

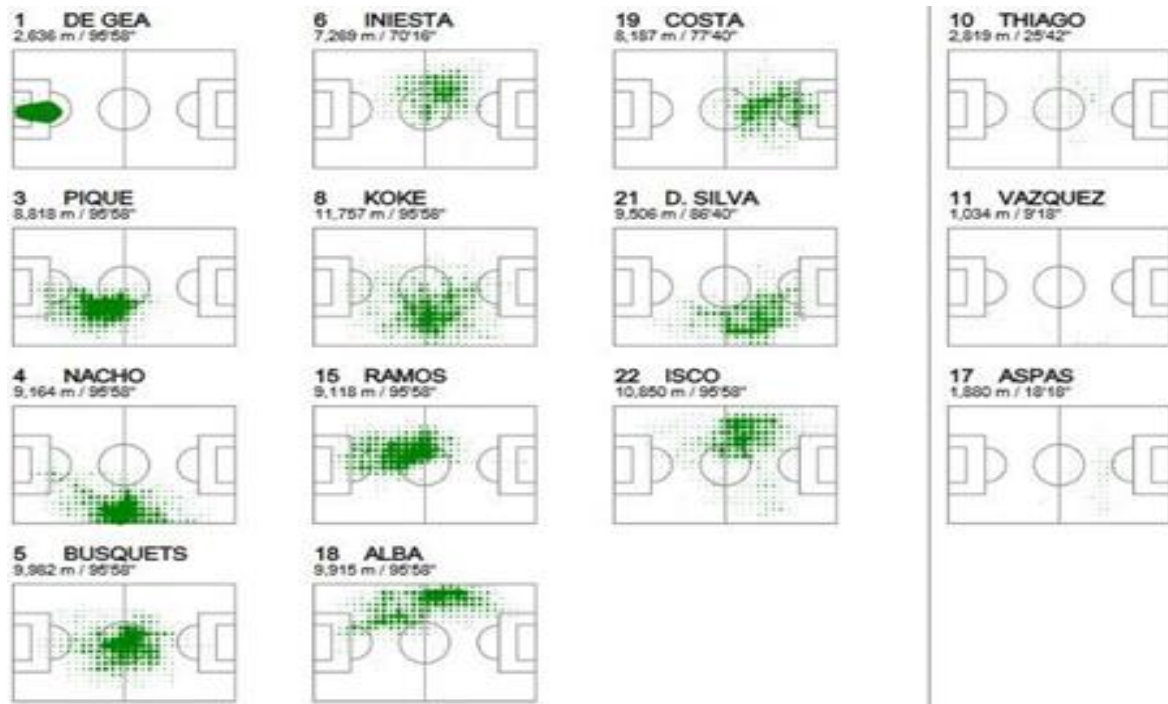
Módulo 2. Aplicación de la microtecnología para optimizar el rendimiento en los deportes de equipo

La principal idea, tal como expresa el título del módulo, es mostrar el soporte teórico con sus respectivas aplicaciones prácticas, que nos permite optimizar el rendimiento deportivo en los deportes de equipo a través de los avances tecnológicos. El éxito deportivo acostumbra a ser un camino lleno de obstáculos y de dificultades. Así, los diferentes equipos, cuando ganan sus títulos, ya sea un campeonato de la Champions League, un anillo de la NBA o una Copa del Rey en baloncesto, están constituidos por deportistas de alto nivel que ofrecen lo necesario para obtener esos títulos a través de su juego.

La relevancia y el alcance de la tecnología en el deporte actual quedan reflejados claramente, dado el interés que los propios medios de comunicación le otorgan a la tecnología en sus titulares. Por ejemplo, en nuestro país, podemos leer "El Barça recorrió un total de 53398 kilómetros en el año 2017" (Sport, 2017, <https://bit.ly/2xv9spN>), "Dembelé voló en una galopada a 28,6 km/h, triple regate y asistencia" (LaLiga Santander, 2018, <https://bit.ly/2RFSnR8>), "Busquets el que más kilómetros recorrió y Neymar el tercero" (Solé, 2015, <https://bit.ly/3ejLoXD>) y "El Madrid no tiene gas, corrió 11,6 km menos que el Tottenham" (De la Riva, 2017, <https://bit.ly/2KhS5eQ>).

Así, nos encontramos con que tanto los sistemas de videocámaras como las unidades de medición inercial (IMU) y los sistemas basados en el posicionamiento, han revolucionado el mundo del deporte, tanto para los que trabajan en él (jugadores, entrenadores, preparadores físicos) como para los medios de comunicación y, claro, para los espectadores o lectores.

Figura 1: Distancia recorrida por la selección española de fútbol



Fuente: diario MARCA mundial de Rusia.

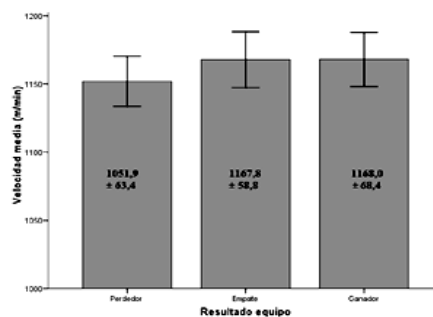
La figura 1 ofrece información de la selección española de fútbol que disputó la Copa Mundial de Fútbol de 2018 en Rusia. Entre otros datos, se observa que un jugador (Koke) recorrió 11,7 km durante uno de los partidos disputados. Además, aparecen las diferentes zonas por las que más se movieron cada uno de los jugadores que participaron en ese partido (mapa de calor). Vemos, por ejemplo, la gran diferencia que existe entre el portero y un delantero o incluso entre un centrocampista y un lateral.

En los diferentes deportes, ya sea baloncesto, fútbol, balonmano, se están utilizando este tipo de dispositivos: sistemas que utilizan tanto IMU, como de posicionamiento, ya sea global o local.

El objetivo fundamental de la mayoría de los equipos, como por ejemplo el FC Barcelona, es ganar títulos, es decir, alcanzar el máximo rendimiento deportivo. Entonces, ¿de qué manera nos pueden ayudar estos dispositivos en este objetivo? ¿Podemos asegurar que el equipo que más corre es el equipo que gana? Veamos un ejemplo muy claro. Cuando los equipos pierden, se dice que los jugadores no corren, que llegan tarde en cada jugada, y por lo tanto, se concluye que están mal físicamente. Por el contrario, cuando los equipos ganan, la visión cambia radicalmente, y se comenta que los jugadores corren mucho, que llegan antes que los oponentes, y se afirma que están bien físicamente. Sin embargo, desde mi punto de vista, basado sobre toda la información disponible en la literatura científica y en la propia experiencia, esto no se corresponde en absoluto con la realidad.

El rendimiento en un partido depende de múltiples factores, como pueden ser el modelo táctico, jugar de local o de visitante, el momento de la temporada en el que se disputa el encuentro, el resultado durante el partido y el adversario al que te enfrentas. En primer lugar, podemos ver la publicación de Casamichana y Castellano (2014) basada sobre las demandas físicas y los resultados obtenidos durante los diferentes partidos que se disputaron en el Mundial de Sudáfrica, en el que la selección española se proclamó flamante campeona. En la figura 2 observamos que no había diferencias respecto de la distancia recorrida entre los equipos que perdían, los equipos que empataban y los equipos que ganaban; esto quiere decir que la distancia recorrida no condicionaba el resultado.

