren más rápido en todas las rondas frente al G3. El análisis detallado de las diferencias intergrupo señala que esta mayor velocidad se constata ya desde la ronda 1, y se mantiene en 3 y 5, confirmando su mayor tolerancia a la fatiga durante todo el test.

La menor tasa en disminución de rendimiento y la aparición de la fatiga en los estudiantes talentosos sólo a partir del último tramo podría explicarse, en parte, por su bajo rendimiento medio en toda la primera parte del test. Lo cierto es que una caída en rendimiento mayor durante pruebas de múltiples sprints está asociada generalmente con un gran sprint inicial (Spencer et al., 2005). Nuestros valores individuales muestran como el mejor tiempo de sprint fue el primero en el 70% y en el 46% de los casos para G2 y G3 respectivamente, considerando la SEC A+B.

En cuanto a la SEC-B, fue más evidente esta diferencia. El 76% de los estudiantes no

corrió más rápido en este sprint inicial (ronda 1), mientras que en casi el 70% de los futbolistas sí fue el más rápido. La mayor tasa glucolítica durante este primer sprint en los jugadores profesionales se relacionaría con su mayor decrecimiento en los test RSA (Bishop et al, 2004). Estas diferencias que se encuentran en el primer sprint, también pueden deberse a un entrenamiento de fuerza diferente respecto al G3 -ya que el entrenamiento de fuerza mejora el primer sprint en pruebas de múltiples sprints (Edge, Bishop, Goodman, y Dawson, 2005; Hill-Haas, Bishop, Dawson, Goodman, y Edge, 2007) -, y a su relación con las características neuronales individuales (Bishop et al., 2011; Girard et al., 2011). Un mejor sprint inicial en pruebas de múltiples sprints tiene una buena correlación con la RSA total (Bishop et al., 2003; Pyne et al., 2008) y con RSA media (Gaitanos et al., 1993). Estos datos están en línea con los resultados encontrados en todas las secciones del test para el G2, el cuál alcanza valores para las variables TT y MT siempre más bajos en todas las secciones del test frente a G3. Además, efectivamente, los valores de DEC, aunque no presentan diferencias significativas intergrupo son más altos en los profesionales.

Al contrario, el mayor número de diferencias intragrupal ocurrió en la SEC-A para el G3 (frente al G2), incluso sin diferencias significativas intergrupo. Probablemente tanto los estudiantes como los profesionales correrían cercanos a la máxima intensidad, ante la ausencia de condicionantes técnicas. Esta mayor fatiga en el sprint inicial se relacionaría con la presencia de claras diferencias intragrupo en el resto de rondas para el grupo 3. Al empezar un nuevo tramo del test iniciarían de forma diferente entre ellos los sprints sucesivos debido a una diferente estrategia de pacing y patrones de coordinación intragrupo distintos entre grupos. Los estudiantes pudieron no saber gestionar de manera igual la recuperación entre sprint y por tanto intuimos que no resintetizarían de forma igual la PCr. Así pues, algunos de los sujetos podrían haber iniciado los sprints sucesivos (en este caso una nueva ronda del test) sin tener repletos sus almacenes de PCr.

Dado que la fatiga arrastraría el efecto del test completo, los estudiantes serían menos eficientes en la parte técnica, con mayor fatiga global, y la acusarían especialmente en la S-A, donde podían dar el máximo sin limitaciones técnicas.

Cuando se analiza en exclusivamente la SEC-B, las diferencias intragrupo ya no recogen la pérdida de velocidad típica de la RAA, pues los dos grupos mantienen una misma velocidad de carrera entre rondas. No se evidencian diferencias significativas, y, además, la pérdida de rendimiento fue similar a nivel intragrupal. Una posible explicación puede deberse a que la fatiga afecta más a las variables condicionales que a la técnica. Y al igual que en el primer estudio, aparece la posibilidad de que la velocidad técnica dependa sobretodo de la pericia del jugador y no corresponda tanto a una capacidad condicional máxima (fuerza, velocidad o resistencia a la fuerza y la velocidad) sino a una manifestación coordinativa y global que integre a todas las demás. Esta velocidad técnica estaría muy interiorizada y al ser submáxima en lo condicional sería menos susceptible a la fatiga RAA.

Debido a la gran complejidad de este deporte, y a pesar de las diferencias evidenciadas entre los profesionales y los estudiantes talentosos, podemos considerar la técnica como un factor determinante para el éxito del deportista, no obstante, este factor por sí sólo no es suficiente para asegurar el éxito, ya que necesitará de las capacidades condicionales para desarrollar y aplicar su gesto técnico durante la competición. En realidad, es difícil conseguir exigencia física máxima sobre parámetros muy técnicos, y por ello la evaluación integral del deportista debe combinar aspectos técnicos y condicionales específicos del deporte realizados a la máxima intensidad si se quiere estudiar el comportamiento específico del deportista en situaciones de extrema fatiga (Blasco-Lafarga, 2008). Los tramos condicionales exigentes aseguran niveles de extenuación que permiten evaluar los tramos técnicos en fatiga, cosa que sería muy difícil de analizar mediante test excesivamente -o exclusivamente- técnicos (Blasco-Lafarga, 2008).

Con respecto a las variables fisiológicas, en ninguna de las variables analizadas se obtuvieron diferencias significativas al finalizar el test. La incapacidad de mantener el rendimiento en sprints repetidos se ha atribuido principalmente a la acumulación de metabolitos, como el aumento del lactato, la acumulación de H^+ (Glaister, 2005) y el agotamiento de la fosfocreatina muscular (Gaitanos et al., 1993). Una buena contribución de la glucólisis anaeróbica durante la prueba está respaldada por los valores de lactato encontrados en nuestro estudio, tanto en futbolistas como en estudiantes (8.66 ± 2.43 y 8.47 ± 2.86 mmol/l respectivamente) 3 minutos después de finalizar el test (valor pico, pues podrían haber sido más altos si se hubieran tomado en otro momento). Sin embargo,

hay que tomar con cautela estos datos en cuanto las mediciones fueron tomadas en el musculo y no en la sangre.

Por otro lado, aunque los valores de lactato son mayores en los profesionales, con mejores rendimientos, los resultados no presentan diferencias significativas. Los dos grupos alcanzaron valores altos y fueron capaces de contener/ eliminar el lactato, gracias a las micropausas que se introdujeron en el test. Aunque se podría dar la circunstancia de que un mayor entrenamiento específico en los futbolistas hubiera supuesto más producción durante el esfuerzo, pero también una mayor eliminación durante la recuperación, con valores finales similares (Blasco-Lafarga, 2008).

En cuanto a la RPE los profesionales obtuvieron valores más altos registrando un mayor estrés interno, aunque no significativo, respecto a los estudiantes. Estos valores no coinciden con los encontrados por Rampinini, Sassi et al. (2009), cuando analizaron las diferencias entre futbolistas amateurs y profesionales en pruebas de alta intensidad. Los autores aportan una RPE considerablemente menor respecto a la nuestra tanto para profesionales como amateur (4.4 ± 0.7 y 6.4 ± 1.0 mmol/l respectivamente) con diferencias significativas entre los dos grupos. Los altos valores de RPE parecen confirmar el estrés interno muy alto causado por la alta intensidad, el elevado número de repeticiones y la complejidad de la prueba. Como ya se ha señalado, el test UST busca un alto nivel de fatiga simulando acciones específicas que permitan al jugador enfrentarse al “peor de los casos” de un partido.

Los altos valores de frecuencia cardiaca registrada al finalizar el test indican la alta intensidad del esfuerzo realizado a través del UST. Al no existir diferencias significativas entre los dos grupos, estos valores confirmarían nuevamente como el G3 representa una buena muestra de comparación. Así pues, los resultados de nuestro estudio muestran que ni la capacidad de múltiples aceleraciones en la SEC- A del test, ni las respuestas fisiológicas son factores discriminantes entre futbolistas jóvenes de elite y estudiantes talentosos bien entrenados. Aunque informativas, estas variables podrían representar un indicador no relevante para discriminar en pruebas de alta intensidad que tienen una contribución mixta (aeróbico/anaeróbica) considerable.

Frente a ello, entre otros factores, la competencia técnica y la capacidad de aceleración

con cambios de dirección en esfuerzos de alta intensidad sí podrían representar un factor determinante en jóvenes futbolistas. Estos resultados proporcionan una información útil para diseñar y evaluar programas de entrenamiento específicos capaces de favorecer la mejora de las aceleraciones junto con las habilidades técnicas en jóvenes futbolistas. Se necesitan más investigaciones para confirmar si estos factores se relacionan con las demandas del fútbol y son responsables del rendimiento futbolístico de alto nivel.

A modo de conclusión se puede extraer que:

El test UST discrimina entre jugadores profesionales y estudiantes talentosos, lo que pone de manifiesto que puede ser un test muy útil para medir la capacidad de RAA en jóvenes futbolistas de forma específica.

Las demandas de habilidades y capacidades específicas del deporte parecen más importantes para discriminar entre niveles de rendimiento que las variables fisiológicas.

Dado que las características físicas que contribuyen a la realización de la SEC-A del test en G2 y en G3 son similares, debe haber otros factores que explican porque ciertos jugadores de fútbol son capaces de rendir a un nivel superior. Para esta investigación, esto se relaciona con los factores técnicos y con los cambios de dirección, introducidos en la SEC-B.

Así, es la SEC-B, centrada en la evaluación de la condición técnica y física del jugador de forma integrada, la que constata las mayores diferencias entre futbolistas y estudiantes talentosos, lo que aconseja la introducción de cambios de dirección y elementos técnico dentro de la evaluación del futbolista. Sin embargo, por si sola parece no seguir el esquema clásico de pérdida de rendimiento de la RAA, por lo que su evaluación combinada con tramos condicionales puede ayudar a evaluar su comportamiento en fatiga.

Los hallazgos de este estudio enfatizan que las pruebas de alta intensidad para jugadores de fútbol deben complementarse con la capacidad repetir aceleraciones, de cambiar dirección rápidamente, y con la introducción de diferentes elementos técnicos, teniendo en cuenta que dichas capacidades son constantemente requeridas durante los partidos y los entrenamientos, y su dominio en fatiga puede marcar la diferencia en un partido.

3.3. ESTUDIO 3

3.3.1. Caracterización de la muestra.

Fueron incluidos en el estudio inicialmente 13 sujetos de sexo masculino, con una edad media de 18 ± 1.8 años, altura y peso respectivamente de 173.85 ± 5 cm 68.49 ± 6.32 Kg. De estos jugadores sólo los datos de los que realizaron ambas evaluaciones fueron tenidos en cuenta para el análisis estadístico.

Completaron el estudio para su posterior análisis 10 sujetos con una edad media de 17.6 ± 1.17 años. El coeficiente peso/talla (BMI) obtenido fue 22.57 ± 1.22 , valores considerados “normales o peso saludable”, según la clasificación propuesta por la Organización Mundial de la Salud. Como ya se ha explicado todos los futbolistas son jugadores que entrenaron y jugaron regularmente en el equipo del Valencia Mestalla F.C durante la temporada 2014-15.

3.3.2. Comparaciones de medias en función del test analizado.

Para comprender mejor la pérdida de rendimiento en la RAA, considernado el efecto añadido de cambios de dirección con elementos técnicos y una situación de máxima fatiga, se compararon el tramo condicional SEC- A del test UST frente al test de Bangsbo (tramos de 34.2 m vs 30 m respectivamente) en jugadores profesionales de fútbol. Los resultados se reflejan en la tabla 3.11.

Como en el resto de estudios, la tabla recoge los valores de las variables de Velocidad (V), tiempo total (TT), mejor tiempo (BT) y tiempo medio (MT), y añade en este caso el peor tiempo (WT) y tres indicadores de fatiga para la SEC-A del test UST y el test de Bangsbo (FI 1, 2 y 3). La tabla presenta sus estadísticos descriptivos: Media, Desviación estándar (SD) e Intervalo de Confianza (IC 95%). Y con el fin de cuantificar la variabilidad de los resultados, se añade el Coeficiente de variación y el Error estándar de la media en todas las variables.

Como se esperaba, en el test de Bangsbo, caracterizado por múltiples sprints realizados en forma dis-continua, con descansos claramente mayores que UST y menor tiempo total en el test completo, los futbolistas alcanzan velocidades más altas frente al test UST

(20.84 ± 0.49 vs 17.50 ± 1.37 km/h). Estas diferencias son significativas ($p=0.005$), a pesar de estar comparando una distancia total más corta (239.4 vs 420 m). Este mayor esfuerzo por parte del Test UST causa una diferencia clara entre las dos pruebas, con velocidades más bajas en la SEC-A del test UST, aunque el tramo comparado es ligeramente más corto que el test de Bangsbo [34.2 vs 30 m (10 m + 2×10 m/5 s)]. El tiempo total registrado es inferior en la SEC-A del test UST vs Bangsbo (TT BAT: 41.41 ± 0.99 s; TT SEC-A 37.41 ± 3.09 más 56.41 ± 3.77 m).

Tabla 3.11. Comparación de medias entre el Test UST y el Test de Bangsbo

Sujetos (n=10)	UST				BAT			
	Media (SD)	SEm (%)	IC (95%)	CV (%)	Media (SD)	SEm (%)	IC (95%)	CV (%)
V_A (Km/h)	17.50 (1.37)	0.43	[16.52-18.48]	7.83	20.84 (0.49)	0.15	[20.49-21.18]	2.33
TT_A (s)	37.41 (3.09)	0.98	[35.20-39.62]	8.26	41.41 (0.99)	0.31	[40.70-42.12]	2.40
BT_A (s)	5.71 (0.36)	0.11	[5.45-5.96]	6.30	5.72 (0.13)	0.04	[5.62-5.81]	2.35
WT_A (s)	6.78 (0.90)	0.28	[6.14-7.43]	13.27	6.12 (0.21)	0.07	[5.97-6.27]	3.41
MT_A (s)	6.24 (0.52)	0.16	[5.87-6.60]	8.17	5.91 (0.14)	0.04	[5.81-6.02]	2.40
$FI1$ (%)	9.25 (5.12)	1.62	[5.59-12.91]	55.32	3.51 (1.55)	0.49	[2.41-4.62]	44.07
$FI2$ (%)	14.69 (13.91)	4.40	[4.74-24.64]	94.66	3.53 (2.85)	0.90	[1.49-5.57]	80.69
$FI3$ (%)	14.79 (8.73)	2.76	[8.54-21.03]	59.04	5.92 (2.43)	0.77	[4.18-7.66]	41.06
TT_B (s)	56.41 (3.77)	1.19	[53.71-59.10]	6.69				
BT_B (s)	8.93 (0.45)	0.14	[8.61-9.25]	5.02				
WT_B (s)	9.94 (0.89)	0.28	[9.31-10.58]	8.93				
MT_B (s)	9.40 (0.63)	0.20	[8.95-9.85]	6.69				

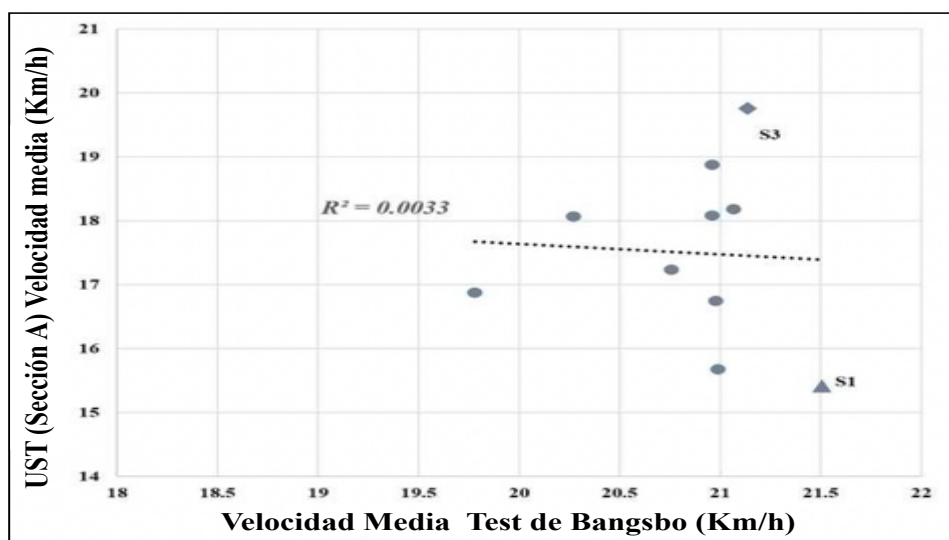
Nota. Los descriptivos incluyen: Media y Desviación estándar (SD); Error estándar de la media (SEm); Límites superior e inferior para los intervalos de confianza de la media con alfa establecido en 0.05, (IC 95%); Coeficiente de variación (CV); Velocidad media (V); Tiempo total (TT); mejor tiempo (BT); peor tiempo (WT); tiempo medio (MT); Indicador de fatiga 1 o Índice de Decremento (FI1- DEC, Fitzimons et al., 1993); Indicadores de fatiga (o índices de fatiga) 2 (FI2, Pyne et al., 2008) y 3 (y FI3, Glaister et al., 2008).

