

NUEVOS ENFOQUES EN LA MONITORIZACIÓN DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO Y COMPETICIÓN EN JUGADORES DE FÚTBOL: MÁS ALLÁ DE LA CARGA FÍSICA

LOSADA-BENÍTEZ, J.A. ^(1 y 2), BARBERO-ÁLVAREZ, J.C. ⁽³⁾

- (1) Preparador físico Salamanca CF UDS. Ex preparador Físico Cádiz CF, Puskás Academia FC, SR Lepe, Atlético Sanluqueño, Ceres-Negros FC, Nassaji FC, Gol Gohar FC, Real Balompédica Linense.
 (2) Doctorando en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (UPO)
 (3) Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (UGR). Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte de Melilla, Departamento de Educación Física y Deportiva (Universidad de Granada)

RESUMEN

En el fútbol profesional, la constante necesidad de alcanzar el éxito hace que los entrenadores y preparadores físicos estén continuamente explorando nuevos métodos de cuantificación, control y evaluación del rendimiento deportivo. Por ello, la monitorización y valoración de la carga de entrenamiento y de los partidos de competición se ha convertido en fundamental para los componentes de los cuerpos técnicos en el fútbol actual, siendo la cuantificación de variables de carga interna y externa una de las prácticas más comunes. En la última década, ha sido la monitorización y cuantificación de parámetros de carga externa la que han tomado mayor relevancia debido a la aparición de nuevas tecnologías que proporcionan un conocimiento más exhaustivo acerca de este tipo de variables cinemáticas o espacio-temporales. Este artículo pretende repasar los métodos e instrumentos de registro que permiten determinar y cuantificar la carga en el fútbol moderno, haciendo énfasis en la importancia del perfil de carga técnica, en ocasiones no tan valorado, y la necesidad de su cuantificación en el análisis de las demandas del entrenamiento y las exigencias de la competición. A lo largo del texto se muestran las principales metodologías de monitorización de carga externa, reconocidas por la comunidad científica e implementadas por la mayoría de los cuerpos técnicos. No obstante, parece necesario realizar un enfoque más integral y holístico en el que los parámetros de carga técnica deberían tener mayor protagonismo, permitiendo ampliar y complementar el análisis de las exigencias del juego, tanto en entrenamientos, como en la competición.

PALABRAS CLAVE: fútbol, monitorización, carga interna, carga externa, carga física, carga técnica.

Fecha de recepción: 21/06/2021. Fecha de aceptación: 12/07/2021

Correspondencia: pepelosadabenez@gmail.com

INTRODUCCION

Para alcanzar el éxito en el fútbol, los jugadores deben poseer un alto nivel de capacidad en factores físicos, mentales, técnicos y tácticos (Stolen et al., 2005). Las investigaciones sobre la monitorización y el control de las cargas de entrenamiento y la competición han sido ampliamente estudiadas facilitando información detallada acerca de la carga externa (CE) y la carga interna (CI) en futbolistas (Sarmiento et al., 2014). Sin

embargo, las acciones técnicas no suelen ser incluidas o tenidas en cuenta en muchas de las investigaciones relacionadas con la monitorización y cuantificación de la carga de los futbolistas (Akenhead & Nassis, 2016; Malone et al., 2020) a pesar de la importante contribución de dichos componentes a la CE (Bradley & Ade, 2018), e incluso haberse demostrado estar asociada al éxito en este deporte (Carling, 2013; Castellano et al., 2012;)

El presente artículo pretende, por un lado, hacer un breve repaso de las metodologías más utilizadas para la

monitorización de la CE en la actualidad, y por otro, subrayar la necesidad de dar un mayor peso al componente técnico en la cuantificación de la carga, mostrando las últimas tendencias en la monitorización y valoración del perfil de carga técnica y su implementación, tanto en el análisis de las demandas del entrenamiento, como de la competición.