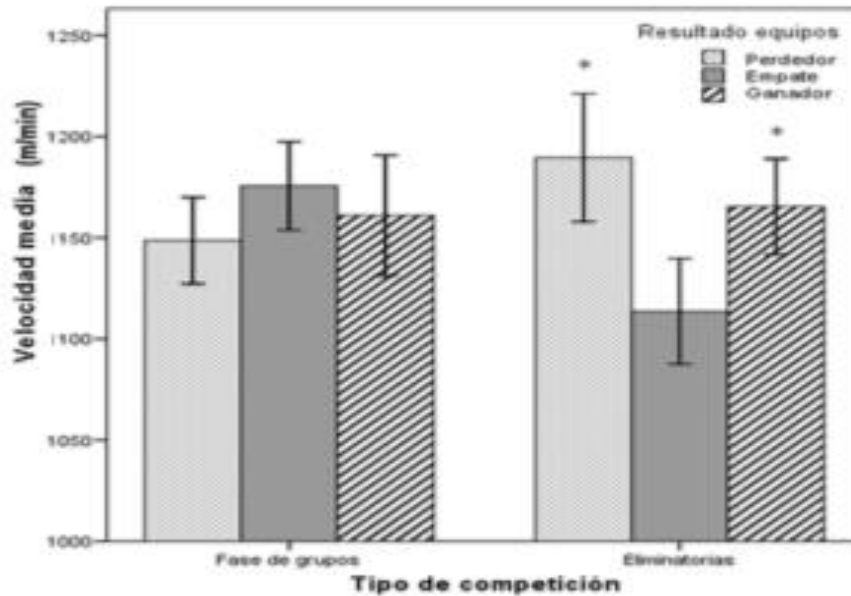
Figura 2: Velocidad media de los desplazamientos realizados por las selecciones que ganaron, que empataron y que perdieron en el Mundial de Sudáfrica 2010



Fuente: Casamichana, 2014, p. 610

Y si observamos la figura 3, encontramos que en la fase de eliminatorias aparecen diferencias a favor de los equipos perdedores, es decir, los equipos que perdían eran los que más corrían.

Figura 3: Velocidad media de los desplazamientos realizados por las selecciones en función de la diferente fase de la competición en el Mundial de Sudáfrica'10



Fuente: Casamichana, 2014, p. 611

El estudio mencionado ha sido ratificado muy recientemente por una publicación muy interesante, realizada con todos los equipos de fútbol de la liga española, tanto de la Primera División como de la Segunda División (Gomez-Piqueras, Gonzalez-Villora, Castellano, y Teoldo, 2019). Los autores analizaron las demandas físicas mediante tres variables: distancia total, distancia de alta velocidad y distancia de muy alta velocidad; y, a su vez, las dividieron en dos categorías: una categoría que incluía a los equipos posicionados en la parte alta de la clasificación y otra categoría de los equipos que se encontraban en la parte baja de la clasificación.

Figura 4: Valores de variables físicas de los equipos de la mitad superior e inferior de la clasificación

Physical variables	Upper half of classification	Lower half of classification	p	ES
				Cohen D
First Division				
TD	108,823±2,653 m	109,924±1,866 m	0.29	0.48
DHI	2,987±199 m	3,049±126 m	0.42	0.00
DVHI	2,853±192 m	2,885±139 m	0.67	0.00
Second Division				
TD	107,744±1,970 m	108,625±1,788 m	0.28	0.46
DHI	2,839±175 m	2,799±139 m	0.55	0.00
DVHI	2,656±273 m	2,569±187 m	0.38	0.00

TD: Total distance; DHI: Distance to high intensity (21-24 km/h); DVHI: Distance to very high intensity (>24 km/h)

Fuente: Gomez-Piqueras, 2019. p. 5

Se pudo observar que en la Primera División los equipos clasificados en la parte alta corrían 108,823 metros. Por otro lado, los equipos que estaban en la parte baja corrían un poco más, concretamente 109,924 metros.

En cuanto a la distancia de alta intensidad, los equipos de la parte alta de la clasificación corrían 2,987 m, mientras que los otros equipos estaban en 3,049 m. Nuevamente, los equipos de la parte baja de la clasificación recorrían más distancia a alta intensidad que los equipos de la parte de la parte alta. En cuanto a la distancia de muy alta intensidad, se aprecia el mismo fenómeno: 2,853 m recorridos por los mejores equipos, en comparación con 2,885 m alcanzados por los peores clasificados en la tabla. Esto supone que, aunque la diferencia no fuera significativa, los equipos peor clasificados realizaban un mayor esfuerzo que los mejor clasificados en la Primera División.

En la Segunda División, el patrón era el mismo. No había ningún tipo de diferencia significativa entre los equipos de la parte alta de la clasificación y los de la parte baja.

Esta publicación no se conformaba con esto y fue más allá, puesto que relaciona las demandas físicas con las variables que ellos denominaban "de éxito": la clasificación final, los puntos que llevaban en la clasificación, los goles a favor y los goles en contra del equipo. En ningún caso aparecían diferencias significativas para los equipos ni de la Primera ni de la Segunda División. No se establecía ninguna correlación entre las demandas físicas y las variables de éxito.

Volviendo a los medios de comunicación, el diario El País, uno de los diarios más importantes de España, publicaba: "Atención hincha, no pidas a tu equipo que corra si quieres que gane" (Martín, 2019, <https://bit.ly/2yToQN4>) (figura 5).

Figura 5: Nota del diario El País



Fuente: Martín, 2019, <https://bit.ly/2yToQN4>

Es discutible si este titular es un tanto provocativo o no; sin embargo, podemos profundizar en él para comprender la relación entre las prestaciones físicas y el éxito deportivo en los deportes de equipo. El artículo muestra una investigación centrada en el fútbol. Los resultados de dicha investigación indican que las victorias en los partidos de fútbol no se alcanzan corriendo más que el rival. De hecho, el equipo que más metros recorría acostumbraba a perder. Esto no es nada nuevo para nosotros, porque lo hemos apuntado anteriormente aportando dos publicaciones que concluyen en esa misma línea. Sumado a esto, el tiempo de posesión de la pelota tampoco aparecía como determinante, puesto que solo incidía un 5 % en el resultado final. Centrarse más veces al área o presionar mejor en campo contrario tampoco garantizan ganar. Así, los investigadores y analistas de clubes y de LaLiga, participantes en el estudio, han establecido una serie de métricas avanzadas, mediante las cuales son capaces de dibujar con precisión por qué un equipo se va al vestuario luego de sufrir una derrota o, por el contrario, luego de disfrutar de una victoria.

Hasta hace no mucho tiempo, los investigadores del deporte se centraban fundamentalmente en analizar los aspectos fisiológicos, es decir, en cómo se comportaban variables como la frecuencia cardíaca, el lactato o el gasto energético durante los partidos. Hoy en día, con miles de métricas que reflejan las demandas físicas, se ha podido desarrollar una aproximación científica que va más allá de este aspecto meramente fisiológico. La compañía Media Coach trató de hallar la manera de cuantificar el valor real de las estrategias, buscó un ADN táctico de los equipos mediante los datos que se obtenían en el análisis. Esto consistía en objetivar en términos cuantitativos, es decir, cuantificar el modelo de juego y descubrir la eficacia que se obtiene a partir de la mejor aplicación de cada uno de ellos. Uno de los datos que ofrecía este análisis publicado en el diario fue la distancia que los equipos recorrían de media, la cual resultó ser de 109 km. El equipo peor clasificado corría 112 km, mientras que el mejor clasificado, que en aquel momento era el Barcelona, recorría tan solo 103 km; había hasta 9 km de diferencia entre el primer clasificado y el último. Pero ¿qué pasaba con la posesión del balón? El número de la media de pases en la media de los equipos era catorce. El peor equipo tan solo hacía diez pases, y el mejor equipo, nuevamente el Barcelona, el número de pases era dieciocho.