La tabla 3.11. también recoge que, a pesar de la homogeneidad y el buen nivel de la muestra, SEm y CV fueron mayores para los tres indicadores de fatiga en comparación

con las variables de rendimiento como V, BT o WT en ambos protocolos. Además, ambas estadísticas también fueron siempre más grandes en UST con resultados parecidos entre FI1 (DEC) y FI3. Finalmente, el SEM disminuyó de 1.62%, 2.76% y 4.40% a 0.49%, 0.77% y 0.90% (DEC, FI3 y FI2 en UST vs BAT, respectivamente), mientras CV se redujo de 55.32%, 59.04% y 94.66% a 44.07%, 41.06% y 80.69% (FI1 -DEC-, FI3 y FI2 respectivamente) en UST vs BAT.

3.3.3. Asociación entre la velocidad media obtenida en el test UST SEC-A y el test de Bangsbo.

La gráfica 3.7 refleja el diagrama de dispersión junto con su regresión lineal. En la variable velocidad media no se detectó ninguna asociación entre los dos protocolos a través de la correlación de Spearman ($r=-0.055$; $p=0.881$). También el coeficiente de determinación presentó una $R^2=0.0033$. Estos resultados demuestran diferencias individuales y falta de asociación en el rendimiento frente a capacidades de aceleración basadas en técnicas y exigencias metabólicas diferentes, teniendo en cuenta la muestra analizada.



Gráfica 3.7. Diagrama de dispersión y regresión lineal para la velocidad media en el Test UST SEC-A vs el Test de Bangsbo

Nota. S1: Sujeto 1, mejor clasificado en el test de Bangsbo y peor en UST SEC-A; S3: Sujeto 3, clasificado 2º en el test de Bangsbo y 1º en UST SEC-A

3.3.4. Valores individuales en el test UST SEC-A y en el test de Bangsbo.

Las tablas 3.12 y 3.13 exponen los resultados individuales ordenados a modo de ranking por la velocidad media alcanzada, junto al tiempo total, el mejor tiempo, peor tiempo y los valores individuales de los tres indicadores de fatiga analizados tanto en el test UST SEC-A como en la prueba de Bangsbo. Estas tablas son bastante reveladoras en cuanto a los distintos patrones individuales de rendimiento, de distribución del ritmo (pacing) y del nivel de fatiga alcanzando en los dos protocolos. Los jugadores profesionales se clasificaron en una posición claramente diferente en ambas pruebas con diferencias en casi todas las variables (V, BT, WT y FI).

Por ejemplo, si analizamos el Sujeto 1 fue el mejor jugador en recorrer el Test de Bangsbo y el peor en el test UST. Por otro lado, el Sujeto 3 se clasificó segundo en el Bangsbo y fue el primero en el UST. Cuando observamos el sujeto 4, los datos indican que fue el cuarto mejor en realizar el test de Bangsbo y el penúltimo en el test UST. Con respecto a la velocidad alcanzada, el sujeto 8 se sitúa en cuarta posición en el test UST y penúltimo en el test de Bangsbo, reforzando la falta de asociación mostrada en el punto anterior.

Tabla 3.12. Indicadores del rendimiento individual en el Test UST SEC-A n=10

<i>SUJETOS (n=10) Ranking</i>	<i>V_A</i> (Km/h)	<i>TT_A</i> (s)	<i>BT_A</i> (s)	<i>WT_A</i> (s)	<i>MT_A</i> (s)	<i>FII_A</i> (%)	<i>FI2_A</i> (%)	<i>FI3_A</i> (%)
3	19.75	32.95	5.09	6.07	5.49	7.90	11.03	17.00
2	18.89	34.32	5.54	5.90	5.72	3.26	-4.70	5.71
7	18.20	35.66	5.47	6.18	5.94	8.58	11.40	16.40
8	18.08	35.88	5.74	6.29	5.98	4.10	8.99	8.18
9	18.08	36.05	5.24	6.54	6.01	14.76	20.28	19.35
6	17.25	37.59	6.02	6.63	6.27	4.09	2.25	7.02
10	16.87	38.49	5.90	6.80	6.42	8.74	9.31	9.85
5	16.76	38.76	5.94	6.74	6.46	8.70	13.36	10.31
4	15.69	42.05	6.19	8.82	7.01	13.27	42.53	35.00
1	15.41	42.37	5.93	7.85	7.06	19.12	32.49	19.04
Media	17.50	37.41	5.71	6.78	6.24	9.25	14.69	14.79
SD	1.37	3.09	0.36	0.90	0.51	5.12	13.91	8.73
SEm (%)	0.43	0.98	0.11	0.28	0.16	1.62	4.40	2.76
IC (95%)	[16.65-18.35]	[35.50-39.33]	[5.48-5.93]	[6.23-7.34]	[5.92-6.56]	[6.08-12.42]	[6.07-23.32]	[9.38-20.20]
CV (%)	7.83	8.26	6.30	13.27	8.17	55.35	94.69	59.03

Nota. Los descriptivos incluyen: Media y Desviación estándar (SD); Error estándar de la media (SEm); Límites superior e inferior para los intervalos de confianza de la media con alfa establecido en 0.05, (IC 95%); Coeficiente de variación (CV); Velocidad media (V); Tiempo total (TT); mejor tiempo (BT); peor tiempo (WT); tiempo medio (MT); Indicador de fatiga 1 o Índice de Decremento (FII- DEC, Fitzimons et al., 1993); Indicadores de fatiga (o índices de fatiga) 2 (FI2, Pyne et al., 2008) y 3 (y FI3, Glaister et al., 2008)

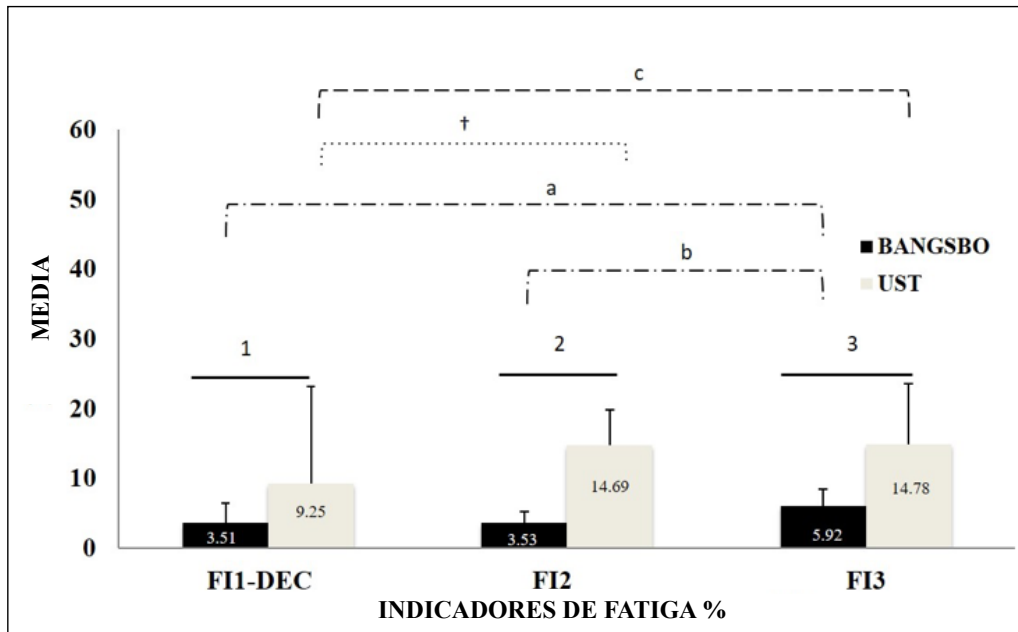
Tabla 3.13. Indicadores del rendimiento individual en el Test de Bangsbo $n=10$

<i>SUJETOS (n=10) Ranking</i>	<i>V (Km/h)</i>	<i>TT (s)</i>	<i>BT (s)</i>	<i>WT (s)</i>	<i>MT (s)</i>	<i>F11 (%)</i>	<i>F12 (%)</i>	<i>F13 (%)</i>
1	21.51	40.12	5.46	6.02	5.73	4.95	3.06	9.75
3	21.14	40.77	5.70	6.00	5.82	2.13	3.97	4.30
7	21.06	40.98	5.54	6.10	5.85	5.76	9.85	9.04
4	20.98	41.09	5.70	6.06	5.87	2.90	3.93	4.40
5	20.97	41.12	5.74	6.04	5.87	2.42	2.86	4.87
9	20.96	41.14	5.70	6.00	5.88	3.06	0.07	4.72
2	20.95	41.16	5.74	6.00	5.88	2.52	2.56	4.22
6	20.75	41.54	5.85	6.06	5.93	1.45	-0.35	3.31
8	20.26	42.56	5.84	6.27	6.08	4.17	5.52	5.33
10	19.78	43.64	5.89	6.67	6.23	5.77	3.82	9.28
Media	20.84	41.41	5.72	6.12	5.91	3.51	3.53	5.92
SD	0.49	0.99	0.13	0.21	0.14	1.55	2.85	2.43
SEm (%)	0.15	0.31	0.04	0.07	0.04	0.49	0.90	0.77
IC (95%)	[20.54-21.14]	[40.80-42.03]	[5.63-5.80]	[5.83-6.00]	[5.99-6.25]	[2.55-4.47]	[2.63-4.43]	[4.41-7.43]
CV (%)	2.33	2.40	2.35	3.41	2.40	44.07	80.69	41.06

Nota. Los descriptivos incluyen: Media y Desviación estándar (SD); Error estándar de la media (SEm); Límites superior e inferior para los intervalos de confianza de la media con alfa establecido en 0.05, (IC 95%); Coeficiente de variación (CV); Velocidad media (V); Tiempo total (TT); mejor tiempo (BT); peor tiempo (WT); tiempo medio (MT); Indicador de fatiga 1 o Índice de Decremento (F11- DEC, Fitzimons et al., 1993); Indicadores de fatiga (o índices de fatiga) 2 (F12, Pyne et al., 2008) y 3 (y F13, Glaister et al., 2008).

3.3.5. Cuantificación de la fatiga.

En este caso se consideraron para el análisis los tres indicadores de fatiga para obtener la mayor información posible. Tal y como se esperaba (Gráfica 3.8), el test UST genera una pérdida de rendimiento significativamente mayor en comparación con BAT independientemente de la fórmula utilizada para calcular los indicadores de fatiga ($p < 0.05$). Además, el indicador DEC siempre fue significativamente más bajo que FI3, tanto para UST como para BAT, aunque entre DEC y FI2 no se detectaron diferencias significativas. Sin embargo, sí se registró una tendencia próxima a la significación ($p = 0.074$) en la comparación del test UST con FI2. Aunque representan análisis de la fatiga con una visión similar, el indicador FI2 mostró una pérdida del rendimiento significativamente menor en comparación con FI3, pero solo con respecto a BAT. Cuando el rendimiento disminuyó de manera importante debido a la fatiga elevada (es decir, UST), FI2 y FI3 no mostraron diferencias.



Gráfica 3.8. Indicadores de fatiga para el Test UST y el Test de Bangsbo

Nota. FI1-DEC: Indicador de fatiga 1 o Índice de decremento (Fitzimons et al.,1993); FI2 y FI3: Índices de fatiga 2 (Pyne et al., 2008) y 3 (formula extraída por Glaister et al., 2008). UST: UIRFIDE Soccer Test, SEC- A.

BAT vs USTA: 1) DEC (p = 0.007); 2) FI2 (p = 0.028); 3) FI3 (p = 0.005)

A) DEC vs FI3_BAT (p = 0.005); B) FI2 vs FI3_ BAT (p = 0.022); C) DEC vs FI3_ UST SEC-A (p = 0.023) †) DEC vs FI2_ UST SEC-A (p = 0.074)

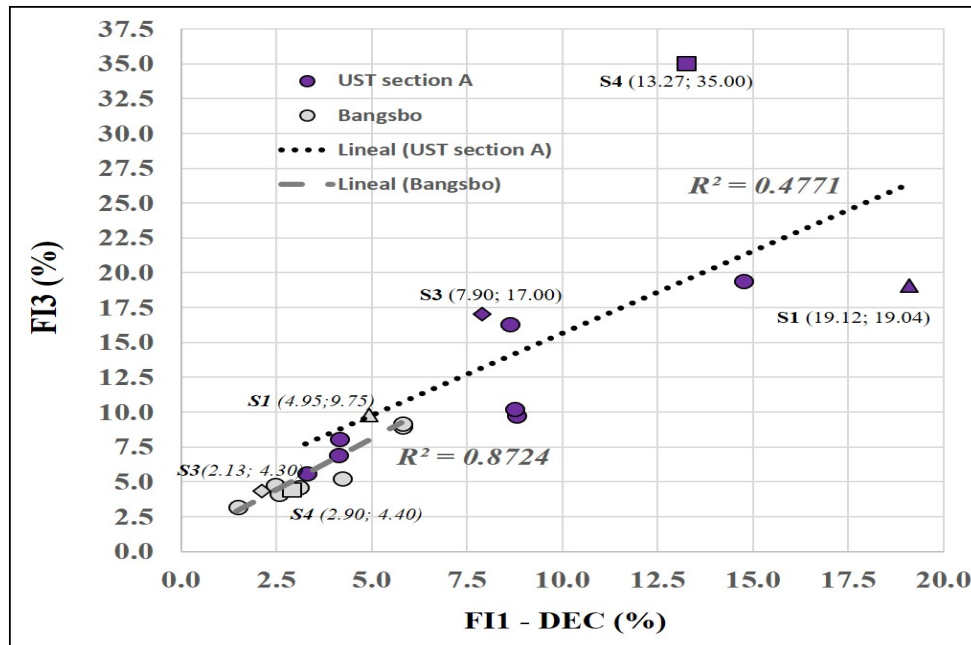
Sobre los indicadores de fatiga

Dado que los indicadores de fatiga FI2 y FI3 representan dos formas similares de mirar la misma aproximación, que es aquella que tiene en cosideración la comparación entre los valores iniciales y finales, se ha decido trabajar con el FI3 para compararlo con el índice de decremento (FI1- DEC), que trata de representar el rendimiento realizado en relación al mejor rendimiento posible para cada jugador.