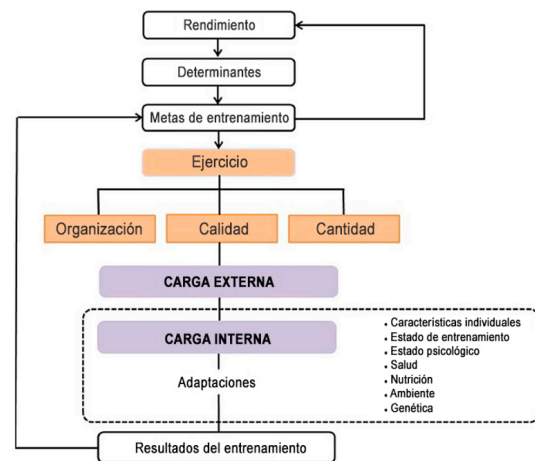
MONITORIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA CARGA INTERNA Y EXTERNA EN EL FÚTBOL:

Una gran variedad de factores afecta la respuesta del organismo a la carga de entrenamiento. La valoración de la carga impuesta se reconoce como una parte fundamental en las tareas diarias de los miembros de un cuerpo técnico, asumiendo que dicho proceso debe ayudar en la toma de decisiones para mejorar el rendimiento individual y colectivo del equipo (Miguel et al., 2021), minimizando el riesgo de lesiones.

La carga es normalmente representada mediante indicadores de CE y de CI, las cuales son definidas respectivamente (Figura 1), como el trabajo realizado por el deportista (CE) y la respuesta fisiológica asociada a ella (CI) (Impellizzeri et al., 2019).

La CE es una medida objetiva cuantitativa que puede ser evaluada por indicadores cinemáticos o espacio-temporales como la duración, la distancia recorrida, la velocidad del jugador, los metros recorridos por minuto o el número de sprints y aceleraciones, entre otros.

Figura 1. Marco teórico del proceso de entrenamiento. (Adaptado de Impellizzeri et al., 2019).



La CI expresa la movilización de los sistemas funcionales del organismo del deportista cuando realiza un trabajo y suele ser cuantificada mediante indicadores fisiológicos.

El conocimiento de variables de CE durante el juego ha tomado un papel preponderante, sin embargo, el hecho de poder analizar estos parámetros parece haber provocado el efecto contrario con respecto a las variables de CI que venían siendo utilizadas. Disponer de información de la CE sin conocer la respuesta

fisiológica del organismo no nos permite determinar si el futbolista se está adaptando de forma positiva a las sesiones de entrenamiento que estamos realizando (Figura 2).

Figura 2. Cuantificación de la relación CE-CI para determinar la adaptación al entrenamiento. (fuente: Barbero-Álvarez, 2021)



En este sentido, Barbero et al. (2012), propusieron por primera vez, con árbitros profesionales de fútbol, un índice de eficiencia (del inglés “efficiency index”), al plantear cociente o ratio entre la CE y CI, como medida para determinar la capacidad de rendimiento y posible fatiga del jugador. Recientemente, Alves et al. (2021) han realizado una revisión sobre este índice y las diferentes variables de CI y CE que se han utilizado para el cálculo, siendo normalmente aplicada la ratio entre la distancia recorrida y parámetros derivados de la frecuencia cardíaca.