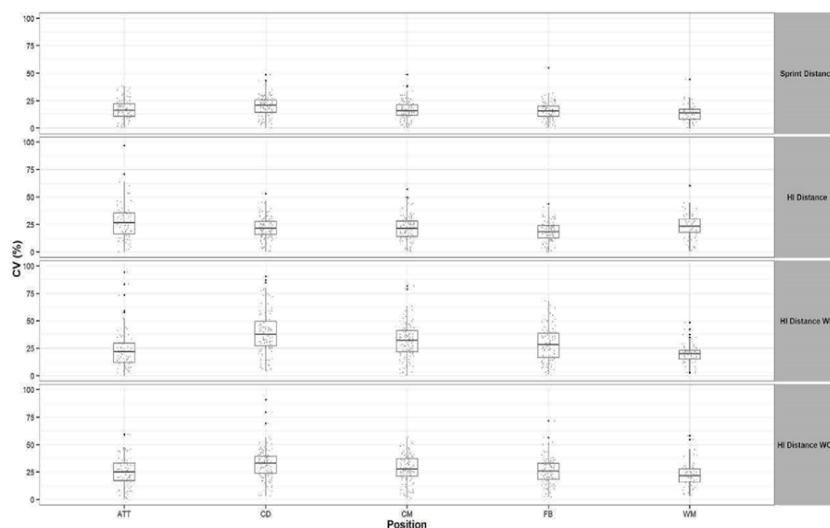
Y si seguimos analizando, ¿existe alguna relación entre lo que corremos y lo que corre nuestro rival? La respuesta es sí. Es claro que lo que nosotros corremos está condicionado, en cierta medida, por lo que corre nuestro rival.

Podemos afirmar que durante un corto periodo de tiempo, el estado de forma de cada jugador se mantiene con ligeras fluctuaciones en condiciones normales, es decir, sin haber soportado ningún esfuerzo excesivo por encima del nivel de carga entrenante, y por lo tanto, sin un nivel de fatiga muy alejado de lo habitual. Así, la velocidad máxima de un deportista va a ser igual o muy parecida hoy, mañana, en tres días y en una semana, de la misma forma que ocurrirá con el consumo máximo de oxígeno, que se mantendrá en niveles muy parecidos a corto plazo. Sin embargo, la literatura científica nos permite objetivar que la distancia de alta intensidad que se recorre en diferentes partidos de fútbol de élite disputados en un corto espacio de tiempo puede diferir hasta en un 30 %. Esto quiere decir que el coeficiente de variación en la distancia de alta intensidad recorrida entre diferentes partidos puede ser del 30 %. ¿Qué significa esto? Significa que no hay una relación importante entre el estado físico o la estructura condicional del jugador y esta variable de rendimiento (demanda física) que se produce en la propia competición.

En baloncesto también podemos afirmar que la distancia de alta intensidad recorrida en diferentes partidos puede diferir notablemente (datos no publicados). Se observaron coeficientes de variación altos (cerca del 30 %), lo que nos demuestra que podríamos estar hablando del mismo comportamiento en ambos deportes. Por lo tanto, atención a relacionar de forma directa y aligera el rendimiento deportivo medido a través de las demandas físicas y el estado de forma del equipo y de los jugadores en la competición.

Por otro lado, una publicación realizada nuevamente en la Premier League analizó nada más y nada menos que 451 partidos en el periodo de tiempo que va del año 2005 al 2013.

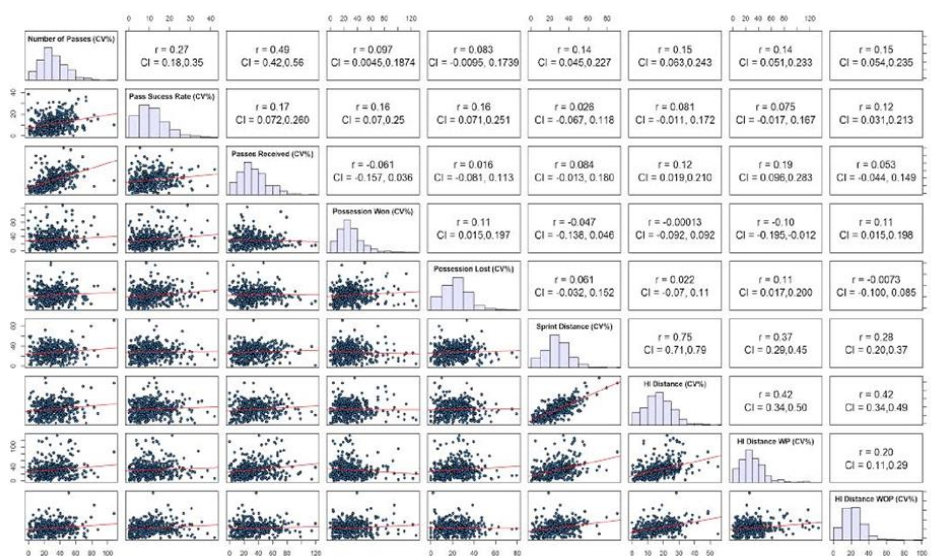
Figura 6: Coeficiente de variación en parámetros de rendimiento físico según las posiciones de juego de los jugadores



Fuente: Bush, Archer, Hogg y Bradley, 2015, p. 867.

¿Qué investigaron sus autores? Estudiaron la relación que se establecía entre las demandas físicas y las variables técnicas producidas y observaron que los coeficientes de variación que se producían en los partidos alcanzaban entre un 20 % y un 30 % –tal como ya hemos comentado y justificado con otras publicaciones, en la variable de Sprint o en las variables de distancia de alta intensidad–. Por otro lado, analizaron, por ejemplo, el número total de pases, el número de pases con éxito, el número de ataques con enfrentamientos directos de uno contra uno, y hallaron nuevamente coeficientes de variación altos. Los parámetros técnicos variaban todavía más que las demandas físicas. Las defensas, por su parte, mostraban porcentajes de coeficiente de variación más altos para las variables técnicas ofensivas, y ocurría lo contrario para los atacantes que ofrecían coeficientes de variación más altos para las variables técnicas defensivas. No se halló una correlación lineal entre las demandas físicas y las demandas técnicas estudiadas.

Figura 7: Matriz de correlación entre coeficientes de variación físicos y técnicos



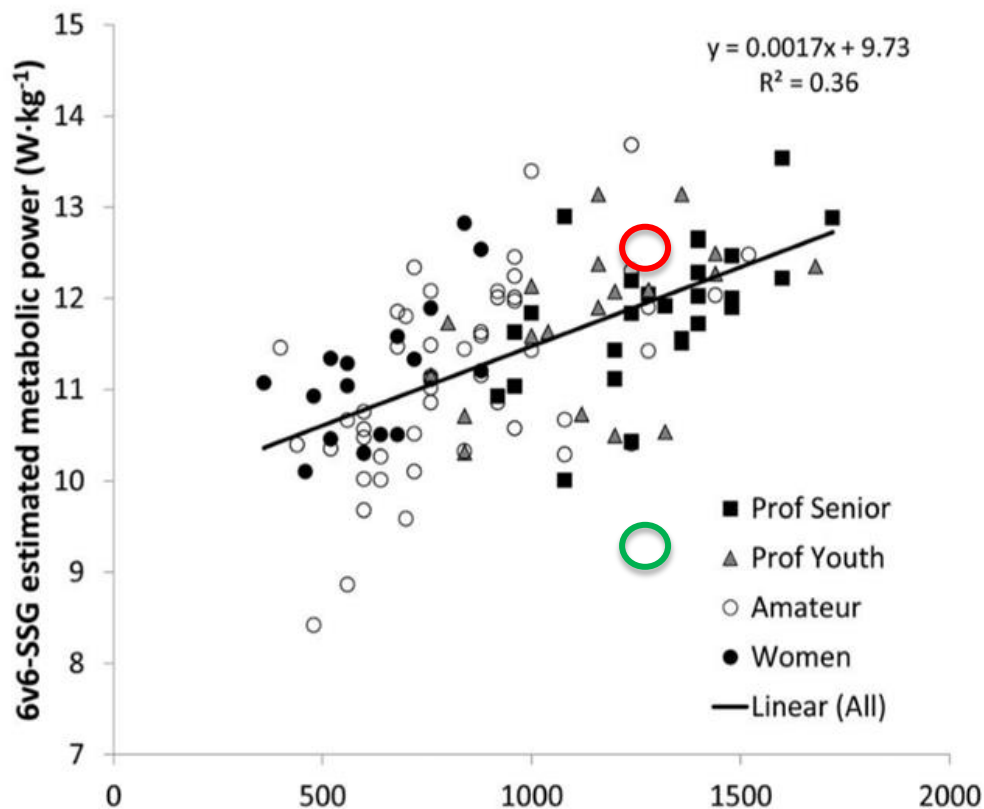
Fuente: Bush, et al., 2015, p. 870

De esta forma, pudimos concluir que las demandas físicas y técnicas en los partidos valorados son variables que se modifican según el contexto. Nuevamente volvemos a hablar de la influencia de los factores contextuales en los deportes colectivos.