3.3.6. Asociación entre los indicadores de fatiga DEC VS FI3.

Una vez comprobado que DEC y FI3 recogían las dos visiones de la fatiga más dispares – y por tanto complementarias- en nuestro estudio, se procedió a estudiar la relación entre ellos mediante un análisis de correlación. Como se observa en la gráfica 3.9, independientemente de la diferencia en los valores, DEC y FI3 mostraron una correlación “muy grande” en ambas pruebas con valores más altos en BAT ($r=0.867$; $p=0.001$) frente

a UST ($r=0.830$; $p=0.003$). EL coeficiente de determinación R^2 también fue más alto en el test de Basgsbo ($R^2=0.872$ vs $R^2=0.477$),

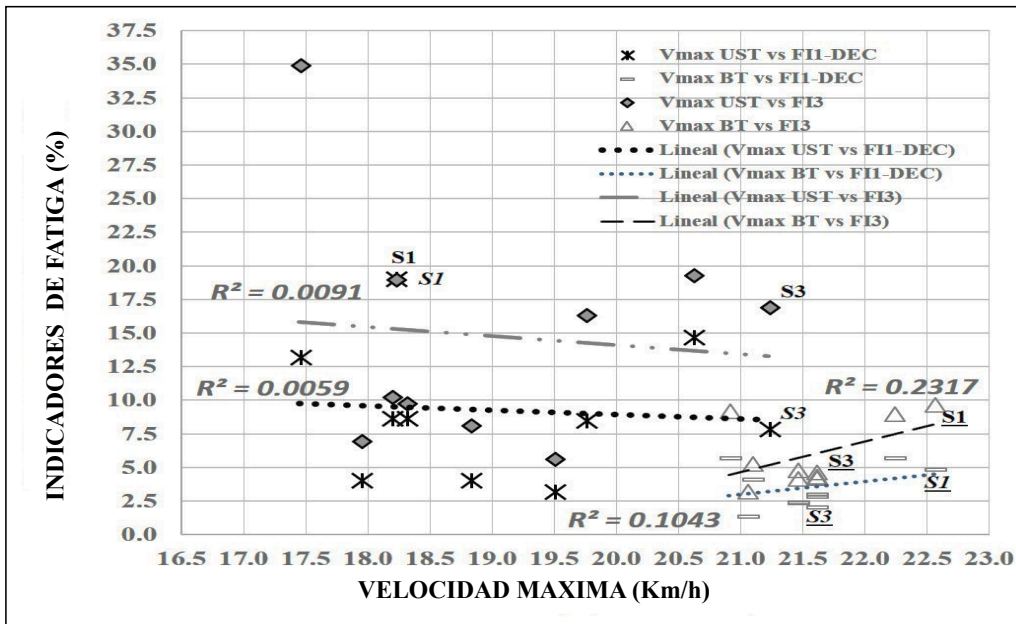


Gráfica 3.9. Diagrama de dispersión y regresión lineal para los indicadores de fatiga DEC vs FI3

Nota. UST: Prueba de fútbol UIRFIDE, SEC-A. BAT: Prueba de Basgsbo; S1: Sujeto 1, mejor jugador en Basgsbo y peor en UST SEC-A. S3: sujeto 3, clasificado 2º en Basgsbo y 1º en la SEC-A del UST; S4: Sujeto 4, clasificado cuarto en Basgsbo y penúltimo en UST SEC-A

3.3.7. Asociación entre la velocidad máxima y los indicadores de fatiga FI1-DEC y FI3.

Adicionalmente la gráfica 3.10 muestra el diagrama de dispersión y la regresión lineal para la asociación entre la VMax y DEC y FI3 en ambas pruebas. La correlación de Spearman no mostró ninguna asociación en ningún caso. Los valores para el test de Basgsbo entre la velocidad máxima vs FI3 y DEC fueron respectivamente $r=0.274$ y 0.182 con un r más baja para el test de UST ($r=0.030$ y 0.139).



Gráfica 3.10. Diagrama de dispersión y regresión lineal entre la velocidad máxima y los indicadores de fatiga DEC y FI3 en el Test de Bangsbo y en el Test UST

Nota. UST: Prueba de fútbol UIRFIDE, SEC-A. BAT: Prueba de Bangsbo; S1: Sujeto 1, mejor futbolista en BAT y peor en UST SEC-A; S3: Sujeto 3, clasificado 2º en BAT y 1º en UST SEC-A.

3.3.8. Variables fisiológicas en UST test y en Bangsbo test.

Finalmente se analizaron las respuestas fisiológicas an ambos test. En la tabla 3.14 aparecen reflejados los parámetros de control de la carga de entrenamiento. Los jugadores de fútbol mostraron valores de lactato y RPE más altos en UST, pero sin diferencias significativas entre las pruebas a pesar de su mayor distancia y duración. Los valores SaO₂ se mantuvieron dentro de los límites: desaturación pequeña y normosaturación en ambas pruebas. Solamente la HR post fue capaz de diferenciar significativamente el esfuerzo provocado en las dos pruebas superando el 95% de la HRMax estimada por edad en UST (97.79% frente a 91.95% en BAT).

Tesis Doctoral – Donfrancesco, G.
Especificidad, integración e incidencia de la técnica en la evaluación de la RAA en el fútbol.

Tabla 3.14. Parámetros de control de la carga de entrenamiento en los dos protocolos

<i>SUJETOS</i> (<i>n=10</i>)	<i>UST</i>			<i>BAT</i>		
	Media(SD)	SEm (%)	IC (95%)	Media (SD)	SEm (%)	IC (95%)
BLA_{pre} (mmol/l)	1.59 (0.56)	0.18	[1.19-1.99]	1.71 (0.43)	0.13	[1.41-2.01]
BLA_{post} (mmol/l)	8.86 (2.42)	0.77	[7.12-10.60]	8.47 (1.41)	0.45	[7.46-9.48]
HR_{pre} (B/min)	81.65 (16.13)	5.09	[70.11-93.19]	90.33 (14.41)	4.80	[79.26-101.41]
HR_{post} (B/min)	191.5 (2.33) [*]	0.82	[189.55-193.45]	179.9 (13.58)	4.29	[170.19-189.61]
RPE (0-10)	9.67 (1.80)	0.60	[8.28-11.05]	9.11 (2.15)	0.72	[7.46-10.76]
SAO_{2pre} (%)	96.10 (1.49)	0.47	[95.04-97.16]	96.40 (1.02)	0.32	[95.67-97.13]
SAO_{2post} (%)	95.45 (1.12)	0.35	[94.65-96.25]	95.66 (1.08)	0.34	[94.89-96.43]

Nota. Los descriptivos incluyen: Media y Desviación estándar; SEm: Error estándar de la media; IC (95%); Límites superior e inferior para los intervalos de confianza de la media con alfa establecido en 0.05 [La]: lactato, pre (después del calentamiento) y post (3 min post-test). RPE: Calificación del esfuerzo percibido; HR_{pre}: Frecuencia cardiaca (después del calentamiento) HR_{post}: Frecuencia cardiaca después de la prueba (después del cese); SaO₂: Saturación arterial de oxígeno, pre (después del calentamiento) y post-test (después del cese). ^{*}*p* = 0.011.

3.3.9. Discusión estudio 3.

Podría considerarse una característica de los buenos jugadores el ser capaces de mantener el rendimiento elevado a la vez que ser capaces de soportar fatigas cercanas al máximo, sobre todo cuando los enfrentamientos se realizan entre iguales (Blasco-Lafarga, 2008). Los resultados del presente estudio demuestran que los jóvenes que participaron en la investigación fueron capaces de conseguir valores en los indicadores de fatiga que se sitúan entre el 9% cuando la disminución del rendimiento se valora considerando la comparación con el rendimiento ideal (Decremento), o incluso superiores al 14% cuando la pérdida de rendimiento se calcula con los índices que tienen en consideración la comparación entre el mejor y el peor tiempo (FI2 y FI3). A pesar de su juventud, de la gran fatiga alcanzada y de la complejidad de la prueba, los futbolistas registraron una velocidad media de 17.50 km/h en la SEC-A. Dicha velocidad se clasifica como “alta intensidad” para el fútbol (Castellano et al., 2011; Rampinini et al., 2007;), confirmando que esta gran fatiga no les supuso una merma excesiva en la RAA.

Por otro lado, es importante destacar que la velocidad media en el test de Bangsbo se situó en valores entre 20.54 y 21.14 km/h (IC 95%), categorizada como velocidad recorrida a “muy alta intensidad” (> 19.8 km/h) (Bradley et al., 2013; Rampinini et al., 2007) hecho, que confirmaría el alto nivel de la muestra evaluada en nuestro estudio. Sin embargo, la menor pérdida de rendimiento en comparación con la SEC-A del test UST, sea cual sea el indicador de fatiga (con valores máximos por debajo de 6% en FI3), sugiere que el test de Bangsbo podría no ser una prueba suficientemente apropiada para generar fatiga, incluso en jugadores de fútbol jóvenes profesionales masculinos.

Otra aportación importante encontrada en este estudio fue que el índice de decremento DEC evidenció valores más bajos y una mayor estabilidad, aunque los resultados individuales denotan que es un indicador de fatiga capaz de distribuir la pérdida de rendimiento a lo largo del test. El DEC mantiene constante la pérdida de rendimiento y oculta cualquier gran descenso o caída drástica. Por ello es necesario utilizar el Índice de Decremento junto con otras variables de rendimiento (Girard et al., 2011; Oliver et al., 2007). Si atendemos a nuestros resultados, el índice FI3 a pesar de su menor estabilidad parece aportar más información sobre las respuestas individuales con respecto a la fatiga y a la pérdida de rendimiento (Glaister et al., 2008; Oliver et al., 2007), sobre todo cuando el deportista realiza un esfuerzo de máxima intensidad, que es requerido por el test UST.

Por el contrario, el índice de fatiga que compara el rendimiento inicial con el rendimiento final (FI2) no mostró diferencias significativas con el DEC, independientemente del protocolo utilizado. FI2 difiere solamente de FI3 en UST SEC-A. Una posible explicación es que nuestros profesionales pudieron regular y mantener un ritmo de forma parabólica en la prueba más ligera (BAT en nuestro estudio), mientras que esta capacidad de autorregularse no se detectó en pruebas más complejas como es el Test UST.

De nuevo según nuestros datos, las diferencias individuales son más evidentes en propuestas complejas y difíciles como el test UST que combina acciones explosivas con habilidades técnicas. Ello podría explicar la mayor variabilidad encontrada, y refuerza la necesidad de individualización en la evaluación (Morin et al., 2011), especialmente cuando se evalúa a través de una prueba compleja y específica. Además, al igual que en los adultos, los indicadores de fatiga deben contextualizarse y deben ser evaluados junto con otras variables de rendimiento también en jóvenes futbolistas, puesto que una menor

o mayor fatiga no significa necesariamente un mejor / peor desempeño en pruebas de RSA/RAA (Girard et al., 2011).

Es importante elegir adecuadamente los indicadores a utilizar en función de la prueba que se suministre, en cuanto muchas veces en literatura se ha cuestionado su fiabilidad. Estos hallazgos sugieren que la pérdida de rendimiento detectada por los indicadores de fatiga, debido a la gran variabilidad, pueden ser utilizados en los mejores de los casos como indicadores temporales del nivel de condición física en pruebas de RAA en jugadores de fútbol jóvenes (Castagna et al., 2017; Spencer et al., 2006).

En las últimas dos décadas, los investigadores y los profesionales han intentado identificar qué tipo de actividad de alta intensidad es más significativa para el rendimiento del fútbol. Con respecto a la especificidad metabólica, neuromuscular y técnica, las pruebas clásicas de RSA (es decir, BAT) empiezan a ser un tema de discusión (Barron et al., 2016) debido a que a las secuencias de sprints repetidos no ocurren con mucha frecuencia durante un partido.

Así mismo, el test Bangsbo podría relacionarse más con la velocidad máxima (>30 m). Por el contrario, la capacidad de acelerar es un movimiento físicamente exigente que no siempre tiene lugar a altas velocidades. En este contexto, la exclusión de las aceleraciones en la evaluación del futbolista no proporcionaría un perfil completo de los movimientos de alta intensidad. El RAA estaría vinculado a una mayor fatiga neuromuscular (por ejemplo, alteraciones en la producción de fuerza) incluso sin cambios en la velocidad máxima también en jóvenes futbolistas (Barron et al., 2016) Además, los esfuerzos de alta aceleración pueden asociarse con los momentos clave técnicos / tácticos de un juego, como crear o evitar una oportunidad para marcar (Serpiello et al., 2018).

Las diferencias provocadas por el mayor tiempo total en UST, las acciones explosivas, la estructura de la prueba y la influencia de aceleraciones técnicas complejas en UST SEC-B, explicarían la ausencia de asociación en la variable velocidad entre las dos pruebas. Este concepto se ve reforzado nuevamente por las grandes diferencias individuales. Como ejemplo, el sujeto 1 fue el más rápido en BAT y el más lento en UST. Como se puede observar superó los límites superior e inferior de IC (95%) con valores de velocidad media que se sitúan en 21.51 y 15.41 km/h en el Test de Bangsbo y en UST respectivamente.

Adicionalmente, DEC reflejó que sus mayores velocidades fueron seguidas por una gran caída de rendimiento, independientemente de la prueba. Estas pérdidas fueron superiores a su IC (95%) en los dos protocolos (BAT 4.95%, 19.12 % UST). En cambio, el sujeto 3 fue el más rápido en UST, con Velocidades por encima del límite superior (19.75 km/h) y con su peor tiempo (6.07 s) bajo el límite inferior de IC (95%) [6.27-7.34].

Del mismo modo el sujeto 3 se clasificó segundo en BAT, con su Velocidad media que se mantiene en el límite superior (21.14 km/h) y su peor tiempo (6.00s) se coloca también en el límite inferior de CI (95%). El índice DEC mostró que S3 pudo contener la caída en el rendimiento sobretodo en el test de Bangsbo. (DEC-UST= 7.90%, DEC-BAT= 2.13%). Dado que las pruebas RSA demasiado cortas pueden no fatigar lo suficiente y las carreras de velocidad largas normalmente se asocian con un mayor riesgo de lesiones o estrategias de estimulación para reducir las (Chaouachi et al., 2010), quizás sería mejor inducir la fatiga a través de la especificidad no solamente técnica (tanto neuromuscular / como metabólica) que utilizan pruebas de velocidad con secuencias repetidas. Además, estudios recientes concluyen que la RSA es escasa en el fútbol, y que la repetición de aceleraciones más cortas que no alcanzan la velocidad para ser sprints, es más importante en situaciones específicas del juego (Barron et al., 2016; Schimpchen et al., 2016).