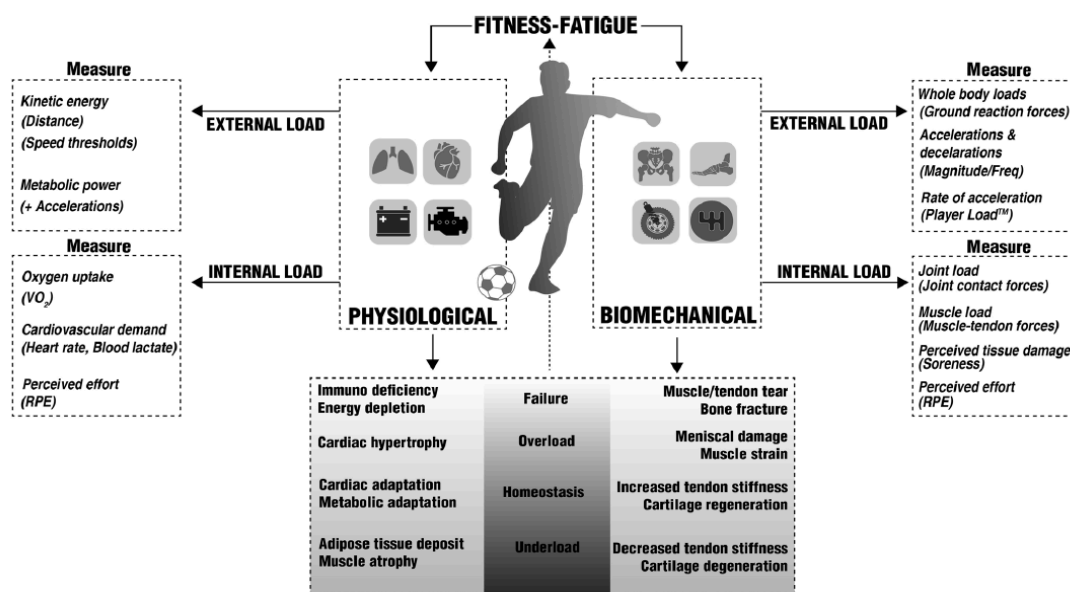
Concluyen indicando que se trata de una potente herramienta para evaluar el estatus de condición física. El modelo propuesto por Verenterghem et al. (2017) justifica que la aplicación en campo de la monitorización de la carga ha pasado por alto el camino de las adaptaciones mecánicas es por ello, que proponen un nuevo marco de referencia en la que las adaptaciones a la carga fisiológica y biomecánica son consideradas separadamente (Figura 3). Como a consecuencia del stress mecánico se producen las adaptaciones estructurales y funcionales del sistema musculoesquelético, que implican unas adaptaciones específicas.

El análisis de tiempo-movimiento ha sido históricamente usado para medir la CE mediante distancias recorridas en diferentes variantes de locomoción o dividido en zonas de velocidad (Reilly & Thomas, 1976). Del mismo modo, se ha podido monitorizar el stress mecánico en actividades tales como los cambios de dirección, saltos, impactos/contactos, aceleraciones/desaceleraciones. En cambio, los componentes técnicos (por ejemplo: toques de balón, lanzamientos, posesiones, pases) y tácticos, aunque son a menudo priorizados por los entrenadores en las sesiones de entrenamiento (Morgans et al., 2014), no suelen ser analizados

cuando se hace referencia a la CE, a pesar de que ayudaría a contextualizar la especificidad que presenta el fútbol, permitiendo determinar el grado en el que el entrenamiento imita las exigencias

técnicas de la propia competición (Pinder et al., 2011).

Figura 3. Marco de referencia de la monitorización de la carga. (fuente: Verenterghem et al., 2017).



Carga Física

Los estudios sobre el análisis del rendimiento en fútbol han sido principalmente de tipo descriptivo y se han enfocado más sobre variables exclusivamente físicas (Castellano, Álvarez-Pastor & Bradley, 2014). Las demandas físicas son intermitentes en gran parte a la naturaleza aleatoria de los patrones de movimientos, los cuales requieren frecuentes cambios en la velocidad (caminar, trotar, carrera a alta intensidad y esprintar) y en la dirección del

jugador (Morgans et al., 2014). Una de las metodologías regularmente utilizadas ha sido la monitorización mediante cámaras semi-automáticas a través de la grabación en video, entre las compañías más conocidas se pueden citar Opta®, Instat®, Wyscout® o MediaCoach®.

En la última década los sistemas de posicionamiento global (GPS), se han convertido en una herramienta cotidiana para el análisis de los patrones de movimientos y las cargas de trabajo

(Barbero-Álvarez et al., 2009), permitiendo detectar la disminución del rendimiento y posible fatiga durante los partidos, monitorizar las diferentes tareas de entrenamiento de una sesión o evaluar la capacidad condicional del jugador.