Existen otros aspectos estudiados en la literatura científica, que también pueden tener aplicaciones prácticas. En fútbol se estudió la realización de una tarea de juego reducido, en la que se enfrentaban seis jugadores contra seis, y se establecía la relación que podía existir con el acondicionamiento físico de los jugadores que

realizaban esa tarea (Stevens, De Ruiter, Beek y Savelsberghet, 2016). Todos estos jugadores realizaron una prueba de resistencia a través del test Yo-Yo intermitente. A partir del resultado de ese test, se estableció la correlación con la potencia metabólica (demanda física obtenida mediante los dispositivos de microtecnología) y se calculó su correlación. Todo esto se aplicó en mujeres, hombres jóvenes y jugadores seniors de fútbol.

Figura 8: Scatter-plot entre la estimación de la potencia metabólica en un juego reducido seis vs. seis y la distancia en el test Yo-Yo de recuperación intermitente nivel dos



Fuente: adaptación propia sobre la base de Stevens, et al., 2016, p. 530

Se distingue cómo, ante un mismo resultado en el test Yo-Yo, dos jugadores presentan demandas de potencia metabólica muy diferentes en la tarea de seis contra seis (tal como se observa en la figura 8, círculos rojo y verde). Es evidente que el esfuerzo que realizaban estos dos jugadores en la tarea de juego reducido propuesta no estaba relacionado con su nivel de resistencia mostrado en el test Yo-Yo intermitente.

Entonces, podemos destacar que ni la competición ni la realización de tareas de juego reducido son útiles como test de evaluación del rendimiento físico o, habitualmente mal llamado, "estado de forma

del jugador". Resulta imposible determinar el estado físico de nuestros jugadores mediante la observación o el conocimiento de su rendimiento en condiciones de juego, ya sean estas de entrenamiento o partido. Por lo tanto, es fundamental desmitificar la afirmación de que estamos mal físicamente si valoramos únicamente los resultados de las demandas físicas que obtenemos en los partidos.

Por el contrario, es importante tener en cuenta todos los factores contextuales que pueden influir de forma directa, en mayor o menor proporción, en las demandas físicas que se requieren en un partido. Así, debemos explicar muy bien a los entrenadores que, a través de los avances tecnológicos, disponemos de una valiosa información para entender adecuadamente la relación entre el estado físico o forma y el rendimiento físico o el resultado en un partido determinado. Este punto puede ayudarnos de forma importante en nuestro desempeño como preparadores físicos.

Otro aporte lo proporcionó una publicación de Martin Buchheit. Buccheit analizó el rendimiento de carrera en fútbol y el resultado que se producía durante un partido; midió la distancia que se corría a más de 14 km/h durante un partido e identificó dos grupos. Analizó, por un lado, la distancia recorrida cinco minutos antes de que se produjera un gol, y por el otro, la distancia recorrida cinco minutos después de que se produjera un gol. Para ello, utilizó diferentes categorías: cuando un equipo concedía un gol e iba perdiendo, cuando marcaba e iba perdiendo, cuando concedía un gol e iba empatando, cuando conseguía un gol e iba empatando, cuando concedía un gol e iba ganando y cuando marcaba e iba ganando.

Y ¿qué se pudo concluir? Dado que los resultados mostraban que no había diferencias entre la distancia recorrida en esos cinco minutos previos a conseguir un gol y la distancia recorrida en el resto del partido –salvo los momentos cuando el equipo empataba; entonces se apreciaba una distancia recorrida ligeramente mayor,– se concluyó que la distancia no parece ser un predictor del éxito en fútbol, al menos en este estudio. La razón es que prácticamente no había diferencia en la distancia recorrida. Se analizó también la distancia recorrida durante los cinco minutos posteriores a que se produjera un gol y se los comparó con la distancia media que se había corrido durante el resto del tiempo del partido. Nuevamente aparecían diferencias en la distancia que se corría prácticamente en todas las categorías que hemos mencionado anteriormente. Y es posible que después de conceder o conseguir un gol, los equipos trataban de reorganizarse y de mantener la posesión, es decir, corrían menos una vez conseguido o recibido un gol. Por último, otro aspecto que señala este artículo es que, cuanto mayor era la diferencia de goles en el marcador, tanto menor era la distancia que

se recorría. Esto quiere decir que ante marcadores amplios los equipos tendían a correr menos.

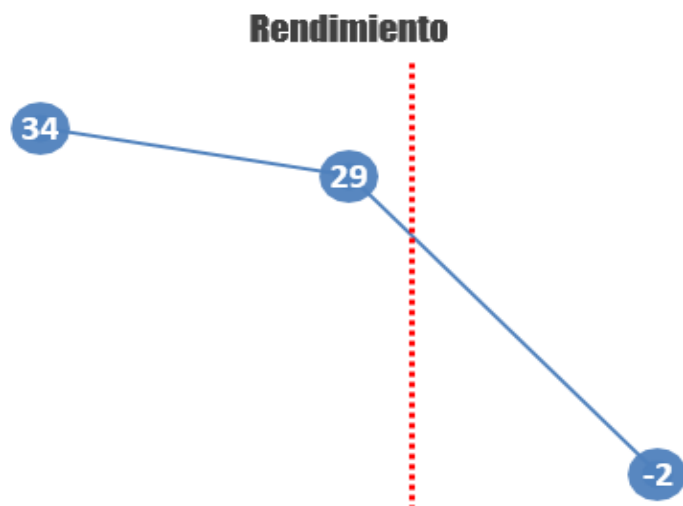
Y si nos basamos sobre los datos aportados por Casamichana y Castellano (2014), que compararon la distancia recorrida por todos los equipos de la liga española de fútbol cuando tenían posesión del balón y la distancia cuando no tenían posesión, podemos confirmar lo que indicaban los autores: "Dime cuánto corres y te diré cómo juegas con el balón en juego" (Casamichana y Castellano, 2014, <https://bit.ly/2Vrk55b>). Todos estos datos nos permiten ver que el FC Barcelona, que era el equipo ganador de esa liga, era el que más se diferenciaba del resto de equipos en la distancia recorrida, tanto cuando tenía posesión como cuando no disponía del balón. Además, los autores mostraron la desviación estándar de los resultados analizados e intentaron responder a "dime cuánto de diferente corren los jugadores y te diré cómo juegan" (Casamichana y Castellano, 2014, <https://bit.ly/2Vrk55b>).

Ahora veamos el ejemplo de un jugador. Analizaremos datos como, por ejemplo, los minutos que este jugaba en diferentes partidos, los puntos que conseguía, los porcentajes y la valoración. Establecimos dos fases, una en la que su rendimiento era alto y otra en la que su rendimiento era bajo.

Durante la primera fase, la prensa comunicaba que este jugador estaba rindiendo a un nivel muy alto y que estaba cumpliendo con creces las expectativas de su fichaje. Luego de un tiempo, este jugador disminuyó su rendimiento de forma evidente. Ante más o menos la misma media de minutos disputados, reducía su valoración y el número de puntos en algunos de los partidos correspondientes a otra fase de la misma temporada. En esta segunda fase, los titulares de la prensa comunicaban que el jugador estaba mal físicamente.