En esta línea también encontramos el reciente estudio sobre la capacidad de realizar aceleraciones de alta intensidad efectuado por Serpiello et al. (2018), donde los autores ponen de manifiesto como dicha capacidad ocurre con frecuencia durante partidos de jóvenes futbolista de elite. En varias ocasiones, los jugadores realizaron más de 10 secuencias de aceleraciones de alta intensidad (RHAA) en un partido, con una recuperación promedio de menos de 20 s. En línea con nuestro estudio, los autores concluyeron que a pesar de los valores promedio que sugieren que RHAA es relevante para el fútbol juvenil, se deben analizar los datos individuales, que nos aportan más información sobre las diferencias de cada sujeto en pruebas de alta intensidad (UST en nuestro caso).

Por lo tanto, las pruebas de fútbol deben ser dependientes de la tarea y reflejar las características individualidades (Girard et al., 2011; Morin et al., 2011). En este sentido, las micro-pausas introducidas entre las secuencias de aceleraciones pudieron minimizar la fatiga, al igual que contener/eliminar la acumulación de lactato, a pesar de la duración más larga y la respuesta cardiovascular máxima, permitiendo a nuestros jóvenes

jugadores completar un test muy exigente con éxito. Frente a ello, la RSA en su concepción más clásica, ejemplificada en el test de Bangsbo, puede ser un buen método de entrenamiento más que una prueba específica o un factor determinante (Taylor et al., 2016).

Con respecto a los indicadores de fatiga, atendiendo tanto a nuestros resultados como a la literatura señalada en el marco teórico, se puede aconsejar la utilización del DEC, debido a su mayor estabilidad cuando se realizan pruebas de alta intensidad, sin necesidad de llegar al agotamiento, o cuando se busca una respuesta general a la fatiga. Los jóvenes futbolistas altamente entrenados en categorías de sub11 hasta sub18 ya han demostrado tener la capacidad de distribución del ritmo regular frente a la fatiga en el desarrollo de pruebas de RSA, sin diferencias en el DEC, independientemente de su edad (Morin et al., 2011).

Además, en uno de los estudios relacionados con la pérdida del rendimiento en jóvenes jugadores de fútbol, aquellos con mejor resultados en la prueba Yo-Yo IR1 obtuvieron un DEC más bajo y un menor tiempo total de RSA en una prueba de RSA de 7x30 m/25 s, en comparación con los peores jugadores (DEC: 2.90 ± 0.86 vs $5.09 \pm 2.42\%$, $p < 0.01$). (Chaouachi et al., 2010). Estos resultados parecen estar en línea con los encontrados en nuestro estudio en el test de Bangsbo, prueba tradicional de RSA, donde se verifica una leve disminución del rendimiento. Y en cuanto a la mayor dispersión encontrada en FI3, no debería ser un problema cuando se utiliza para buscar la fatiga en situaciones complejas, precisamente porque esta mayor dispersión es el resultado de mayores diferencias individuales, a causa de una mayor demanda condicional y técnica, como es el caso del test UST.

A pesar de la gran correlación entre DEC y FI3 en ambas pruebas, FI3 nos permite entender mejor la caída del rendimiento, y mayor o menor eficiencia para mantener la capacidad explosiva y las habilidades técnicas en condición de fatiga. Las diferencias entre jugadores (por ejemplo, S1 y S3) son más evidentes con FI3, respaldando la necesidad de protocolos individualizados como por ejemplo con diferentes números de sprints, repeticiones, ratio trabajo descanso etc. en el caso de que se quisiera hacer entrenar la RAA a diferentes jugadores en las mismas condiciones de fatiga.

Por otro lado, existe una ausencia de asociación entre la mejor velocidad y el DEC o FI3 en ambas pruebas, aunque sus regresiones lineales muestran una tendencia opuesta entre UST frente a BAT. EL coeficiente de determinación más alto se aprecia el test de Bangsbo cuando se asocia con el FI3 ($R^2=0.231$), índice que propone una información sobre el gran descenso en el rendimiento.

Finalmente, la estructura intermitente, los tiempos y las distancias en UST (esfuerzos máximos muy cortos seguidos, intercalados con muchos periodos de recuperación igualmente cortos) también permitieron alcanzar valores significativamente más altos de HR al final de la prueba ($p=0.011$) llegado al 95% de la HR Max estimada. Pese a esta mayor demanda cardiovascular, no se detectaron diferencias significativas en el resto de las variables fisiológicas, lo que permite pensar que los descansos están bien distribuidos y ayudan a lavar o contener la producción de lactato a lo largo del test UST.

Así pues, el test UST pretende introducir tareas similares a los juegos en espacio reducidos (2 vs 2 hasta 4 vs 4) con una duración del esfuerzo necesario para ejercer una gran demanda cardiovascular y provocar fatiga (Morgans, Orme, Anderson, y Drust, 2014). Debido a que las acciones técnicas no se ven afectadas en un periodo que va de los 2 a los 6 minutos (Morgans et al., 2014) en el protocolo suministrado los jugadores buscaron fatiga técnica realizando seis repeticiones.

A modo de conclusiones se puede extraer que:

Nuestros datos respaldan la posibilidad de introducir dentro del entrenamiento/ evaluación del futbolista pruebas específicas de RAA compleja. El test UST pretende, a través de una prueba compleja y específica, ayudar a los entrenadores y preparadores a un seguimiento adecuado del deportista a largo plazo, permitiendo evaluar la mejora del rendimiento específico y a la tolerancia a la fatiga. Además, esta capacidad de repetir aceleraciones específicas debería estar presente en los programas de entrenamiento de jóvenes futbolistas altamente entrenados dada su posibilidad de alcanzar una fatiga específica grande, similar a las de los adultos.

El test de Bangsbo parece ser una prueba ligera y poco específica incluso para nuestra muestra. Contrariamente el test UST se revela como una propuesta más cercana a lo que es la fatiga específica en el peor de los casos de la competición.

Los objetivos técnicos definidos, las distancias más cortas y las micro-pausas utilizadas en la UST podrían ayudar a detectar la fatiga específica de la RAA en jóvenes profesionales, minimizando el riesgo de lesiones. Esta estructura de evaluación mixta podría servir para evaluar diferentes habilidades técnicas, incluso diferentes orientaciones condicionales, aunque es importante definir previamente los objetivos. Estudios como el presente permiten ajustar los test a aquellos objetivos que se plantean en la evaluación, por ejemplo, en nuestro caso, observar que 5 rondas podían ser suficiente para generar fatigas elevadas.

Nuevamente, no es lo mismo evaluar la velocidad máxima de carrera, (en este caso sería adecuado el protocolo de Bangsbo) que analizar la forma en que las aceleraciones técnicas repetidas conducen al agotamiento. En este contexto, la información aportada por el test UST puede ser extremadamente valiosa para que los profesionales diseñen sesiones de entrenamiento y ejercicios que intenten preparar a los jugadores para los escenarios del "peor de los casos" de un partido.

Finalmente, los tres indicadores de fatiga, de acuerdo con nuestra hipótesis inicial, proporcionan información diferente independientemente de la prueba utilizada. El DEC es seguramente el indicador más estable, aunque una información adicional sobre cualquier grande descenso individual nos la remite el FI3.

CAPÍTULO 4.
CONCLUSIONES

4.1. CONCLUSIONES PROPIAMENTE

Este capítulo de la tesis se centra en las conclusiones en función de los objetivos establecidos con anterioridad y los resultados conseguidos a lo largo de la intervención. Adicionalmente se responde a las hipótesis planteadas previamente.

4.1.1. Conclusiones en función de los objetivos.

Las conclusiones que se pueden extraer en base a los resultados obtenidos en los tres estudios son las siguientes:

1. El test UST es una propuesta de evaluación replicable en jóvenes futbolistas entrenados.
2. Debido al tamaño de la muestra y al número de sesiones no se detectó un cambio mínimo real en el rendimiento dentro de una misma muestra cualificada y homogénea entre dos mediciones consecutivas (test- retest). Sin embargo, los cambios moderados (SWC_{05}) se detectaron mediante esta prueba en todas las variables de rendimiento (TT, BT y MT).
3. El test UST genera condiciones de fatiga elevada y permite discriminar entre futbolistas y estudiantes talentosos marcando diferencias en la SEC-B, tramo en el que se han introducido habilidades específicas con balón. Y por arrastre estas diferencias se han mantenido en el test completo.
4. A pesar de estas diferencias entre futbolistas y estudiantes, los parámetros fisiológicos en función del nivel de rendimiento en el test UST mantuvieron valores similares al final de la prueba, confirmando por un lado el buen nivel físico de los estudiantes talentosos y, por otro lado, que las diferencias entre sujetos con un nivel de entrenamiento similar se deben al dominio técnico (es decir a las habilidades específicas).
5. El test UST en la SEC-A permite a jóvenes futbolistas profesionales alcanzar un nivel de fatiga más grande que una prueba clásica de RSA. Además, se revela una propuesta de evaluación más específica y compleja respecto al test de Bangsbo.

6. De los tres indicadores de fatiga, el índice de decremento y el indicador de fatiga que considera al menos dos tramos para el cálculo (DEC y FI3 respectivamente) sirven como indicadores temporales de la aptitud física de los deportistas y deben ser contextualizados en jóvenes futbolistas. Sin embargo, no son indicadores de la calidad del desempeño físico.

6.1 El índice de decremento demuestra una fuerte correlación con el FI3. Pese a esta gran correlación, FI3 muestra una gran variabilidad frente al DEC. Así, se puede sugerir el uso del DEC, debido a su mayor estabilidad, cuando se realizan pruebas de alta intensidad sin necesidad de llegar al agotamiento, o cuando se busca una respuesta general a la fatiga. Pese a su gran variabilidad, cuando buscamos el agotamiento, FI3 nos permite entender mejor la caída del rendimiento, aportando información sobre la eficiencia para mantener la capacidad explosiva y las habilidades técnicas en condición de fatiga.

4.1.2. Conclusiones en función de las hipótesis.

En relación a las 8 hipótesis establecidas en el inicio de esta tesis doctoral se cumplieron plenamente la 1, 3, 4, 6, 7.

Estudio 1

1. El test UST ha demostrado una fiabilidad relativa casi perfecta para la SEC-A+B, la SEC-B y muy alta para la SEC-A. La fiabilidad absoluta fue satisfactoria.
2. La homogeneidad de la muestra evaluada podría haber contribuido al bajo SWC₀₂ registrado en este estudio. Aún así, los cambios moderados que superan 0.5 veces la SD (SWC₀₅), se detectaron mediante esta prueba.

Estudio 2

3. La especificidad y complejidad de la sección técnica del Test USB (SEC-B) se refleja en una diferencia mayor y significativa entre los jugadores de fútbol frente a los estudiantes talentosos, ya que los primeros tienen mayor capacidad en pruebas de repetir sprints y acelerar continuamente con balón.
4. Esta diferencia se refleja también en el global del test (SEC-A+B). Frente a ello,

en la SEC-A sola (parte condicional) del test UST, los resultados son similares.

5. En cuanto a las variables fisiológicas no se registraron diferencias significativas en los dos grupos.

Estudio 3

6. El test UST es capaz de generar una pérdida de rendimiento mayor en comparación con una prueba clásica de RSA, lo que refleja en pérdidas de rendimiento mayores en UST-A frente al test de Bangsbo, a pesar de su similar distancia. Recordemos que el test UST intenta simular la fatiga que encontramos en el peor escenario posible de un partido y creemos que refleja mejor como se ve afectada la capacidad de aceleración en una situación de fatiga real. El test de Bangsbo puede ser insuficiente para alcanzar fatiga, incluso en deportistas jóvenes.
7. Tal y como se esperaba la información proporcionada por los índices es diferente, independientemente de la prueba utilizada.
 - 7.1 El DEC se confirma como el indicador más estable, aunque distribuye la fatiga a lo largo del test ocultando cualquier gran descenso del deportista. Por otro lado, el FI3 es capaz de aportar una valiosa información individual sobre la forma en que se pierde de rendimiento y aparece la fatiga en pruebas que requieren un esfuerzo máximo.

4.2. LIMITACIONES

A pesar de la solidez científica buscada, en los estudios desarrollados para esta Tesis Doctoral, se pueden encontrar aspectos mejorables. Por ello a continuación se detallan algunas limitaciones a las que están sujetos los hallazgos presentados.

Con respecto a la muestra, en el caso del estudio 1, no fue posible aumentar el número de los participantes y probablemente obtener datos más robustos sobretodo en la valoración de la utilidad del test UST. Sin embargo, para resolver esta limitación la obtención de una muestra más grande podría resultar dificultoso en un deporte de alto rendimiento como es el fútbol. Acceder a este tipo de población suele resultar complicado, dado que se interfiere en la dinámica de equipos con compromisos de entrenamiento y competitivos. Tanto en el estudio 1 como en el estudio 3, este tamaño muestral pequeño espera haber sido ser compensado por el alto nivel de los participantes, sobretodo en el estudio 3.

Normalmente para evaluar la fiabilidad de un test se utilizan dos sesiones (test-retest), aunque nos hubiera interesado evaluar la fiabilidad a largo plazo del test incrementando los días de evaluación. Por otro lado, aumentar el número de jornadas de testeo supone un mayor compromiso por parte de los deportistas con el peligro de una eventual pérdida de algún sujeto a lo largo de la investigación. Como se ha señalado en el punto anterior, debido a que la mayoría de los deportistas implicados en la investigación competían regularmente, podían decidir no colaborar en el estudio ante esta mayor exigencia.

Por último, debido a los recursos disponibles, puesto que este trabajo se realizó sin ninguna subvención económica, no fue posible obtener en todos los estudios más tomas de lactato de las que se incluyeron en el protocolo. Tampoco se pudieron utilizar dispositivos GPS para analizar las aceleraciones. Para una mayor aplicabilidad podría haber resultado interesante registrar una toma adicional de lactato justo al terminar de las pruebas, así como introducir los GPS para registrar los umbrales de aceleraciones de cada atleta en el UST test. De tal manera, se hubiera podido aportar más resultados sobre el nuevo protocolo de RAA dirigidos a mejorar el perfil de la capacidad física y fisiológica de los jugadores.

4.3. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Los resultados encontrados en esta investigación para el test UST se han obtenidos con jugadores de futbol profesionales, semiprofesionales y estudiantes talentosos en las habilidades futbolísticas. Debido a las limitaciones mencionados anteriormente, una cuestión que no se aborda en este trabajo fue la realización del estudio de validez del constructo del test UST, por ejemplo, para averiguar si el rendimiento es representativo de la edad y del sexo, aunque en el estudio 2 se analizaron las diferencias entre futbolistas profesionales y estudiantes talentosos. Hubiera sido muy interesenta reforzar la validez del test asegurándose de que los mejores en el test son los mejores en el campo, en las situaciones de fatiga (el peor escenario posible) que se trata de simular con el test, lo que puede constituir el objetivo de próximos estudios.