En la tabla 1, se muestra un resumen de las más usuales variables de CE a partir de tecnología GPS, además de la definición de cada una de ellas.

Tabla 1. Resumen de variables de carga física (elaboración propia).

Tipo de carga	Variable	Definición
Externa	Distancia total (m)	Distancia total completada
	Ratio de trabajo (m/min)	Distancia media completada por minuto
	Distancia caminando (m)	Distancia completada entre 1 y 5,4 km/h
	Distancia trotando (m)	Distancia completada entre 5,4 y 10,8 km/h
	Distancia corriendo (m)	Distancia completada entre 10,8 y 19,8 km/h
	Distancia carrera a alta intensidad (m)	Distancia completada entre 19,8 y 80% de la velocidad máxima de carrera
	Distancia carrera esprintando (m)	Distancia completada >80% de la velocidad máxima de carrera
	Número de sprints	Número de sprints completados >80% de la velocidad máxima de carrera
	Velocidad pico (km/h)	Velocidad máxima alcanzada
	Distancia acelerando (m)	Distancia acelerando recorrida (m) en la que incrementa su velocidad *
	Número de aceleraciones	Cantidad de aceleraciones en la que incrementa su velocidad *
	Distancia desacelerando (m)	Distancia desacelerando recorrida (m) en la que disminuye su velocidad *
	Número de desaceleraciones	Cantidad de desaceleraciones en la que disminuye su velocidad *
	Distancia alta carga metabólica	Distancia completada >20 W/kg ⁻¹
Player load™ o Body load™	Indicador global calculado a partir de la aceleración en los tres ejes y el tiempo (UA)	

Carga Técnica

La importancia de las acciones técnicas por parte del futbolista durante los partidos, toma mayor relevancia cuando dichas acciones nos proveen de información directa de su comportamiento como agente principal del juego. Una de las más novedosas aproximaciones en esta línea, son las realizadas recientemente por Ade et al. (2016), y Bradley & Ade (2018) donde centrándose en una variable física determinante como la carrera a alta intensidad (Krustrup et al., 2005),

entienden que debe ser contextualizada en su relación con factores tácticos para cada posición específica y colectiva del equipo. Este modelo integrado (Figura 4) revela claramente el perfil único multidimensional de alta intensidad que existe debido a distintos roles tácticos, en lugar de ser unidimensional, a través de distancias “ciegas” de información producidas por los modelos tradicionales.