Pues bien, analizamos todos los entrenamientos del jugador registrados mediante microtecnología en ambas fases. No se apreciaban diferencias entre las dos fases comparadas para ninguna de las variables que analizábamos, ni en la distancia analizada, ni en las acciones de alta intensidad, ni en la velocidad máxima, ni en la aceleración máxima de este jugador. No se hallaron diferencias en las demandas físicas que este jugador realizaba en los entrenamientos durante las dos fases; sin embargo, sí se apreciaban cambios en su rendimiento en el partido (figura 9).

Figura 9: Rendimiento del jugador de baloncesto, utilizando las estadísticas oficiales



Fuente: elaboración propia.

Abordamos a continuación otro de los tópicos recurrentes relacionados con el rendimiento en competición en los deportes colectivos: la fatiga. En este sentido, Paul, Bradley y Nassis (2015) realizaron un estudio en la Premier League, donde compararon el rendimiento expresado mediante las demandas físicas (distancia recorrida) durante partidos. Los autores analizaron si la fatiga, que ha sido señalada en diferentes artículos como posible causante de la disminución de las demandas físicas entre la primera y la segunda parte de un partido de fútbol o entre el primer y el último periodo en baloncesto, y asociada con la reducción de la distancia recorrida entre las dos partes en fútbol, es la causante de esta reducción, debido a factores fisiológicos.

Los autores plantearon diferentes cuestiones: ¿la fatiga mental puede tener algo que ver con una disminución en la distancia recorrida? ¿Las estrategias de ritmo que, consciente o inconscientemente, pueden establecer los jugadores por diferentes motivos durante el partido pueden tener algo que ver? ¿Las consignas que el entrenador da a los jugadores y al equipo pueden también tener algo que ver?

Seguramente, la combinación de los diferentes conceptos que aparecen anteriormente puede explicar mejor por qué se producen esas variaciones en los partidos. Por lo tanto, debemos modificar la forma de estudiar la fatiga en los deportes de situación. Debemos pasar de un análisis reduccionista, llevado a cabo mediante un prisma de una sola dimensión, a uno más comprensivo, analizando diferentes factores a la vez, a través de un prisma con diferentes dimensiones. De esta manera podremos entender lo que ocurre y corroborar si efectivamente hay o no fatiga.

En esta misma línea, otra publicación (Ryan, Coutts, Hocking, y Kempton, 2017), en el fútbol australiano, muestra también un análisis de cómo se modificaba la distancia que se producía en diferentes partidos de este deporte. Así, estos autores observaron que esta distancia era, en parte, influenciada por variables como jugar de local o visitante, el momento de la temporada, el resultado del partido y el adversario. Los autores concluyeron que los partidos ganados con más rotaciones de jugadores y contra un rival más fuerte se convirtieron en aumentos pequeños o moderados en la distancia total relativa, y que durante la temporada, en comparación con la pretemporada, se produjo un mayor número de interrupciones en los partidos. Además, llegaron a la conclusión de que los partidos fuera de casa resultaron ser reducciones pequeñas o moderadas en la distancia total relativa recorrida.

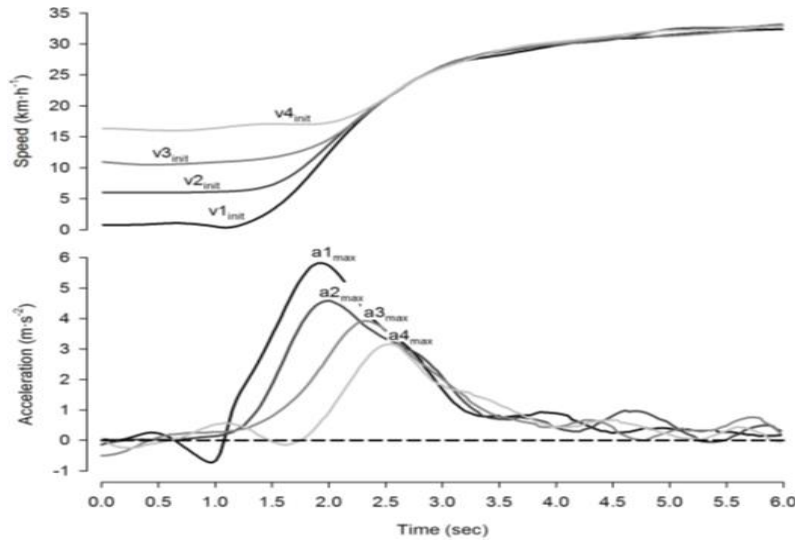
Entonces, ¿la preparación física es importante? Intentaremos responder esta pregunta.

Zidane, en su primera etapa como primer entrenador del Real Madrid, comentaba en una de sus primeras entrevistas: "Tenemos que mejorar en el aspecto físico" (Medina, 2016, <https://bit.ly/3baFpCr>). Posteriormente, en los medios de comunicación se pudieron ver imágenes de su preparador físico haciendo carreras con el equipo alrededor del campo y ejercicios dirigidos al entrenamiento del llamado "core". De esta forma, intentaban apoyar el comentario de Zidane en relación con la necesidad de mejorar el físico del equipo. Si seguimos analizando datos relacionados con la preparación física, tanto Leo Messi como Cristiano Ronaldo aparecen dentro de una clasificación de los diez jugadores más rápidos. En esa clasificación, también aparecen jugadores como Robben o Bale. Como podemos ver, algunos de los mejores jugadores del mundo sí que tienen al menos algunas capacidades condicionales altas.

Otro ejemplo muestra una comparación entre uno de los velocistas más importantes de todos los tiempos, Asafa Powell, y Leo Messi corriendo cinco metros. La potencia que generó Asafa Powell fue de 476 W, mientras que Leo Messi consiguió 378 W. Sin embargo cuando se relativizó al peso corporal, la potencia que alcanzaba Leo Messi en esos cinco primeros metros era de 5,56 W, en comparación con los 5,41 W de Asafa Powell. Esto demuestra la gran capacidad de aceleración de Leo Messi. Es importante que distingamos también que se pueda acelerar en diferentes situaciones. Podemos acelerar partiendo desde cero o, tal como vemos en la figura 10 y en la tabla 1, analizando aceleraciones desde 6 km/h, desde unos 11 km/h o desde unos 16 km/h, ¿cuál va a ser la aceleración más elevada? La aceleración con la mayor magnitud se va a producir, por supuesto, cuando partimos de cero. Sin embargo, a medida que aumentamos la velocidad aumenta la dificultad para acelerar. No obstante, el gasto

metabólico es más grande cuando aceleramos durante la fase de carrera. Este es un dato que debemos tener en cuenta cuando analicemos las demandas físicas de los jugadores.

Figura 10: Curvas de velocidad (arriba) y aceleración (debajo) de un deportista



Fuente: Sonderegger, et al., 2016, p. 4

Tabla 1: Velocidades y aceleraciones obtenidas desde distintas velocidades de partida

Table 1. Achieved maximal voluntary acceleration and maximal running speed out of four different initial movement speeds.

v_{init} (km·h ⁻¹)	a_{max} (m·s ⁻²)	v_{max} (km·h ⁻¹)
Standing	6.01 ± 0.55 (5.88; 6.14)	31.3 ± 1.5 (30.8; 31.5)
Trotting	6.2 ± 0.8 (6.0; 6.4)	31.1 ± 1.4 (30.8; 31.4)
Jogging	11.4 ± 1.3 (11.1; 11.7)	30.7 ± 1.5 (30.4; 31.1)
Running	16.7 ± 1.2 (16.4; 17.0)	30.7 ± 1.5 (30.3; 31.0)

Fuente: Sonderegger, Tschopp y Taube, 2016, p. 5

Por lo tanto, a partir de la evidencia mostrada en esta publicación, podemos concluir que se producen aceleraciones de alta intensidad a partir del 75 % de la aceleración máxima de cada jugador, correspondiente a diferentes situaciones:

- a partir de 0 km/h: > 4,51 m/s²;
- a partir de 6km/h: > 3,25 m/s²;
- a partir de 10,8 km/h: > 2,40 m/s²; y
- a partir de 15 km/h: > 1,72 m/s².