Señalamos también que, dada la dificultad de reunir una muestra tan representativa, se midieron más variables durante la fase practica que no se analizaron en esta tesis, con la intención de realizar futuras investigaciones que integren este trabajo.

Por todo ello, nos planteamos realizar posteriormente los siguientes trabajos:

- Análisis de la fuerza explosiva pre-durante y post test UST.
- Análisis de la Variabilidad de la frecuencia cardiaca.
- Evaluación de la fatiga alcanzada durante la versión breve (5 repeticiones) del test UST.

Entre las futuras y posibles preguntas de investigación que pueden formularse a partir de los resultados obtenidos en este estudio se encuentran:

- Utilizar el test UST para la identificación del talento y selección del talento puesto que la aceleración es considerada una capacidad clave para alcanzar la pelota (Estudio de Predicción).
- Replicar el estudio en futbolistas femeninas con la intención de evaluar la pérdida de rendimiento tanto en pruebas de RAA como RSA.
- Introducir un salto horizontal en lugar del CMJ y analizar las diferencias en los dos tipos de fuerza (horizontal vs vertical).

Analizar las diferencias en la pérdida de fatiga en función de los puestos específicos en el terreno de juego en el test UST.

CAPÍTULO 5.
BIBLIOGRAFÍA

- Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring. *Sports medicine*, 33(7), 517-538.
- Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of Science and Medicine in Sport* 16(6), 556-561. doi:10.1016/j.jsams.2012.12.005
- Akubat, I., Patel, E., Barrett, S., & Abt, G. (2012). Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *Journal of sports sciences*, 30(14), 1473-1480.
- Alexandre, D., Da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong, D. P., Natali, A. J., De Lima, J. R., . . . Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2890-2906.
- Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. *Physiological Reviews*, 88(1), 287-332.
- Andersson, H., Raastad, T., Nilsson, J., Paulsen, G., Garthe, I., & Kadi, F. (2008). Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. *Medicine & Science in sports & exercise*, 40(2), 372-380. doi:10.1249/mss.0b013e31815b8497
- Andrzejewski, M., Chmura, J., Pluta, B., Strzelczyk, R., & Kasprzak, A. (2013). Analysis of sprinting activities of professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(8), 2134-2140.
- Arcelli, E., Pugliese, L., Borri D., & Alberti., G. (2010). L'importanza dei giocatori entrati nel secondo tempo. I gol segnati nel finale di partita in serie A. *Rivista Scienza e sport* (6), 46-50.
- Arjol, J. L. (2012). La planificación actual del entrenamiento en fútbol.: Análisis comparado del enfoque estructurado y la periodización táctica. *Acciónmotriz* (8), 27-37.
- Ascensão, A., Magalhães, J., Oliveira, J., Duarte, J., & Soares, J. (2003). Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Revista Portuguesa de ciências do Desporto*3(1), 106-123.
- Ascensao, A., Rebelo, A., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L., & Magalhaes, J. (2008). Biochemical impact of a soccer match - analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical Biochemistry*, 41(10-11), 841-851. doi:10.1016/j.clinbiochem.2008.04.008
- Aughey, R. J. (2011). Increased high-intensity activity in elite Australian football finals matches. *International journal of sports physiology and performance*, 6(3), 367-379.
- Aughey, R., & Varley, M. (2013). Acceleration profiles in elite Australian soccer. *International journal of sports medicine*, 34(03), 282-282.
- Baker, A., Kostov, K., Miller, R. G., & Weiner, M. (1993). Slow force recovery after long-duration exercise: metabolic and activation factors in muscle fatigue. *Journal of applied physiology*, 74(5), 2294-2300.

Tesis Doctoral – Donfrancesco, G.
Especificidad, integración e incidencia de la técnica en la evaluación de la RAA en el fútbol.

- Balsom, P., Seger, J., Sjödín, B., & Ekblom, B. (1992). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *International journal of sports medicine*, 13(07), 528-533.
- Bangsbo, J. (1994). *Fitness training in football: a scientific approach*: August Krogh Inst., University of Copenhagen.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2007). Metabolic response and fatigue in soccer. *International journal of sports physiology and performance*, 2(2), 111-127.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of sports sciences*, 24(07), 665-674.
- Barbero Álvarez, J. C., Gómez López, M., Barbero Álvarez, V., Granda Vera, J., & Castagna, C. (2008). Heart rate and activity profile for young female soccer players. *Journal of human sport and exercise*, 3(2), 1-11.
- Barbero-Alvarez, J. C., Boullosa, D., Nakamura, F. Y., Andrin, G., & Weston, M. (2014). Repeated Acceleration Ability (RAA): A New Concept with Reference to Top-Level Field and Assistant Soccer Referees. *Asian Journal of Sports Medicine*, 5(1), 63-66.
- Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., & Bradley, P. S. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *International journal of sports medicine*, 35(13), 1095-1100.
- Baroni, B. M., Couto, W., & Leal-Junior, E. (2011). Estudo descritivo-comparativo de parâmetros de desempenho aeróbico de atletas profissionais de futebol e futsal. *Revista Brasileira Cineantropometria Desempenho Humano*, 13(3), 170-176.
- Barron, D. J., Atkins, S., Edmundson, C., & Fewtrell, D. (2016). Repeated acceleration activity in competitive youth soccer. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 14(2), 55-61.
- Barry, B. K., & Enoka, R. M. (2007). The neurobiology of muscle fatigue: 15 years later. *Integrative and Comparative Biology*, 47(4), 465-473.
- Batterham, A. M., & Hopkins, W. G. (2006). Making meaningful inferences about magnitudes. *International journal of sports physiology and performance*, 1(1), 50-57.
- Beckett, J., Schneiker, K. T., Wallman, K. E., Dawson, B. T., & Guelfi, K. J. (2009). Effects of static stretching on repeated sprint and change of direction performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(2), 444-450.
- Beghi, A. (2008). *La fatica nel calcio e la sua influenza sulla realizzazione dei gol: un'analisi della Serie A italiana*. Tesi di laurea magistrale in Scienza dello Sport. Università degli studi di Milano. Italia.
- Bidaurrazaga-Letona, I., Carvalho, H., Lekue, J., Santos-Concejero, J., Figueiredo, A., & Gil, S. (2015). Longitudinal field test assessment in a Basque soccer youth academy: a multilevel modeling framework to partition effects of maturation. *International journal of sports medicine*, 36(03), 234-240.

- Billaut, F., Basset, F. A., Giacomoni, M., Lemaitre, F., Tricot, V., & Falgairette, G. (2006). Effect of high-intensity intermittent cycling sprints on neuromuscular activity. *International journal of sports medicine*, 27(01), 25-30.
- Bishop, D., & Edge, J. (2006). Determinants of repeated-sprint ability in females matched for single-sprint performance. *European journal of applied physiology*, 97(4), 373-379. doi:10.1007/s00421-006-0182-0.
- Bishop, D., Edge, J., & Goodman, C. (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *European journal of applied physiology*, 92(4-5), 540-547. doi:10.1007/s00421-004-1150-1
- Bishop, D., Edge, J., Davis, C., & Goodman, C. (2004). Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Medicine & Science in sports & exercise*, 36(5), 807-813.
- Bishop, D., Girard, O., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Repeated-sprint ability—Part II. *Sports medicine*, 41(9), 741-756.
- Bishop, D., Lawrence, S., & Spencer, M. (2003). Predictors of repeated-sprint ability in elite female hockey players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 6(2), 199-209.
- Bishop, D., Spencer, M., Duffield, R., & Lawrence, S. (2001). The validity of a repeated sprint ability test. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 4(1), 19-29.
- Bland, J. M., & Altman, D. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The lancet*, 327(8476), 307-310.
- Blasco -Lafarga, C. (2009). *Propuesta y resultados de una evaluación condicional específica para el entrenamiento de judo: La batería blasco aplicada en judokas españoles*: Universitat de València. España.
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical Demands of Different Positions in FA Premier League Soccer. *Journal of sports sciences*, 6(1), 63-70.
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*: Human kinetics.
- Bosco, C., & Riu, J. M. P. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*: Paidotribo Barcelona.
- Bradley, Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2343-2351.
- Bradley, P. S., Carling, C., Diaz, A. G., Hood, P., Barnes, C., Ade, J., . . . Mohr, M. (2013). Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Human Movement Science*, 32(4), 808-821.
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krustup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *Journal of sports sciences*, 27(2), 159-168.
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G., & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport. *Sports medicine*, 38(12), 1045-1063.

- Buchheit, M., Hader, K., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Tolerance to high-intensity intermittent running exercise: do oxygen uptake kinetics really matter? *Frontiers in Physiology*, 3, 406. doi:10.3389/fphys.2012.00406
- Buchheit, M., Lefebvre, B., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2011). Reliability, usefulness, and validity of the 30–15 intermittent ice test in young elite ice hockey players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(5), 1457-1464.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Delhomel, G., Brughelli, M., & Ahmaidi, S. (2010). Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2715-2722.
- Buchheit, M., Mendez-Villanueva, A., Quod, M., Quesnel, T., & Ahmaidi, S. (2010). Improving acceleration and repeated sprint ability in well-trained adolescent handball players: speed versus sprint interval training. *International journal of sports physiology and performance*, 5(2), 152-164.
- Buchheit, M., Samozino, P., Glynn, J. A., Michael, B. S., Al Haddad, H., Mendez-Villanueva, A., & Morin, J. B. (2014). Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *Journal of sports sciences*, 32(20), 1906-1913. doi:10.1080/02640414.2014.965191
- Buchheit, M., Spencer, M., & Ahmaidi, S. (2010). Reliability, usefulness, and validity of a repeated sprint and jump ability test. *International journal of sports physiology and performance*, 5(1), 3-17.
- Buttifant, D., Graham, K., & Cross, K. (1999). *Agility and speed measurement in soccer players are two different performance parameters*. Paper presented at the Fourth World Congress of Science and Football.Sydney.
- Cady, E., Jones, D., Lynn, J., & Newham, D. (1989). Changes in force and intracellular metabolites during fatigue of human skeletal muscle. *The Journal of Physiology*, 418(1), 311-325.
- Campos-Vazquez, M. A., Romero-Boza, S., Toscano-Bendala, F. J., Leon-Prados, J. A., Suarez-Arrones, L. J., & Gonzalez-Jurado, J. A. (2015). Comparison of the effect of repeated-sprint training combined with two different methods of strength training on young soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(3), 744-751. doi:10.1519/jsc.0000000000000700
- Carling, C., Gregson, W., McCall, A., Moreira, A., Wong, D. P., & Bradley, P. S. (2015). Match running performance during fixture congestion in elite soccer: research issues and future directions. *Sports Medicine*, 45(5), 605-613.
- Carling, C., Le Gall, F., & Dupont, G. (2012). Analysis of repeated high-intensity running performance in professional soccer. *Journal of sports sciences*, 30(4), 325-336.
- Carvalho, C. (2001). No treino de futebol de rendimento superior. *A recuperação é... muidisimomais que "recuperar"*. Braga. Liminho.
- Casarin, R. V., Reverdito, R. S., Greboggy, D., Afonso, C. A., & Scaglia, A. J. (2011). Model and play soccer in the process of education: global and specific principles. *Movimento*. 17(3), 133-152.

- Castagna, C., Lorenzo, F., Krstrup, P., Fernandes-da-Silva, J., Póvoas, S. C., Bernardini, A., & D'Ottavio, S. (2017). Reliability Characteristics and Applicability of a Repeated Sprint Ability Test in Young Male Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(6), 1538-1544.
- Castagna, C., Manzi, V., Castellini, E., & Impellizzeri, F. (2012) Profilo dei Cambi di Direzione in Calciatori Professionisti. Paper presented at I Congresso Internazionale - XXII Congresso Nazionale AIPAC. Firenze.Italia.
- Castellano, J., Blanco-Villasenor, A., & Alvarez, D. (2011). Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 32(6), 415-421. doi:10.1055/s-0031-1271771
- Chamari, K., Hachana, Y., Kaouech, F., Jeddi, R., Moussa-Chamari, I., & Wisløff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 39(1), 24-28.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong, D. P., Chamari, K., & Castagna, C. (2012). Determinants analysis of change-of-direction ability in elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2667-2676.
- Chaouachi, A., Manzi, V., Wong, D. P., Chaalali, A., Laurencelle, L., Chamari, K., & Castagna, C. (2010). Intermittent endurance and repeated sprint ability in soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2663-2669.
- Clarke, N., Farthing, J. P., Norris, S. R., Arnold, B. E., & Lanovaz, J. L. (2013). Quantification of training load in Canadian football: application of session-RPE in collision-based team sports. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(8), 2198-2205.
- Cohen, J. (1988). 1988: Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 22(1), 45-51. doi:10.1055/s-2001-11331
- Conte, D., Favero, T. G., Lupo, C., Francioni, F. M., Capranica, L., & Tessitore, A. (2015). Time-motion analysis of Italian elite women's basketball games: individual and team analyses. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(1), 144-150. doi:10.1519/jsc.0000000000000633
- Conte, D., Smith, M. R., Santolamazza, F., Favero, T. G., Tessitore, A., & Coutts, A. (2018). Reliability, usefulness and construct validity of the Combined Basketball Skill Test (CBST). *Journal of sports sciences*, 37(11), 1205-1211.
- Coutts, A. J., Rampinini, E., Marcora, S. M., Castagna, C., & Impellizzeri, F. M. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 79-84. doi:10.1016/j.jsams.2007.08.005
- Cronin, J. B., Green, J. P., Levin, G. T., Brughelli, M. E., & Frost, D. M. (2007). Effect of starting stance on initial sprint performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 990.