Al mismo tiempo, algunos de los análisis realizados analizando aspectos

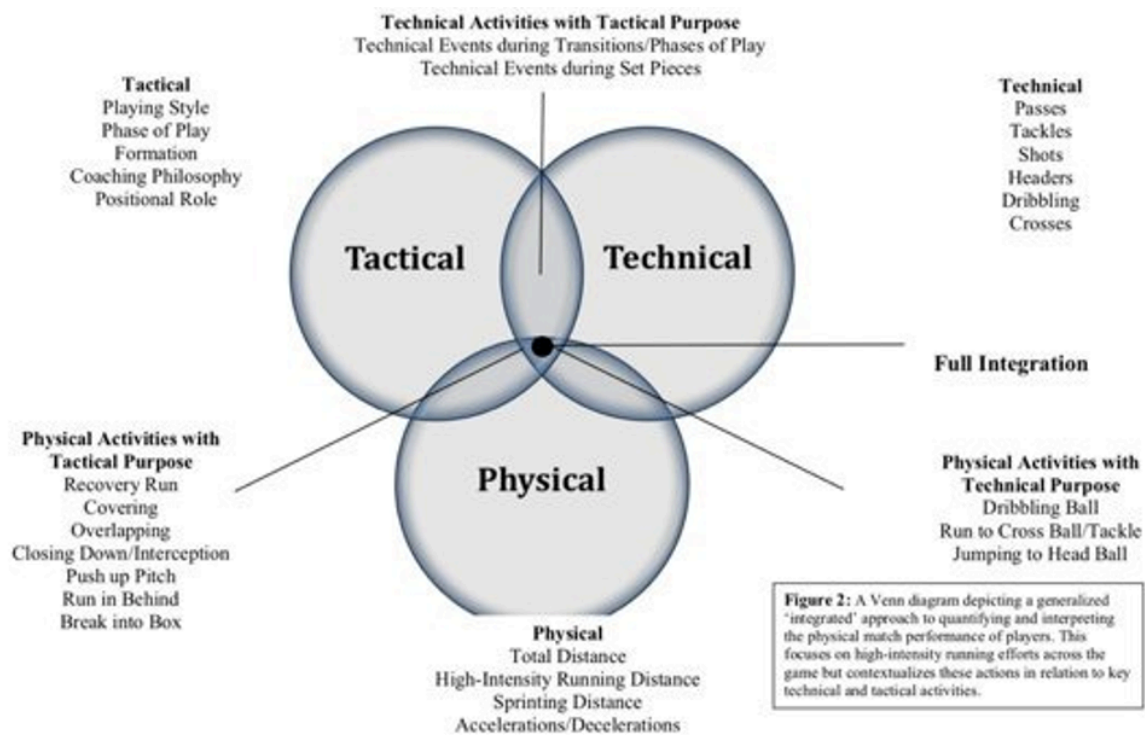
físicos, técnicos y tácticos, van en la línea de comparar dicho rendimiento entre equipos de las mayores ligas europeas lo que proporciona un mayor entendimiento del rendimiento técnico y táctico (Yi et al., 2019).

Habitualmente la monitorización y cuantificación de la carga técnica ha utilizado sistemas de codificación manual

(Wright et al., 2016), aunque en los últimos años se han empleado complejas y económicamente elevadas infraestructuras, tales como sistemas de grabación semi-automático (Arjol-Serrano et al., 2021; Castellano et al., 2014) o sistemas de posicionamiento local (LPS) como Inmotio© o Kinexon©.

Figura 4. Enfoque integrado para cuantificar e interpretar el rendimiento físico en partidos.

(fuente: Bradley & Ade, 2018)



Estos sistemas y metodologías anteriormente señalados tienen una doble problemática, por un lado; (I) el tiempo en disponer de los datos en los sistemas de codificación manual, que requieren un tratamiento y análisis posterior al registro

del evento, y por otro, (II) el alto coste de inversión que hay que realizar para su uso cuando se trata de los sistemas de grabación semi-automática o LPS.

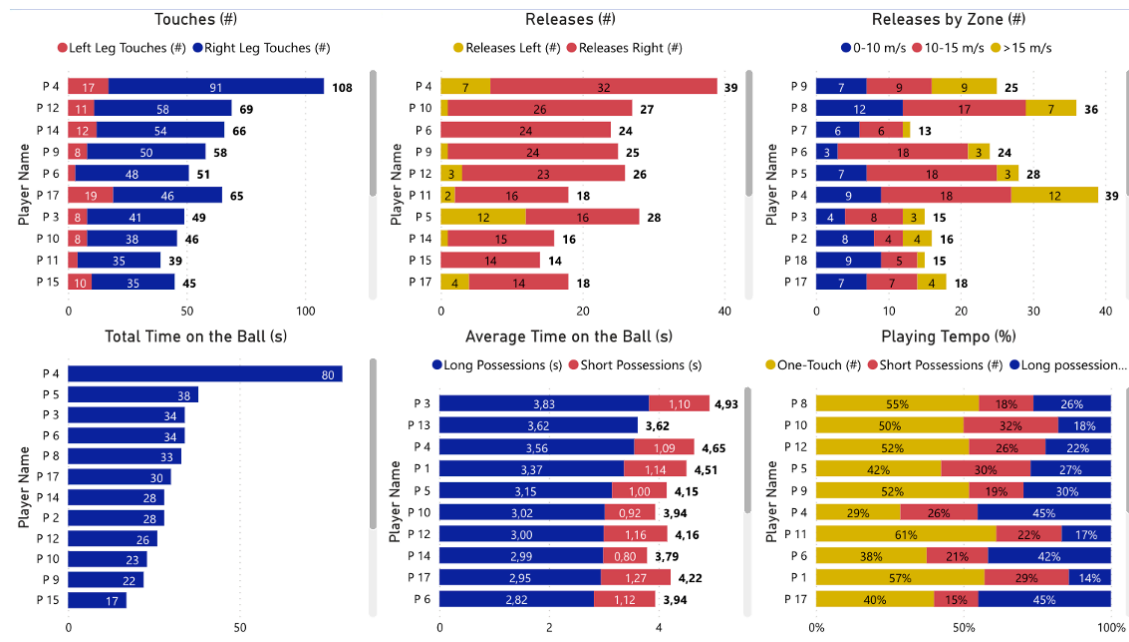
Métodos de monitorización que puedan registrar y medir variables de carga