El uso del porcentaje de aceleración evita el sesgo de sobreestimar o subestimar las aceleraciones que inician con carrera inicial lenta o rápida. Además, este porcentaje nos permite establecer umbrales de intensidad que individualizan este aspecto.

En datos propios no publicados, analizados en tareas de baloncesto, podemos indicar cómo, según las zonas de velocidades establecidas de 0 km/h a 1 km/h, de 1 km/h a 6 km/h, de 6 km/h a 12 km/h, de 12 km/h a 18 km/h, de 18 km/h a 21 km/h, de 21 km/h a 24 km/h y más de 24 km/h, el mayor número de las aceleraciones de alta intensidad se producían cuando los jugadores partían de 0 km/h. Cuando pasábamos de 21 km/h, no encontrábamos ninguna aceleración, ni de baja ni de alta intensidad. Lo contrario ocurría cuando analizábamos las aceleraciones negativas (desaceleraciones). En las zonas en las que la velocidad era mayor que 21km/h, se encontraba el mayor porcentaje de desaceleraciones de alta intensidad. Podemos observar en la figura 11 los datos de un jugador durante un partido de baloncesto. La línea blanca va fluctuando y muestra la velocidad del jugador, y las zonas sombreadas muestran los momentos en los que se producen aceleraciones. Las líneas rojas corresponden a los umbrales de aceleración de este jugador durante el partido a 3 m/s² y - 3 m/s².

Figura 11: Descripción gráfica en vivo de velocidad y aceleración de un jugador de baloncesto



Fuente: elaboración propia en base a RealTrack Systems.

Si analizamos la mayoría de las acciones que realiza Leo Messi, veremos que su capacidad de acelerar y desacelerar con el balón es muy alta. Por lo tanto, podemos afirmar que las capacidades condicionales del jugador y, por lo tanto, la preparación física, son un factor muy importante, y está en nuestras manos ayudar a nuestros jugadores, complementar todo el trabajo técnico y táctico con el entrenamiento de la estructura condicional para intentar optimizar su juego.

No caben dudas de que la preparación física es importante, pero tenemos que diferenciar entre diversas variables, es decir, entre cantidad y calidad. Además, no olvidemos que hay variables, como el volumen, que estarán relacionadas con la cantidad y que puede que tengan un menor peso, tal como ya hemos visto y analizado, por ejemplo, en el estudio del Mundial de Sudáfrica, en el que no había diferencias en la distancia que se recorría entre ganadores, perdedores o los que empataban. La intensidad, por su parte, estaría relacionada con la calidad.

Así, cuando repasamos los manuales de la teoría del entrenamiento, vemos que todos estos hablan de intensidad y de volumen. Esto lo podemos relacionar con las variables que se puede obtener mediante la utilización de los dispositivos WIMU, con aspectos neuromusculares relacionados con el sprint o con las aceleraciones y desaceleraciones mayores de 2 m/s^2 o 3 m/s^2 . Y el volumen lo podríamos relacionar con otras variables que también proporcionan estos dispositivos, como la distancia.

Es muy importante saber que en muchas de las publicaciones mencionadas en este curso aparecen correlaciones siempre lineales, pero debemos tener cuidado con estas, porque en nos pueden ayudar, pero en ciertas ocasiones pueden dificultar la comprensión de la realidad tal como es. Por lo tanto, tenemos que ser capaces de realizar un análisis con métodos diferentes que no solo sean lineales. Para ello, podemos servirnos de los sistemas dinámicos complejos, que pueden ayudarnos a analizar y entender mejor lo que sucede en el rendimiento en los deportes de equipo. Mi propuesta es evitar el análisis de forma analítica, de las demandas físicas que obtenemos en los entrenamientos. Sin embargo, esto no es una tarea fácil. Así, por ejemplo, el diario El País nuevamente vuelve a mostrar quién es el mejor pasador, quién es el que más balones recupera por cada uno que pierde y quién da más pases cerca del área rival durante la competición. Todo esto es lo que nosotros tenemos que tratar de relacionar con lo que sucede con los datos obtenidos mediante la tecnología.

Figura 12: Mejores estadísticas de LaLiga

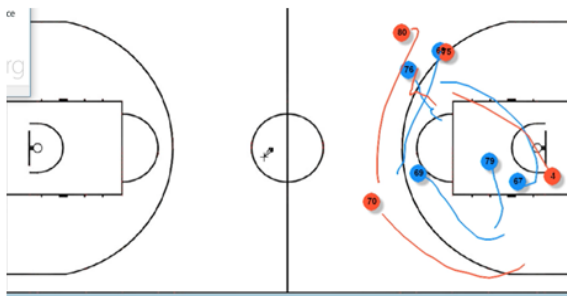
LAS 13 ESTRELLAS MIMADAS POR LA ESTADÍSTICA

Juega a averiguar qué futbolistas han sido los mejores de la primera vuelta. Cada partido de LaLiga Santander genera millones de datos. Todo se graba y se almacena. Del análisis meticuloso que hace el departamento de Mediacoach se extrae qué jugadores tienen mayor incidencia en sus equipos

Fuente: captura de pantalla de El País (<https://bit.ly/2ybPYqu>)

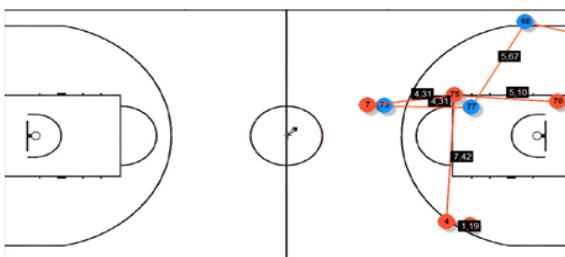
En la figura 13 vemos datos obtenidos mediante LPS. Se observa la representación de diferentes jugadores realizando una tarea en baloncesto y las colas que aparecen en estos jugadores son las trayectorias que han recorrido en los últimos cinco segundos.

Figura 13: Trayectorias realizadas por jugadores de baloncesto durante cinco segundos



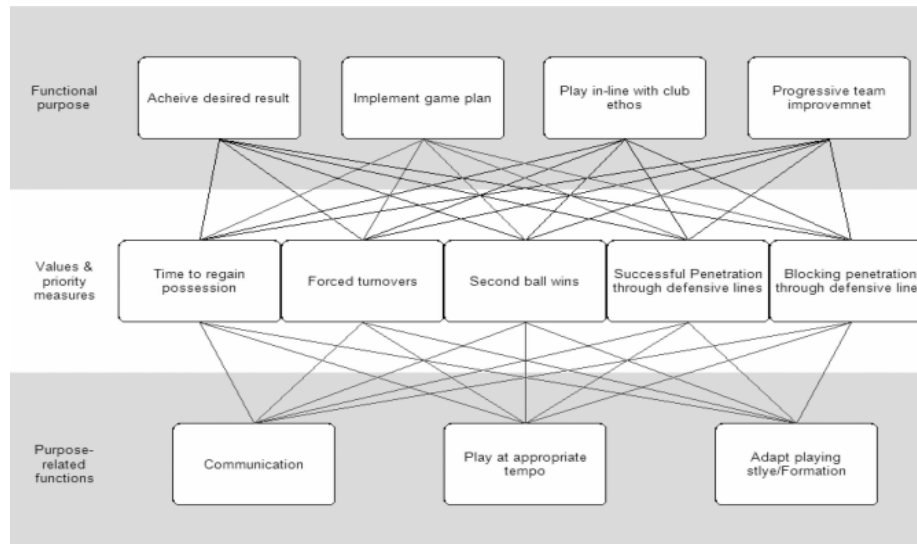
Fuente: elaboración propia

Figura 14: Distancias que se establecen entre cada uno de los jugadores



Fuente: elaboración propia.