- Dalen, T., Jørgen, I., Gertjan, E., Havard, H. G., & Ulrik, W. (2016). Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 351-359.
- Dalen, T., Lorås, H., Hjelde, G. H., Kjøsnes, T. N., & Wisløff, U. (2019). Accelerations—a new approach to quantify physical performance decline in male elite soccer? *European Journal of Sport Science*, 1-9.
- Darrall-Jones, J. D., Jones, B., Roe, G., & Till, K. (2016). Reliability and Usefulness of Linear Sprint Testing in Adolescent Rugby Union and League Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 0(5), 1359-1364. doi:10.1519/jsc.0000000000001233
- Datson, N., Drust, B., Weston, M., & Gregson, W. (2018). Repeated high-speed running in elite female soccer players during international competition. *Science and Medicine in Football*, 3(2), 150-156.
- Dawson, B. (2012). Repeated-sprint ability: where are we? *International journal of sports physiology and performance*, 7(3), 285-289.
- Decorte, N., Lafaix, P. A., Millet, G. Y., Wuyam, B., & Verges, S. (2012). Central and peripheral fatigue kinetics during exhaustive constant-load cycling. *The Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 22(3), 381-391. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01167.x
- Delecluse, C. (1997). Influence of strength training on sprint running performance. Current findings and implications for training. *Sports Medicine*, 24(3), 147-156. doi:10.2165/00007256-199724030-00001
- Dellal, A., Hill-Haas, S., Lago-Penas, C., & Chamari, K. (2011). Small-sided games in soccer: amateur vs. professional players' physiological responses, physical, and technical activities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2371-2381.
- Di Mascio, M., & Bradley, P. S. (2013). Evaluation of the most intense high-intensity running period in English FA premier league soccer matches., *The Journal of Strength & Conditioning Research* 27(4), 909-915. doi:10.1519/JSC.0b013e31825ff099
- Di Mascio, M., Ade, J., & Bradley, P. S. (2015). The reliability, validity and sensitivity of a novel soccer-specific reactive repeated-sprint test (RRST). *European journal of applied physiology*, 115(12), 2531-2542.
- Di Salvo, V., Baron, R., Gonzalez-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of Sports Science*, 28(14), 1489-1494. doi:10.1080/02640414.2010.521166
- Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl, N., & Pigozzi, F. (2007). Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), 222-227. doi:10.1055/s-2006-924294
- Di Salvo, V., Gregson, W., Atkinson, G., Tordoff, P., & Drust, B. (2009). Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *International journal of sports medicine*, 30(3), 205-212. doi:10.1055/s-0028-1105950

- Di Salvo, V., Pigozzi, F., Gonzalez-Haro, C., Laughlin, M. S., & De Witt, J. K. (2013). Match performance comparison in top English soccer leagues. *International journal of sports medicine*, 34(6), 526-532. doi:10.1055/s-0032-1327660
- Di Salvo, W., Adam, C., Barry, M., & Cardinale, M. (2006). Validation of Prozone®: A new video-based performance analysis system. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(1), 108-119.
- Draper, J., & Lancaster, M. G. (1985). The 505 test: A test for agility in the horizontal plane. *The Australian Journal for Science and Medicine in Sport*, 17(1), 15-18.
- Drust, B., Atkinson, G., & Reilly, T. (2007). Future perspectives in the evaluation of the physiological demands of soccer. *Sports Medicine*, 37(9), 783-805. doi:10.2165/00007256-200737090-00003
- Drust, B., Reilly, T., & Cable, N. T. (2000). Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *Journal of sports sciences*, 18(11), 885-892. doi:10.1080/026404100750017814
- Duffield, R., Coutts, A. J., & Quinn, J. (2009). Core temperature responses and match running performance during intermittent-sprint exercise competition in warm conditions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1238-1244.
- Duffield, R., Dawson, B., Bishop, D., Fitzsimons, M., & Lawrence, S. (2003). Effect of wearing an ice cooling jacket on repeat sprint performance in warm/humid conditions. *British journal of sports medicine*, 37(2), 164-169.
- Dupont, G., Nedelec, M., McCall, A., McCormack, D., Berthoin, S., & Wisloff, U. (2010). Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(9), 1752-1758. doi:10.1177/0363546510361236
- Edge, J., Bishop, D., Goodman, C., & Dawson, B. (2005). Effects of high-and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Medicine & Science in sports & exercise*, 37(11), 1975-1982.
- Edwards, R. H. (1981). Human muscle function and fatigue. *Human muscle fatigue: physiological mechanisms*, 1-18.
- Ekstrand, J., Walden, M., & Hagglund, M. (2004). A congested football calendar and the wellbeing of players: correlation between match exposure of European footballers before the World Cup 2002 and their injuries and performances during that World Cup *British journal of sports medicine*, 38(4), 493-497. doi:10.1136/bjism.2003.009134
- Ekstrand, J., Waldén, M., & Häggglund, M. (2016). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(12), 731-737.
- Esposito, F., Impellizzeri, F. M., Margonato, V., Vanni, R., Pizzini, G., & Veicsteinas, A. (2004). Validity of heart rate as an indicator of aerobic demand during soccer activities in amateur soccer players. *European journal of applied physiology*, 93(1-2), 167-172.
- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal of sports sciences*, 30(7), 625-631. doi:10.1080/02640414.2012.665940

Tesis Doctoral – Donfrancesco, G.
Especificidad, integración e incidencia de la técnica en la evaluación de la RAA en el fútbol.

- Fédération internationale de football association. FIFA Big Count 2006: 270 million people active in football. 2007. Recuperado de www.fifa.com
https://www.fifa.com/mm/document/fifafacts/bcoffsurv/bigcount.statspackage_024.pdf
- Fédération internationale de football association. The 2014 FIFA World Cup in Numbers.2014. Recuperado de www.fifa.com
<https://img.fifa.com/image/upload/re9rlmc6uzlvazsqj1m8.pdf>
- Fernández, A. R., Sánchez, J. S., & Vicente, J. G. V. (2014). Efectos de 2 tipos de entrenamiento interválico de alta intensidad en la habilidad para realizar esfuerzos máximos (RSA) durante una pretemporada de fútbol.(Effects of 2 types of high-intensity interval training in repeat sprint ability during preseason football). *CCD. Cultura_Ciencia_Deporte. 文化-科技-体育* doi: 10.12800/ccd, 9(27), 251-259.
- Ferretti, F. (2012). *L'allenamento fisico nel calcio*: Edizioni Correre, Milano.
- Fitzsimons, M., Dawson, B., Ward, D., & Wilkinson, A. (1993). Cycling and running tests of repeated sprint ability. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 25, 82-82.
- Gabbett, T. J., & Mulvey, M. J. (2008). Time-motion analysis of small-sided training games and competition in elite women soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 543-552.
- Gabbett, T. J., Kelly, J. N., & Sheppard, J. M. (2008). Speed, change of direction speed, and reactive agility of rugby league players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 174-181.
- Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H., & Brooks, S. (1993). Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *Journal of applied physiology*, 75(2), 712-719.
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725-1789. doi:10.1152/physrev.2001.81.4.1725
- Garganta, J. (2005). Dos constrangimentos da acção à liberdade de (inter) acção, para um futebol com pés... e cabeça. *O contexto da decisão—A acção táctica no desporto*, 179-190.
- Gaudino, P., Iaia, F. M., Alberti, G., Hawkins, R. D., Strudwick, A. J., & Gregson, W. (2014). Systematic bias between running speed and metabolic power data in elite soccer players: influence of drill type. *International journal of sports medicine*, 35(6), 489-493. doi:10.1055/s-0033-1355418
- Gaudino, P., Iaia, F. M., Alberti, G., Strudwick, A. J., Atkinson, G., & Gregson, W. (2013). Monitoring training in elite soccer players: systematic bias between running speed and metabolic power data. *International journal of sports medicine*, 34(11), 963-968. doi:10.1055/s-0033-1337943
- Gil, S. M., Gil, J., Ruiz, F., Irazusta, A., & Irazusta, J. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(2), 438-445. doi:10.1519/r-19995.1

- Girard, O., Mendez-Villanueva, A., & Bishop, D. (2011). Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Medicine*, 41(8), 673-694. doi:10.2165/11590550-000000000-00000
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work. *Sports medicine*, 35(9), 757-777.
- Glaister, M., Howatson, G., Pattison, J. R., & McInnes, G. (2008). The reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint work: an issue revisited. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1597-1601. doi:10.1519/JSC.0b013e318181ab80
- Glaister, M., Stone, M. H., Stewart, A. M., Hughes, M., & Moir, G. L. (2005). The influence of recovery duration on multiple sprint cycling performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 831-837.
- Gómez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M. A., Brousett Minaya, M., Hochmuller-Fogaca, R. T., & UNESCO, C. (2010). The mechanisms involved in acute fatigue. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 10(40), 537-555.
- González-Boto, R. (2007). *Adaptación española del cuestionario de estrés recuperación para deportistas (RESTQ-SPORT): Utilidad para el estudio de los efectos del entrenamiento y la predicción del rendimiento deportivo*. Tesis de doctorado para la obtención del título de doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de León. León. España.
- Gorostiaga, E. M., Llodio, I., Ibáñez, J., Granados, C., Navarro, I., Ruesta, M., . . . Izquierdo, M. (2009). Differences in physical fitness among indoor and outdoor elite male soccer players. *European journal of applied physiology*, 106(4), 483-491.
- Güler, Ö., & Eniseler, N. (2017). The effects of soccer specific balance training on agility and vertical jump performances in young soccer players. *Journal of Physical Education & Sports Science/Beden Egittimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 11(3).
- Hader, K., Mendez-Villanueva, A., Ahmaidi, S., Williams, B. K., & Buchheit, M. (2014). Changes of direction during high-intensity intermittent runs: neuromuscular and metabolic responses. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 6(1), 2.
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (2007). *Análisis multivariante*. 5ª: Pearson-Prentice Hall.
- Haugen, T., Tonnessen, E., Leirstein, S., Hem, E., & Seiler, S. (2014). Not quite so fast: effect of training at 90% sprint speed on maximal and repeated-sprint ability in soccer players. *Journal of sports sciences*, 32(20), 1979-1986. doi:10.1080/02640414.2014.976248
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine & Science in sports & exercise* 33(11), 1925-1931.
- Helgerud, J., Rodas, G., Kemi, O., & Hoff, J. (2011). Strength and endurance in elite football players. *International journal of sports medicine*, 32(9), 677.
- Hill-Haas, S., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C., & Edge, J. (2007). Effects of rest interval during high-repetition resistance training on strength, aerobic fitness, and repeated-sprint ability. *Journal of sports sciences*, 25(6), 619-628.

Tesis Doctoral – Donfrancesco, G.
Especificidad, integración e incidencia de la técnica en la evaluación de la RAA en el fútbol.

- Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *Journal of sports sciences*, 23(6), 573-582.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30(1), 1-15.
- Hopkins, W. G. (2004). Bias in Bland-Altman but not regression validity analyses. *Sportsmedicine*, 8(4), 42-46.
- Hopkins, W. G., Schabert, E. J., & Hawley, J. A. (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports medicine*, 31(3), 211-234.
- Hopkins, W., Marshall, S., Batterham, A., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3.
- Hughes, M. G., Doherty, M., Tong, R. J., Reilly, T., & Cable, N. T. (2006). Reliability of repeated sprint exercise in non-motorised treadmill ergometry. *International Journal of Sports Medicine*, 27(11), 900-904. doi:10.1055/s-2006-923791
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., & Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine & Science in sports & exercise*, 36(6), 1042-1047.
- Impellizzeri, F., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Bravo, D. F., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *International journal of sports medicine*, 29(11), 899-905.
- Impellizzeri, F., Rampinini, E., Maffiuletti, N., Castagna, C., Bizzini, M., & Wisloff, U. (2008). Effects of aerobic training on the exercise-induced decline in short-passing ability in junior soccer players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(6), 1192-1198. doi:10.1139/h08-111
- Ingebrigtsen, J., Brochmann, M., Castagna, C., Bradley, P. S., Ade, J., Krustup, P., & Holtermann, A. (2014). Relationships between field performance tests in high-level soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(4), 942-949.
- Ingebrigtsen, J., Dalen, T., Hjelde, G. H., Drust, B., & Wisløff, U. (2015). Acceleration and sprint profiles of a professional elite football team in match play. *European Journal of Sport Science*, 15(2), 101-110.
- Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, I., . . . Taxildaris, K. (2008). Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(5), 423-431. doi:10.1097/JSM.0b013e3181818e0b
- Jones, D. A. (1996). High-and low-frequency fatigue revisited. *Acta Physiol Scand*, 156(3), 265-270. doi:10.1046/j.1365-201X.1996.192000.x
- Karvonen, J., & Vuorimaa, T. (1988). Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. *Sports medicine*, 5(5), 303-311. doi:10.2165/00007256-198805050-00002
- Kent-Braun, J. A. (1999). Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. *European Journal of Applied Physiology abbreviation*, 80(1), 57-63. doi:10.1007/s004210050558

- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(6), 1165-1174.
- Lago-Penas, C., Casais, L., Dominguez, E., & Sampaio, J. (2010). The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *European Journal of Sport Science*, 10(2), 103-109.
- Link, D., & Hoernig, M. (2017). Individual ball possession in soccer. *PloS one*, 12(7), e0179953.
- Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 76-78. doi:10.1519/14253.1
- Lockie, R. G., Callaghan, S. J., Berry, S. P., Cooke, E. R., Jordan, C. A., Luczo, T. M., & Jeffriess, M. D. (2014). Relationship between unilateral jumping ability and asymmetry on multidirectional speed in team-sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(12), 3557-3566.
- Los Arcos, A., Yanci, J., Mendiguchia, J., Salinero, J. J., Brughelli, M., & Castagna, C. (2014). Short-term training effects of vertically and horizontally oriented exercises on neuromuscular performance in professional soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 480-488. doi:10.1123/ijsp.2013-0063
- Loturco, I., Kobal, R., Gil, S., Pivetti, B., Kitamura, K., Pereira, L. A., . . . Nakamura, F. Y. (2014). Differences in loaded and unloaded vertical jumping ability and sprinting performance between Brazilian elite under-20 and senior soccer players. *American Journal of Sports Science*, 2(6), 8-13.
- Magalhães, J., Inácio, M., Oliveira, E., Ristö, J., & Ascensão, A. (2011). Physiological and neuromuscular impact of beach-volleyball with reference to fatigue and recovery. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 51(1):66-73.
- Mallo, J., Mena, E., Nevado, F., & Paredes, V. (2015). Physical demands of top-class soccer friendly matches in relation to a playing position using global positioning system technology. *Journal of human kinetics*, 47(1), 179-188.
- Markolf, K. L., O'Neill, G., Jackson, S. R., & McAllister, D. R. (2004). Effects of applied quadriceps and hamstrings muscle loads on forces in the anterior and posterior cruciate ligaments. *The American journal of sports medicine*, 32(5), 1144-1149.
- McGawley, K., & Bishop, D. (2006). Reliability of a 5 x 6-s maximal cycling repeated-sprint test in trained female team-sport athletes. *European journal of applied physiology*, 98(4), 383-393. doi:10.1007/s00421-006-0284-8
- Meckel, Y., Machnai, O., & Eliakim, A. (2009). Relationship among repeated sprint tests, aerobic fitness, and anaerobic fitness in elite adolescent soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 163-169.
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Kuitunen, S., Poon, T. K., Simpson, B., & Peltola, E. (2010). Is the relationship between sprinting and maximal aerobic speeds in young soccer players affected by maturation? *Pediatric Exercise Science*, 22(4), 497-510.