física (distancia, velocidad, aceleraciones, etc) y al mismo tiempo, ser capaces de cuantificar acciones (contactos con el balón, golpes, lanzamientos, posesiones, tiempo con el balón, etc) de fácil interpretación pueden ser de gran relevancia tanto para su uso en el diseño de los entrenamientos como en la valoración de las demandas de la competición. La monitorización de las sesiones de entrenamiento y/o los propios partidos de competición puede suministrar respuestas acerca de aquellas variables a incluir en una perspectiva integradora actual (Miguel et al., 2021) y ayudar a determinar un perfil de exigencia técnica que requiere el fútbol contemporáneo, atendiendo a los diferentes puestos específicos y según el modelo de juego. Como solución a estos problemas, la implementación de micro-tecnología que puede ser llevada en la propia bota del futbolista puede representar una opción de coste tiempo-beneficio que mejore la tarea de monitorizar la carga técnica del futbolista, a la vez que la carga física. Recientemente, Marris et al. (2021) publicaron un estudio, en el que pudieron

cuantificar dicha carga en un equipo profesional inglés, durante un amplio período de la temporada.

En la siguiente gráfica (figura 5) se muestran algunos ejemplos de análisis de variables de carga técnica de un equipo profesional en una tarea de juego en espacio reducido. Las variables que se exponen son: *Touches* (#), número de contactos con pierna izquierda (rojo) y derecha (azul); *Releases* (#), número de lanzamientos con pie izquierda (amarillo) y derecha (rojo); *Releases by zone* (#), número de lanzamientos por zona de velocidad de golpeo, 0-10 m/s (azul), 10/15 m/s (rojo) y >15 m/s (amarillo); *Total Time on the ball (seg)*, tiempo total con el balón, tiempo total que el jugador suma con sus posesiones de balón; *Average Time on the ball (seg)*, tiempo promedio con el balón, posesiones largas, mínimo de 2 toques y duración mayor de 1,5 segundos (azul) y posesiones cortas, mínimo de 2 toques y duración menor de 1,5 segundos (rojo) ; *Playing tempo (%)*, porcentaje de posesiones a un toque (amarillo), cortas (rojo) y largas (azul).

Figura 5. Datos de cuantificación carga técnica de una tarea de juego reducido. (fuente: Barbero-Álvarez, J.C., 2021 datos sin publicar).



Hay que destacar que partiendo de la cuantificación del número de golpees del balón y la intensidad de estos es posible proponer un nuevo índice, denominado “release index” o “índice de golpeo”. El índice de golpeo es un parámetro que combina el volumen y la intensidad de cada golpeo del jugador y lo presenta como un solo valor numérico que ayuda en el análisis y valoración de la carga técnica.

Release Index (RI) = (Promedio de velocidad de golpeo*Número de golpees)/10

Esta variable va a permitir:

- Comparar la carga de los jugadores usando un solo número.