Figura 17: Análisis del rendimiento



Fuente: Mc Lean et al., 2017, p.7

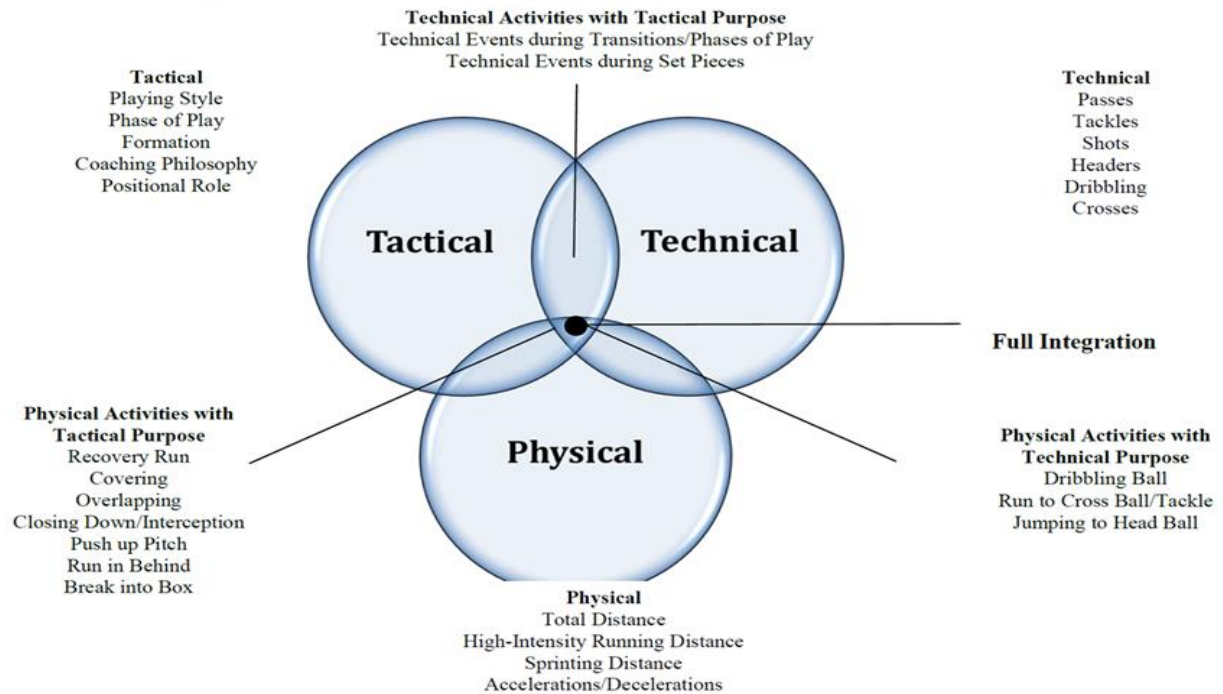
Este diagrama muestra qué es lo primero que debemos saber para analizar y entender lo que ocurre en los partidos. En primer lugar, se deben establecer los objetivos funcionales del sistema, es decir, alcanzar un resultado. En segundo lugar, se deben decidir los criterios necesarios para medir los progresos que se dan en el proceso hacia esos objetivos marcados (entre otros, los goles y la posesión). Posteriormente, se deben establecer las funciones generales del sistema, es decir, lo que ocurre en ataque, en defensa, en transición, etcétera. Además, se deben fijar tanto las capacidades funcionales físicas, (chutar, conducir o correr) como los componentes físicos del sistema (jugadores, pelotas, árbitros, terreno de juego, etcétera). El establecimiento de estos componentes va a generar una descripción detallada del sistema de partido de fútbol. En baloncesto deberíamos cambiar, por ejemplo, los goles por canastas, chutar por lanzar a canasta, y cualquier elemento que consideremos oportuno para el baloncesto, de modo que finalmente el diagrama se adecúe a nuestro deporte colectivo. El resto del modelo nos sirve para entender, analizar e interpretar nuestro rendimiento en el partido.

En esta misma línea, una publicación de Bradley y Ade (2018) determina la relación entre la estructura condicional, la estructura cognitiva o táctica y la estructura coordinativa o técnica (figura 18). Se establecen las diferentes variables tácticas, físicas y técnicas, para luego relacionarlas entre ellas (figura 18). Luego se escoge toda una serie de conceptos, tales como ejecutar una cobertura, un contraataque, momentos cuando había posesión o cuando no la había.

Lo más interesante es el análisis de distancia de alta intensidad recorrida por los jugadores en el contexto establecido previamente,

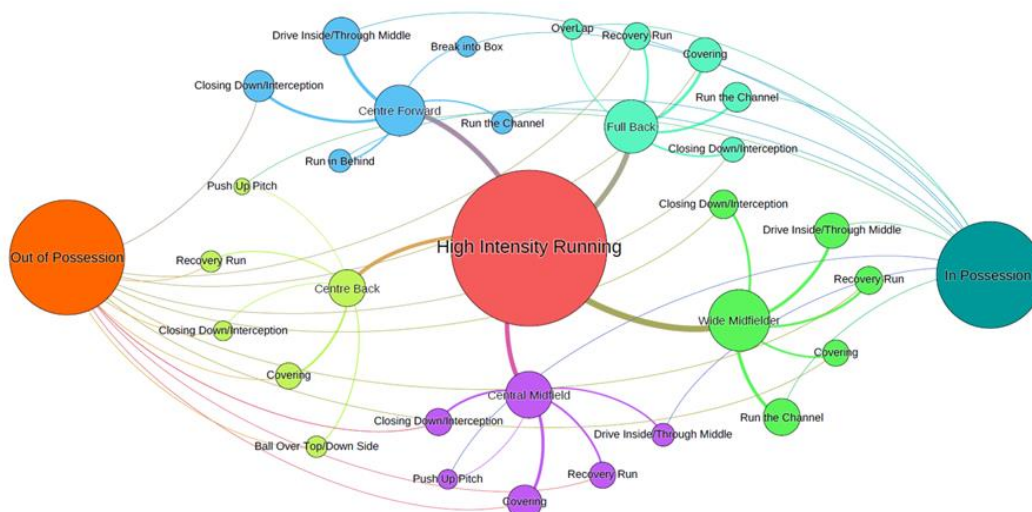
primero por posiciones y mostrando cómo se distribuían esos metros de alta intensidad recorridos en cada una de las tareas seleccionadas previamente (figura 19 y figura 20). En definitiva, cuánto habían corrido en situaciones tales como un contraataque, al realizar una cobertura, entre otras (figura 20).

Figura 18: Relación entre la táctica, la técnica y el componente físico en situaciones de juego



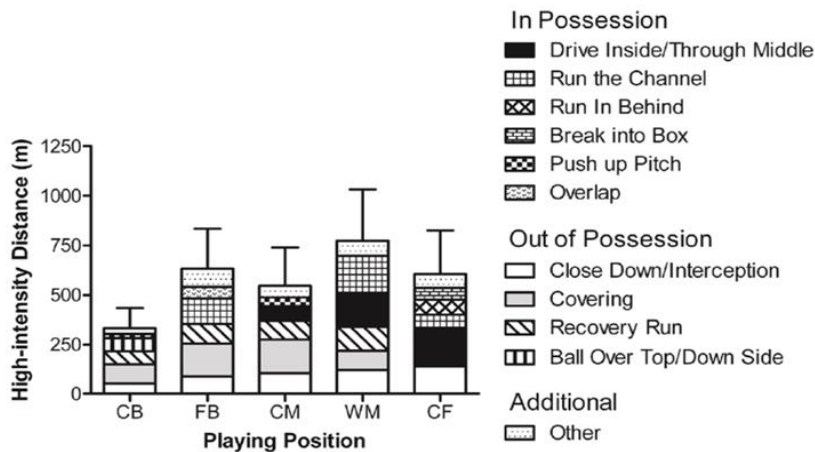
Fuente: Bradley y Ade, 2018.

Figura 19: Aplicación del abordaje integrado a las posiciones específicas del juego en fútbol



Fuente: Bradley y Ade, 2018.