- Mendez-Villanueva, A., Hamer, P., & Bishop, D. (2008). Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *European journal of applied physiology*, 103(4), 411-419.
- Mero, A. (1988). Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59(2), 94-98.
- Meylan, C. M., Nosaka, K., Green, J., & Cronin, J. B. (2010). Temporal and kinetic analysis of unilateral jumping in the vertical, horizontal, and lateral directions. *Journal of sports sciences*, 28(5), 545-554
- Millet, G. Y., & Lepers, R. (2004). Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports Medicine*, 34(2), 105-116. doi:10.2165/00007256-200434020-00004
- Mohr, M., Krustup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*, 21(7), 519-528. doi:10.1080/0264041031000071182
- Mohr, M., Krustup, P., & Bangsbo, J. (2005). Fatigue in soccer: a brief review. *Journal of sports sciences*, 23(6), 593-599. doi:10.1080/02640410400021286
- Morgans, R., Orme, P., Anderson, L., & Drust, B. (2014). Principles and practices of training for soccer. *Journal of Sport and Health Science*, 3(4), 251-257.
- Morin, J.-B., Dupuy, J., & Samozino, P. (2011). Performance and fatigue during repeated sprints: what is the appropriate sprint dose? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1918-1924.
- Morland, B., Bottoms, L., Sinclair, J., & Bourne, N. (2013). Can change of direction speed and reactive agility differentiate female hockey players? *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(2), 510-521.
- Mujika, I., Spencer, M., Santisteban, J., Goiriena, J. J., & Bishop, D. (2009). Age-related differences in repeated-sprint ability in highly trained youth football players. *Journal of sports sciences*, 27(14), 1581-1590.
- Murray, A. M., & Varley, M. C. (2015). Activity profile of international rugby sevens: Effect of score line, opponent, and substitutes. *International journal of sports physiology and performance*, 10(6), 791-801.
- Nakamura, F. Y., Pereira, L. A., Loturco, I., Rosseti, M., Moura, F. A., & Bradley, P. S. (2017). Repeated-sprint sequences during female soccer matches using fixed and individual speed thresholds. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(7), 1802-1810.
- Navarro-García, A., Reyes-García, M. E., & Acedo-González, F. J. (2014). Calidad percibida y satisfacción de los espectadores de fútbol. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 20(2), 87-94.
- Nedelec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2014). The influence of soccer playing actions on the recovery kinetics after a soccer match. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1517-1523. doi:10.1519/jsc.0000000000000293

- Njororai, W. W. S. (2010). Physical Demands of Soccer: The Case of Team USA During the 2010 FIFA World Cup. *Soccer Journal*. November-December, 8-11.
- Njororai, W.W.S. (2012). *An analysis of technical and tactical performance of national soccer teams of Kenya, Germany and Argentina*. Doctoral Dissertation.
- Njororai, W.W.S. (2013). Analysis of goals in the 2010 World Cup Soccer tournament held in South Africa. *Journal of Physical Education and Sport*, 13(1), 2, 6-13.
- Njororai, W.W.S. (2014). Timing of goals scored in selected European and South American soccer leagues, FIFA and UEFA Tournaments and the critical phases of a match. *International Journal of Sports Science*, 4(6A), 56-64.
- O'Donoghue, P., Boyd, M., Lawlor, J., & Bleakley, E. (2001). Time-motion analysis of elite, semi-professional and amateur soccer competition. *Journal of Human Movement Studies*, 41(1), 1-12.
- Oliver, J. L. (2009). Is a fatigue index a worthwhile measure of repeated sprint ability? *Journal of Science and medicine in Sport*, 12(1), 20-23.
- Oliver, J. L., Armstrong, N., & Williams, C. A. (2007). Reliability and validity of a soccer-specific test of prolonged repeated-sprint ability. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(2), 137-149.
- Oliver, J. L., Armstrong, N., & Williams, C. A. (2009). Relationship between brief and prolonged repeated sprint ability. *Journal of Science Medicine in Sport*, 12(1), 238-243. doi:10.1016/j.jsams.2007.09.006
- Paoule, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000). Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(4), 443-450.
- Platonov, V. N. (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico*: Editorial Paidotribo.
- Pontifex, K. J., Wallman, K. E., Dawson, B. T., & Goodman, C. (2010). Effects of caffeine on repeated sprint ability, reactive agility time, sleep and next day performance. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 50(4), 455-464.
- Preen, D., Dawson, B., Goodman, C., Lawrence, S., Beilby, J., & Ching, S. (2001). Effect of creatine loading on long-term sprint exercise performance and metabolism. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 814-821.
- Pyne, D. B. (2003). *Interpreting the results of fitness testing*. Paper presented at the International science and football symposium. Melbourne; Australia.
- Pyne, D. B., Saunders, P. U., Montgomery, P. G., Hewitt, A. J., & Sheehan, K. (2008). Relationships between repeated sprint testing, speed, and endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1633-1637. doi:10.1519/JSC.0b013e318181fe7a
- Racinais, S., Perrey, S., Denis, R., & Bishop, D. (2010). Maximal power, but not fatigability, is greater during repeated sprints performed in the afternoon. *Chronobiology International*, 27(4), 855-864. doi:10.3109/07420521003668412

- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S., Bravo, D. F., Sassi, R., & Impellizzeri, F. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International journal of sports medicine*, 28(03), 228-235.
- Rampinini, E., Bosio, A., Ferraresi, I., Petruolo, A., Morelli, A., & Sassi, A. (2011). Match-related fatigue in soccer players. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 43(11), 2161-2170. doi:10.1249/MSS.0b013e31821e9c5c
- Rampinini, E., Impellizzeri, F. M., Castagna, C., Coutts, A. J., & Wisløff, U. (2009). Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 227-233.
- Rampinini, E., Sassi, A., Morelli, A., Mazzoni, S., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2009). Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(6), 1048-1054. doi:10.1139/h09-111
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of sports sciences*, 15(3), 257-263.
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal of sports sciences*, 18(9), 669-683.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(2), 162-169.
- Rowat O, Fenner J and Unnithan V. Technical and physical determinants of soccer match-play performance in elite youth soccer players. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 2017; 57: 369-379.
- Rumpf, M. C., Lockie, R. G., Cronin, J. B., & Jalilvand, F. (2016). Effect of different sprint training methods on sprint performance over various distances: A brief review. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6), 1767-1785.
- Ruscello, B., Tozzo, N., Briotti, G., Padua, E., Ponzetti, F., & D'Ottavio, S. (2013). Influence of the number of trials and the exercise to rest ratio in repeated sprint ability, with changes of direction and orientation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(7), 1904-1919.
- Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., Cook, C. J., Love, T. D., Bracken, R. M., & Kilduff, L. P. (2016). Changes in acceleration and deceleration capacity throughout professional soccer match-play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(10), 2839-2844.
- Sassi, R. H., Dardouri, W., Yahmed, M. H., Gmada, N., Mahfoudhi, M. E., & Gharbi, Z. (2009). Relative and absolute reliability of a modified agility T-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(6), 1644-1651. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b425d2
- Sayers, A. L., Farley, R. S., Fuller, D. K., Jubenville, C. B., & Caputo, J. L. (2008). The effect of static stretching on phases of sprint performance in elite soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1416-1421. doi:10.1519/JSC.0b013e318181a450

- Schimpchen, J., Skorski, S., Nopp, S., & Meyer, T. (2016). Are "classical" tests of repeated-sprint ability in football externally valid? A new approach to determine in-game sprinting behaviour in elite football players. *Journal of sports sciences*, 34(6), 519-526. doi:10.1080/02640414.2015.1112023
- Schulpis, K. H., Parthimos, T., Papakonstantinou, E. D., Tsakiris, T., Parthimos, N., Mentis, A.-F. A., & Tsakiris, S. (2009). Evidence for the participation of the stimulated sympathetic nervous system in the regulation of carnitine blood levels of soccer players during a game. *Metabolism*, 58(8), 1080-1086.
- Scott, B. R., Lockie, R. G., Knight, T. J., Clark, A. C., & Janse de Jonge, X. A. (2013). A comparison of methods to quantify the in-season training load of professional soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 8(2), 195-202.
- Semenick, D. (1990). Tests and measurements: The T-test. *Strength & Conditioning Journal*, 12(1), 36-37.
- Serpiello, F. R., Duthie, G. M., Moran, C., Kovacevic, D., Selimi, E., & Varley, M. C. (2018). The Occurrence of Repeated High Acceleration Ability (RHAA) in Elite Youth Football. *International journal of sports medicine*, 39(07), 502-507.
- Sheppard, J. M., & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of sports sciences*, 24(9), 919-932.
- Shushakov, V., Stubbe, C., Peuckert, A., Endeward, V., & Maassen, N. (2007). The relationships between plasma potassium, muscle excitability and fatigue during voluntary exercise in humans. *Experimental Physiology*, 92(4), 705-715. doi:10.1113/expphysiol.2006.036384
- Silva, J. R., Magalhaes, J. F., Ascensao, A. A., Oliveira, E. M., Seabra, A. F., & Rebelo, A. N. (2011). Individual match playing time during the season affects fitness related parameters of male professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(10), 2729-2739.
- Silva, V. G. d., Rocha, M. R. C. C., Gonçalves, A. C., Morandi, R. F., Oliveira, E. C. d., & Pimenta, E. M. (2018). Repeated-sprint ability determined in game in elite male Brazilian football players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 1-11.
- Silvestre, R., West, C., Maresh, C. M., & Kraemer, W. J. (2006). Body Composition And Physical Performance In Men's Soccer: A study Of A National Collegiate Athletic Association Division Iteam. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(1), 177-183.
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports medicine*, 35(12), 1025-1044. doi:10.2165/00007256-200535120-00003
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C., & Duffield, R. (2006). Metabolism and performance in repeated cycle sprints: active versus passive recovery. *Medicine & Science in sports & exercise* 38(8), 1492-1499. doi:10.1249/01.mss.0000228944.62776.a7

- Spencer, M., Dawson, B., Goodman, C., Dascombe, B., & Bishop, D. (2008). Performance and metabolism in repeated sprint exercise: effect of recovery intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 103(5), 545-552. doi:10.1007/s00421-008-0749-z
- Spencer, M., Fitzsimons, M., Dawson, B., Bishop, D., & Goodman, C. (2006). Reliability of a repeated-sprint test for field-hockey. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(1-2), 181-184.
- Sporis, G., Jukic, I., Ostojic, S. M., & Milanovic, D. (2009). Fitness profiling in soccer: physical and physiologic characteristics of elite players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(7), 1947-1953.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports medicine*, 35(6), 501-536.
- Stolz, S., & Pill, S. (2014). Teaching games and sport for understanding: Exploring and reconsidering its relevance in physical education. *European Physical Education Review*, 20(1), 36-71.
- Stuart, G. R., Hopkins, W. G., Cook, C., & Cairns, S. P. (2005). Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance. *Medicine & Science in sports & exercise*, 37(11), 1998-2005.
- Svensson, M., & Drust, B. (2005). Testing soccer players. *Journal of sports sciences*, 23(6), 601-618.
- Taskin, H. (2008). Evaluating sprinting ability, density of acceleration, and speed dribbling ability of professional soccer players with respect to their positions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(5), 1481-1486. doi:10.1519/JSC.0b013e318181fd90
- Taylor, & Gandevia, S. C. (2001). Transcranial magnetic stimulation and human muscle fatigue. *Muscle Nerve*, 24(1), 18-29.
- Taylor, & Gandevia, S. C. (2008). A comparison of central aspects of fatigue in submaximal and maximal voluntary contractions. *Journal of Applied Physiology* (1985), 104(2), 542-550. doi:10.1152/jappphysiol.01053.2007
- Taylor, Macpherson, T. W., Spears, I. R., & Weston, M. (2016). Repeated Sprints: An Independent Not Dependent Variable. *International journal of sports physiology and performance*, 11(7), 693-696. doi:10.1123/ijsp.2016-0081
- Tiesler, N. C., & Coelho, J. N. (2007). Globalized football at a lusocentric glance: struggles with markets and migration, traditions and modernities, the loss and the beauty: An introduction. *Soccer & Society*, 8(4), 419-439.
- Tomlin, D. L., & Wenger, H. A. (2001). The relationship between aerobic fitness and recovery from high intensity intermittent exercise. *Sports medicine*, 31(1), 1-11. doi:10.2165/00007256-200131010-00001
- Torreño, N., Munguía-Izquierdo, D., Coutts, A., de Villarreal, E. S., Asian-Clemente, J., & Suarez-Arrones, L. (2016). Relationship between external and internal loads of professional soccer players during full matches in official games using global positioning systems and heart-rate technology. *International journal of sports physiology and performance*, 11(7), 940-946.

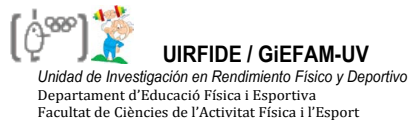
- Turner, A. N., & Stewart, P. F. (2014). Strength and conditioning for soccer players. *Strength & Conditioning Journal*, 36(4), 1-13.
- Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., Severino, V., Duarte, J., Martins, R. S., Figueiredo, A. J., . . . Elferink-Gemser, M. (2012). Longitudinal study of repeated sprint performance in youth soccer players of contrasting skeletal maturity status. *Journal of sports science & medicine*, 11(3), 371.
- Van Winckel, J., Helsen, W., Meert, J., McMillan, K., & Bradley, P. (2014). *Training continuum: Moveo Ergo Sum*.
- Varley, M. C., & Aughey, R. J. (2013). Acceleration profiles in elite Australian soccer. *Int J Sports Med*, 34(1), 34-39. doi:10.1055/s-0032-1316315
- Varley, M. C., Elias, G. P., & Aughey, R. J. (2012). Current match-analysis techniques' underestimation of intense periods of high-velocity running. *International journal of sports physiology and performance*, 7(2), 183-185.
- Varley, M. C., Gabbett, T., & Aughey, R. J. (2014). Activity profiles of professional soccer, rugby league and Australian football match play. *Journal of sports sciences*, 32(20), 1858-1866.
- Vigh-Larsen, J. F., Dalgas, U., & Andersen, T. B. (2018). Position-Specific Acceleration and Deceleration Profiles in Elite Youth and Senior Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(4), 1114-1122. doi:10.1519/jsc.0000000000001918
- Vigne, G., Gaudino, C., Rogowski, I., Alloatti, G., & Hautier, C. (2010). Activity profile in elite Italian soccer team. *International journal of sports medicine*, 31(05), 304-310.
- Wallace, J. L., & Norton, K. I. (2014). Evolution of World Cup soccer final games 1966–2010: Game structure, speed and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(2), 223-228.
- Webb, P., & Lander, J. (1983). An economical fitness testing battery for high school and college rugby teams. *Sports Coach*, 7(3), 44-46.
- Wehbe, G. M., Hartwig, T. B., & Duncan, C. S. (2014). Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(3), 834-842.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231-240.
- Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R., & Hoff, J. (2004). Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(3), 285-288.
- Wong, D. P., Chan, G. S., & Smith, A. W. (2012). Repeated-sprint and change-of-direction abilities in physically active individuals and soccer players: training and testing implications. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2324-2330.
- Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., & Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in

- professional football--analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 38(1), 36-41.
- Wragg, C. B., Maxwell, N. S., & Doust, J. H. (2000). Evaluation of the reliability and validity of a soccer-specific field test of repeated sprint ability. *European journal of applied physiology*, 83(1), 77-83.
- Wrigley, R., Drust, B., Stratton, G., Scott, M., & Gregson, W. (2012). Quantification of the typical weekly in-season training load in elite junior soccer players. *Journal of sports sciences*, 30(15), 1573-1580.
- Yanci, J., Los Arcos, A., Mendiguchia, J., & Brughelli, M. (2014). Relationships between sprinting, agility, one-and two-leg vertical and horizontal jump in soccer players. *Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology*, 46(2), 194-201.
- Young, W., Mc Lean, B., & Ardagna, J. (1995). Relationship between strength qualities and sprinting performance. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 35(1), 13-19.
- Ziogas, G. G., Patras, K. N., Stergiou, N., & Georgoulis, A. D. (2011). Velocity at lactate threshold and running economy must also be considered along with maximal oxygen uptake when testing elite soccer players during preseason. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 414-419.