- Generar una biblioteca de ejercicios comparando el RI (si queremos disponer de ejercicios con diferente exigencia técnica).
- Hacer seguimiento del equipo/jugador a través del tiempo para determinar los cambios en el RI.
- Comparar el RI entre la pierna izquierda y la derecha.
- Identificar cambios en los golpees previos a una lesión.
- Ser utilizado como parte del proceso de readaptación para incrementar progresivamente el RI a valores normales.

Para finalizar este breve artículo de opinión, hay que subrayar que se ha querido hacer énfasis en la importancia del perfil de carga técnica, en ocasiones no

tan valorado, y la necesidad de su cuantificación para una mayor comprensión de las demandas del entrenamiento y las exigencias de la competición. Recapitulando, podríamos señalar los siguientes aspectos:

- La monitorización de la carga física en fútbol se nos antoja insuficiente para poder construir una visión más integradora de las demandas de dicho deporte, teniendo en cuenta que se juega con un elemento móvil, el balón.
- En la misma línea, analizar las variables de CE sin asociarlas o relacionarlas a variables de CI, no permite conocer la respuesta del jugador a los estímulos aplicados en los entrenamientos o que exige la competición, lo que impide conocer cómo responde el futbolista y determinar si se adapta a la carga de entrenamiento propuesta.
- La utilización de metodologías y herramientas tecnológicas para la cuantificación tanto de la carga física como técnica es un hecho, pero su utilidad para el control de la carga de entrenamiento y competición desde una perspectiva más globalizada está aún en

niveles primarios debido a la problemática de coste-beneficio, aunque las nuevas tecnologías IMU están permitiendo disponer de este tipo de información a bajo coste y ya empieza a ser implementado en cuerpos técnicos profesionales y academias.

- La integración de dichos datos de carga técnica en la monitorización de la carga del microciclo semanal se hace necesaria para obtener una visión más amplia y holística.
- Su aplicación al estudio de las demandas de la propia competición, también nos proporcionarían un visión mucho más real e integradora a la hora de replicar dichas acciones técnicas en el diseño de las tareas y ejercicios que componen las sesiones de entrenamiento.

En definitiva y a partir de todo lo expuesto, parece necesario matizar el enfoque de la monitorización y cuantificación en nuestro deporte, de manera que sea multifactorial y que abarque la mayor cantidad posible de aspectos relacionados con el rendimiento en fútbol (figura 6).

Figura 6. Enfoque integral de la monitorización de la carga de entrenamiento y competición en fútbol (fuente: elaboración propia).



BIBLIOGRAFÍA

Ade, J., Fitzpatrick, J., & Bradley, P. S. (2016). High-intensity efforts in elite soccer matches and associated movement patterns, technical skills and tactical actions. Information for position specific training drills. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2205–2214.

Alves A.L., Claudino J.G., Boullosa D., Couto, C.R., Coelho, F.T., Pimenta, E.M. (2021). The relationship between internal and external loads as a tool to monitor physical fitness status of team sport athletes: a systematic review. *Biology Sport*.39(3):629–638.

Akenhead, R., & Nassis, G. P. (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *International Journal Sports Physiol Perform*, 11(5), 587-593.

Arjol-Serrano, J. L., Lampre, M., Díez, A., Castillo, D., Sanz-López, F., & Lozano, D. (2021). The Influence of Playing Formation on Physical Demands and Technical -Tactical Actions According to Playing Positions in an

Elite Soccer Team. *International Journal Environ Research Public Health*, 18(8).

Barbero-Álvarez, J. C., Barbero-Álvarez, V., Gómez, M., & Castagna, C. (2009). Análisis cinemático del perfil de actividad en jugadoras infantiles de fútbol mediante tecnología GPS / Kinematic analysis of activity profile in Under 15 players with GPS technology. *Revista Kronos*, 8(15), 35–42.