CAPÍTULO 6.

ANEXOS

ANEXO 1. HOJA DE INFORMACIÓN AL DEPORTISTA



HOJA DE INFORMACIÓN AL DEPORTISTA (1)

PROYECTO: ESPECIFICIDAD, INTEGRACIÓN E INCIDENCIA DE LA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE LA RSA EN EL FÚTBOL.

RESPONSABLE PRINCIPAL: CRISTINA BLASCO LAFARGA. **DOCTORANDO:** GIANLUCA DONFRANCESCO
CENTRO: FCAFE, UNIVERSIDAD DE VALENCIA

INTRODUCCIÓN

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio en el que se le invita a participar, consistente en una batería de pruebas físicas que detallamos en hoja adjunta. Con este documento se pretende que usted reciba la información correcta y suficiente para que pueda decidir si quiere o no participar en este estudio, dirigido y supervisado por investigadores cualificados de la Unidad de investigación del rendimiento Físico y Deportivo (UIRFIDE) de la FCAFE.

Para ello lea esta hoja informativa con atención y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir después de la explicación. Además, puede consultar con las personas que considere oportuno.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y que puede decidir no participar o cambiar su decisión y retirar el consentimiento en cualquier momento.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO, BENEFICIOS Y RIESGOS

Su participación incluye una serie de evaluaciones físicas y fisiológicas con el objetivo de crear un nuevo test que pueda ayudar a los entrenadores y preparadores a evaluar de forma óptima e integrada a sus jugadores. Así mismo, los resultados permiten a cada deportista estimar su grado de condición física, recibiendo un informe detallado del mismo en comparación con los demás participantes y en relación a otros valores normativos, siempre que los hubiere.

Con esta firma usted consiente en realizar las distintas evaluaciones coordinativas y condicionales, así como a permitir la toma de muestras de lactato (lóbulo de la oreja) y el registro de su Frecuencia Cardiaca para evaluar la intensidad.

El riesgo es excepcional ya que se trata de una intensidad a la cual se someten los deportistas en sus entrenamientos. Por otro lado, el hecho de recibir el resultado de estas pruebas debe ayudarle a controlar adecuadamente su proceso de preparación física futura.

CONFIDENCIALIDAD

El tratamiento, la comunicación y la cesión de los datos de carácter personal de todos los sujetos participantes se ajustará a lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, del 13 de diciembre de protección de datos de carácter personal. De acuerdo a lo que establece la legislación mencionada, usted puede ejercer los derechos de acceso, modificación, oposición y cancelación de datos, para lo cual deberá dirigirse a la Investigadora principal del estudio.

Los datos recogidos durante el mismo estarán identificados mediante un código y sólo el responsable del proyecto y sus colaboradores podrá relacionar dichos datos con usted. Su identidad no será revelada a persona alguna. Igualmente, el acceso a su información personal se restringe al responsable del proyecto, sus colaboradores, al Comité Ético de Investigación Clínica y personal autorizado por el promotor, cuando lo precisen para comprobar los datos y procedimiento del Estudio, pero siempre manteniendo la confidencialidad de acuerdo con la legislación vigente.

COMPENSACIÓN ECONÓMICA

Su participación en el estudio no le supondrá ningún gasto. Igualmente no percibirá ninguna ayuda económica extra.

OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE

Cualquier nueva información referente a su participación en este programa y que pueda afectar a su disposición para participar en el mismo será comunicada por el responsable del estudio lo antes posible.

Si usted decide retirar el consentimiento para participar en el estudio, ningún dato nuevo será añadido a la base de datos y puede exigir la destrucción de todas las muestras identificable previamente retenidas.

También debe saber que puede ser excluido de este estudio si sus promotores lo consideran oportuno, ya sea por motivos de seguridad, por cualquier acontecimiento adverso que se produzca durante el mismo o porqué consideren que no está cumpliendo con los procedimientos establecidos. En cualquiera de los casos usted recibirá una explicación adecuada del motivo que ha ocasionado su retirada.

De antemano, muchas gracias por su colaboración.

LOS INVESTIGADORES

* El título de la tesis ha sido modificado a lo largo de los años y la palabra RSA ha sido sustituida por RAA

ANEXO 2. HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO



CONSENTIMIENTO INFORMADO PERSONAL

D/Dña.....por la presente hago constar que he leído y comprendido las instrucciones que acompañan al dorso, he recibido unas explicaciones que considero suficientes, y he sido informado de que puedo retirarme en cualquier momento del estudio:

ESPECIFICIDAD, INTEGRACIÓN E INCIDENCIA DE LA TÉCNICA EN LA EVALUACIÓN DE LA RSA EN EL FÚTBOL.

Por lo que acepto la realización de las pruebas abajo indicadas y presto libremente mi conformidad para participar en él. Así mismo, doy el consentimiento para la utilización y difusión de mis datos y resultados, siempre de forma anónima y en el contexto de divulgación científica.

AUTORIZO

NO AUTORIZO

La realización de las pruebas

Fdo.: _____

F.do.: _____

En Valencia.....de de 2014

CONSENTIMIENTO INFORMADO TUTOR/ENTRENADOR/TÉCNICO

D/Dña:.....

Como Tutor/ Entrenador/ Técnico del Club/Equipo

Acepto la realización de las pruebas abajo indicadas a D.

He leído y comprendido las instrucciones que acompañan al dorso, y he recibido unas explicaciones que considero suficientes. Así mismo he informado oportunamente y recibido la autorización de los padres o tutores legales, por lo que de acuerdo con ello:

AUTORIZO

NO AUTORIZO

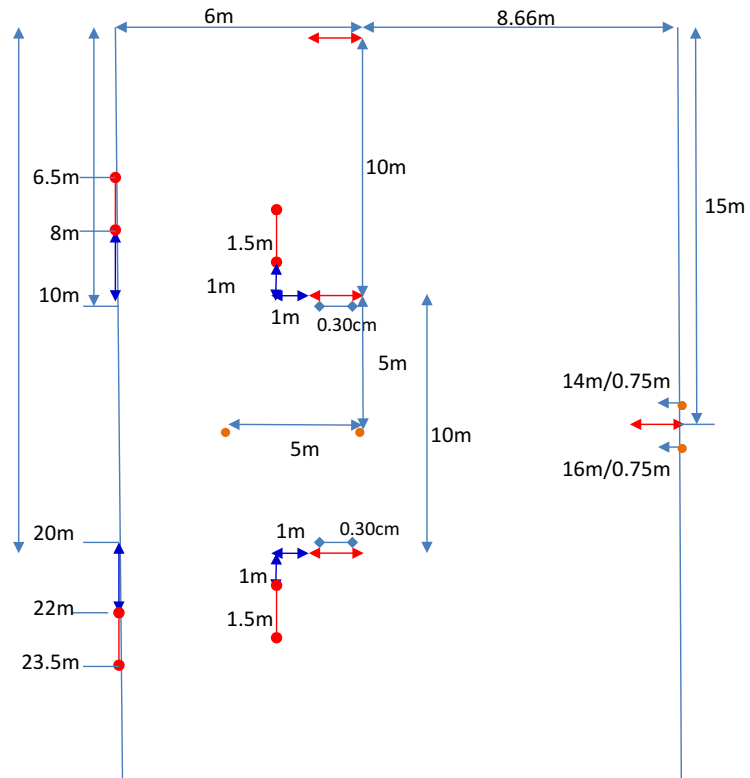
La realización de las pruebas







Fdo.: _____

F.do.: _____

En Valencia.....de de 2014

ANEXO 3. MAPA TEST



	Línea de referencia
	Distancias entre puntos
	Fotocelulas (1.5m)
	Línea de pase (1.5m) Porterías
	Conos
	Línea de inicio (ida y vuelta/pivotar)

ANEXO 4. SEÑAL ACUSTICA TEST

DESCRIPCIÓN (tramos que engloba)	DURACIÓN TRAMOS	SEÑALES ACÚSTICAS	
		INICIO	FIN
Salida		0	7
Desplazamiento lineal 10m (3" aprox.)	3		
Recuperación activa (5" aproximadamente)	4		
Lapso Zona 1 (2")	2		
Desplazamiento ida y vuelta 10m (6" aprox.)	6	9	28
Recuperación activa (15" aproximadamente)	13		
Lapso Zona 2 (2")	2		
Desplazamiento lateral sin balón	3	30	40
Desplazamiento lateral con balón	3		
Recuperación activa (5" aproximadamente)	4		
Lapso Zona 3 (2")	2		
Desplazamiento lateral con balón	3	42	61
Desplazamiento lateral sin balón	3		
Traslado activo hacia plataforma de saltos	13		
Lapso Zona 4 (2") - Previo al salto (el deportista ya en la plataforma)	2		63
Salto CMJ		63	68
Desplazamiento a zona 1	5		

ANEXO 5. ESCALA DEL ESFUERZO PERCIBIDO (BORG 1-10)

Escala de Percepción Subjetiva del Esfuerzo (RPE). (Borg, 1998).

¿CÓMO HAS PERCIBIDO EL ESFUERZO TRAS LA SESIÓN DE ENTRENAMIENTO QUE ACABAS DE REALIZAR?	
0	Absolutamente nada Sin intensidad
0.3	
0.5	Extremadamente débil Justamente perceptible
0.7	
1	Muy débil
1.5	
2	Débil Ligero
2.5	
3	Moderado
4	
5	Fuerte Pesado
6	
7	Muy fuerte
8	
9	
10	Extremadamente fuerte Máxima intensidad
11	
12	
• Absolutamente máximo Lo más posible	

ANEXO 6. CALENTAMIENTO

CALENTAMIENTO ESTUDIO FÚTBOL VALENCIA

CARRERA CONTÍNUA

1. 1'30" carrera continua suave.
2. 1'30" carrera continua con balón.

MOVILIDAD Y ESTIRAMIENTOS DINÁMICOS → Ejercicios a lo largo de 15-20m, ida y vuelta.

1. Desplazamiento lateral.
2. Igual cruzando piernas por delante y detrás.
3. Carrera hacia atrás.
4. D. frontal, abriendo y cerrando piernas.
5. Estirar pierna adelante a tocar la punta.
6. Molino en movimiento.

COORDINACIÓN → A lo largo de 30m ida, y vuelta al trote suave.

1. Skipping suave a baja altura.
2. Talones al culo suave.
3. Cada 3 pasos, simular chute balón.
4. Skipping en progresión: primero suave a baja altura, ir subiendo rodillas y frecuencia.
5. Talones al culo en progresión: aumentando frecuencia.

HABILIDAD CON BALÓN → A lo largo de 30m ida, y vuelta al trote suave.

Habilidad con balón

1. Conducción frontal con cambio de ritmo: 10m suaves, 10m aceleración, 10m suaves, aprox.
2. Conducción en zigzag (30m).
3. Pases en el sitio (con persona que dirige calentamiento) → 10-12 pases intensos (con o sin control previo).
4. Conducción (5m) + Pase + Recepción (5m después) + Conducción (10m más).

*RECUPERACIÓN: 15" antes de empezar con los siguientes ejercicios.

CARRERA CON Y SIN BALÓN

1. Diagonales sin balón → Vuelta al trote muy suave.
Tras la diagonal de 40m, si se aprecia una respiración muy acelerada, anda a la mitad de la vuelta.
 - 20m → 2 diagonales seguidas de 10m, con progresión al 70-80%, y cambio de dirección.
 - 30m → 3 diagonales seguidas de 10m, con progresión al 70-80%, y cambio de dirección.
 - 40m → 3 diagonales seguidas de 12-13m, con progresión al 80-90%, y cambio de dirección.
2. Diagonales con balón → Vuelta al trote muy suave. Si se aprecia una respiración muy acelerada, anda a la mitad de la vuelta.
 - 30m → 3 diagonales al 70%, como las de antes.
 - Repetimos ejercicio anterior.

*RECUPERACIÓN: 30-40" antes de empezar con los siguientes ejercicios.

SPRINTS CORTOS Y SALTOS

1. Sprints de 5 y 10m: 3 (5/10//10").
3 series de sprints al 90%, de 5 y 10m (alternándose éstos). Micropausa: 10", excepto antes del sprint final, de 15".
Rec: 30".
2. Saltos de CMJ x 6 rep. Con micropausa: 2-3".
Rec: 20".
3. Saltos de remate de cabeza (con balón, a ser posible) x 6 rep. Micropausa: 2-3".

*RECUPERACIÓN: 30" antes de empezar con el trote.

FIN DEL CALENTAMIENTO MARCADO.

Empieza 1' de **TROTE SUAVE**.

Finaliza con 2' de **ACTIVACIÓN LIBRE**. Se le deja un balón, por si lo necesita.

**ANEXO 7. ZONAS DE EVALUACIÓN EN FUNCIÓN DE LAS
TAREAS**

SEGUIMIENTO DEL DEPORTISTA (TIRAS) Y ÁREAS

DEL deportista debe llevar en todo momento la tira de seguimiento encima, presentándola en cada zona de evaluación a medida que se va trasladando de una a otra. En cualquier caso, los responsables de cada zona deberán exigírsela antes de comenzar sus pruebas y finalizadas las mismas se la entregarán (marcando la zona que acaban de realizar) para que puedan presentarla en la siguiente zona.

AREA DE HRV, LACTATO, TA, SATURACION Y COMPOSICION CORPORAL

Competencias:

- HRV: basal y post test
- LACTATO –TA- SATURACION-FC: Basal, preTEST, 3 y 15 minutos.
Anotad en la planilla las de paso por la zona, al tomar datos. Atentos a SAO₂ y TA al min 2 para lactato entre 2,30 y 3 min post Test
Asegurarse de activar pulsómetros en registro pretest...-sin grabar tiempos
- Composición Corporal

AREA DE CALENTAMIENTO

Competencias

- Dirigir según rutina habilitada para tal efecto

AREA DE FOTOCELULAS

Competencias

- Revisar estado de las fotocélulas
- Medir test de velocidad máxima
- Coordinar cámara de video con pulsómetro (activar HRV inicio test). Iniciar simultáneamente y dejar transcurrir 30 segundos.
- Activar Audio
- Gestión de balones (colocación y recuperación).
- Registro aciertos y errores.

AREA DE SALTOS, EP,HR Y RESTQ

Competencias

- Suministrar RESTQ
- TEST DE BANGSBO: Saltos pre TEST⁽¹⁾/Saltos post TEST⁽¹⁾
- TEST INTEGRADO: Saltos pre TEST⁽¹⁾/Saltos post TEST⁽²⁾/ Saltos post TEST⁽¹⁾
- ⁽³⁾ ESFUERZO PERCIPIDO (EP) Y FRECUENCIA CARDIACA

- (1) 6 saltos intercalando la secuencia (CMJnd-CMJd-CMJ)*2 con 30" de recuperación entre saltos
- (2) 1 CMJ al finalizar cada ronda del test
- (3) Test de Bangsbo; al finalizar la ronda, nada más empezar la recuperación. Adicionalmente, también controlará y guiará la recuperación de 25 segundos. Hacer un LAP en el pulsómetro al finalizar la séptima y última vuelta
- (3) TEST INTEGRADO: al finalizar la ronda, justo antes del CMJ.