Barbero-Alvarez J, Boullosa DA, Nakamura FY, Andrin G, Castagna C. (2012). Physical and physiological demands of field and assistant soccer referees during America's cup. *Journal Strength Conditioning Research*. 26:1383-1388.

Barbero-Álvarez, J.C. (2021). Cuantificación y análisis de la carga en el fútbol moderno: La eficiencia del jugador – Importancia de la respuesta cardiovascular. *Conferencia del Seminario Internacional Tecnología Avanzada en el Deporte de Alto Rendimiento*, Cali (Colombia), celebrado 16 de Diciembre de 2021.

- Bradley P., Ade, J. (2018). Are current physical match performance metrics in elite soccer fit for purpose or is the adoption of an integrated approach needed? *International Journal Sports Physiology Performance*. 13(5):656–664.
- Carling, C. (2013). Interpreting physical performance in soccer match-play: should we be more pragmatic in our approach? *Sports Medicine*. 43 (8):655–663.
- Castellano, J., Alvarez-Pastor, D., & Bradley, P. S. (2014). Evaluation of research using computerised tracking systems (Amisco and Prozone) to analyse physical performance in elite soccer: a systematic review. *Sports Medicine*, 44(5), 701-712.
- Castellano, J., Casamichana, D., Lago, C. (2012). The use of match statistics that discriminate between successful and unsuccessful soccer teams. *Journal Human Kinetic*. 31(1):137–147.
- Impellizzeri, F.M.; Marcora, S.M.; Coutts, A.J. (2019). Internal and External Training Load: 15 Years On. *International Journal Sports Physiology Performance*. 14, 270–273.
- Impellizzeri, F.M.; Rampinini, E.; Coutts, A.J.; Sassi, A.; Marcora, S.M. (2004). Use of RPE-Based Training Load in Soccer. *Medicine. Science. Sports Exercise.*, 36, 1042–1047.
- Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Medicine Science Sports Exercise*. 37(7):1242-1248.
- Malone, J., Barrett S, Barnes C, Twist C, Drust B. (2020). To infinity and beyond: the use of GPS devices within the football codes. *Science Medicine Football*. 4 (1):82–84.
- Marris, J., Barrett, S., Abt G. & Towlson, C. (2021): Quantifying technical actions in professional soccer using foot-mounted inertial measurement units, *Science and Medicine in Football*.
- Miguel, M., Oliveira, R., Loureiro, N., García-Rubio, J., & Ibáñez, S. J. (2021). Load Measures in Training-Match Monitoring in Soccer: A Systematic Review. *International Journal Environment Research Public Health*, 18(5).
- Morgans, R., Orme, P., Anderson, L., Drust, B. (2014). Principles and practices of training for soccer. *Journal Sport Health Science*. 3(4):251–257.
- Pinder, R., Davids, K., Renshaw, I., Araújo, D. (2011). Representative learning design and functionality of research and practice in sport. *Journal Sport Exercise Psychology*. 33(1):146–155.
- Reilly, T., & Thomas, V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*, 2 87–97.
- Sarmiento, H., Marcelino R., Anguera M.T., Campaniho J., Matos N., & Leita J.C. (2014). Match analysis in football: a systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 32:20, 1831-1843.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports Medicine*. 35(6):501–536.
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N., Robinson, M., Drust, B. (2017). Training load monitoring in team sports: a novel framework

separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports Medicine*. 47 (11):2135–2142.

Verheul, J., Nedergaard, N., Vanrenterghem, J., Robinson, M. (2020). Measuring biomechanical loads in team sports - from lab to field. *Science Medicine Football*. 4(3):246–252.

Wright, C., Carling, C., Lawlor, C., Collins, D. (2016). Elite football player engagement with performance analysis. *International Journal Performance Anal Sport*. 16(3):1007–1032.

Yi, Q., Gómez, M. A., Wang, L., Huang, G., Zhang, H., and Liu, H. J. (2019). Technical and physical match performance of teams in the 2018 FIFA World cup: effects of two different playing styles. *Journal Sports Science*. 37, 2569–2577.