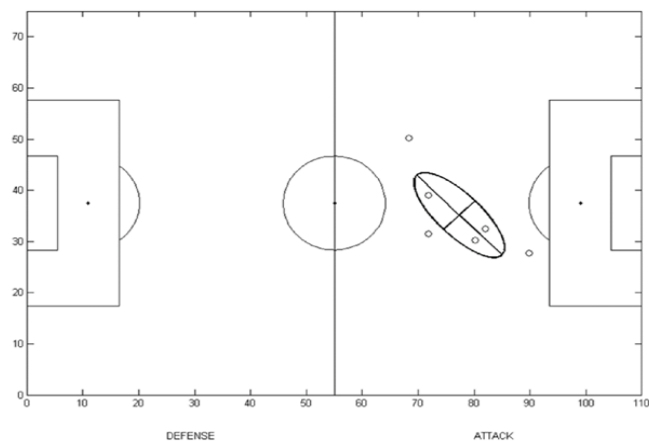
Figura 20: Determinación de las acciones técnico-tácticas ejecutadas durante la carrera a alta intensidad



Fuente: Bradley y Ade, 2018.

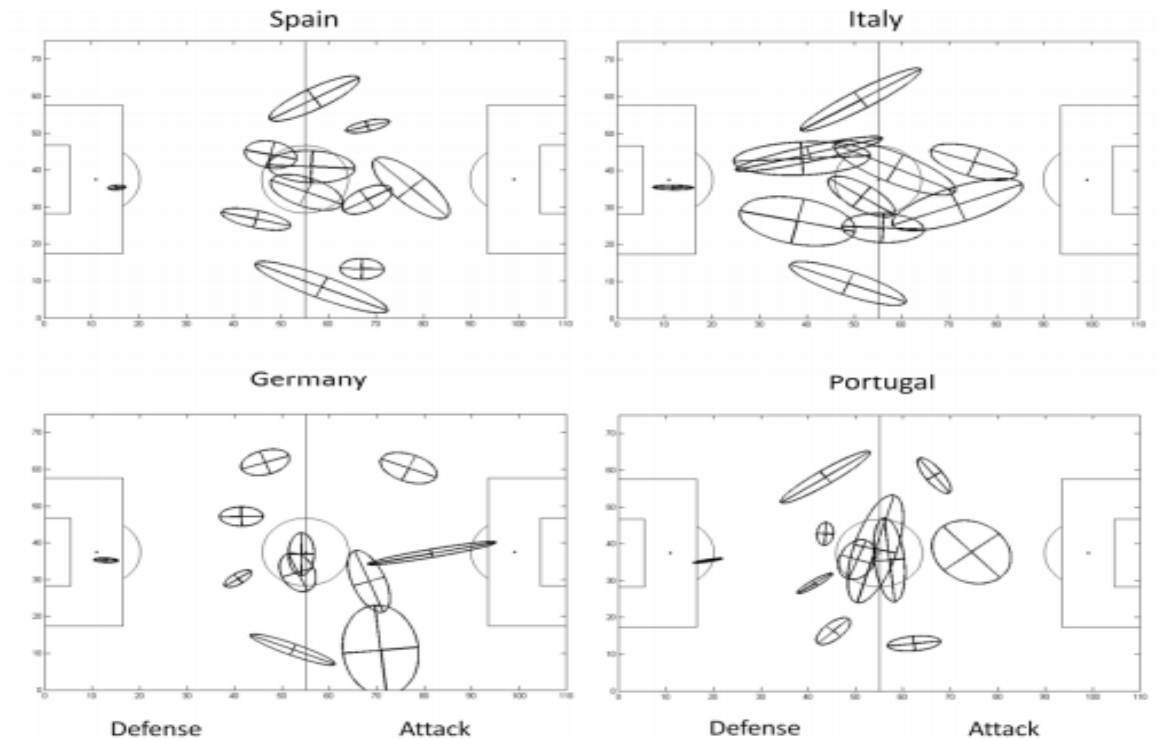
Previamente, hemos utilizado los coeficientes de variación para relacionar el estado de forma, entendido como la cuantificación del rendimiento físico (demandas físicas) con la carga externa (demandas físicas) en partido. Retomemos ese planteamiento abordado, pero ahora desde otra perspectiva. Para ello, hagamos referencia un artículo de Moura, Santana, Vieira, Santiago y Cunha, publicado en el año 2015. Se estudió la posición media de los jugadores en el campo durante seis partidos diferentes disputados en la Eurocopa de fútbol, en la que la selección española se proclamó campeona de Europa en el año 2012. En la figura 21 se pueden observar seis puntos, que corresponden a las medias de los partidos, y el óvalo formado por los dos ejes corresponde a la variabilidad de esa posición media. Para la obtención de estos datos, se realizó un análisis de componentes principales, un análisis estadístico que nos permite obtener este "óvalo", esta variabilidad.

Figura 21: Análisis de componentes principales



Fuente: Moura et al., 2015, <https://bit.ly/2XFnKPP>

Figura 22: Análisis de componentes principales en cuatro equipos durante el Campeonato Europeo de la UEFA 2012



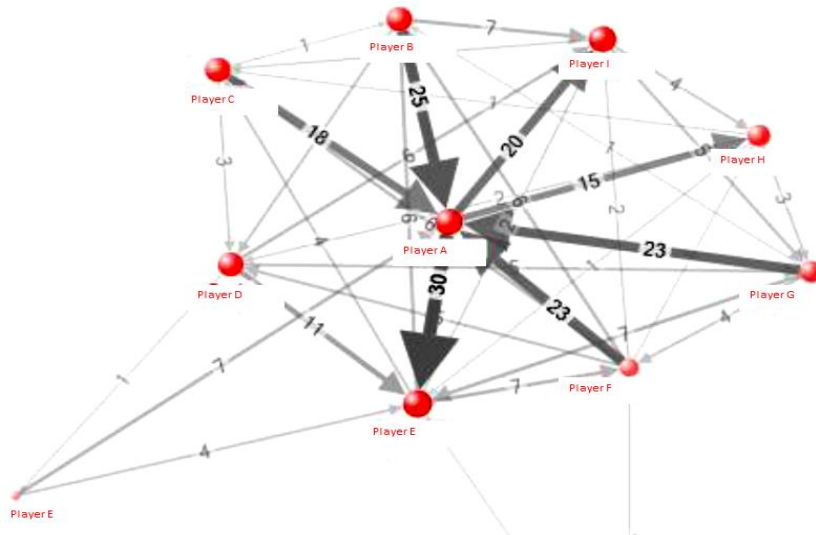
Fuente: Moura et al., 2015, <https://bit.ly/2XFnKPP>

El análisis se realizó para cuatro selecciones nacionales, las de España, Italia, Alemania y Portugal. En la figura 22, se muestra la variabilidad del área por cada una de las posiciones de juego. Los resultados demostraron que la selección de Portugal exhibió la menor variabilidad, seguida por Alemania, España e Italia. El estudio proporciona información importante con respecto a la estrategia táctica de los equipos de fútbol en campeonatos de alto nivel, lo que permite a los entrenadores controlar mejor la organización del equipo en el campo.

Otro medio para analizar e interpretar el juego es el utilizado en este estudio, realizado por un ingeniero de la Universidad Politécnica de Terrassa (Cencerrado, 2014). El autor analizó la final de la Copa del Rey de baloncesto que se produjo entre el FC Barcelona y el Real Madrid en el año 2014. Para ello, determinó la relación que se establecía entre cada uno de los jugadores en función de los pases que realizaban o recibían. De esta manera, el autor obtenía, entre otros datos, la relación de juego a través de los pases entre cada uno de los jugadores del Barça y del Madrid por separado. Esa relación permitía ver claramente, tal como muestra la figura 23, que la relación en el Barcelona estaba notablemente influenciada por la jerarquía entre el base brasileño y el escolta (el mejor jugador español en la historia del club). En las flechas se indican los valores de interacciones en pases entre dos jugadores, mientras que el tamaño de los nodos va en función de su

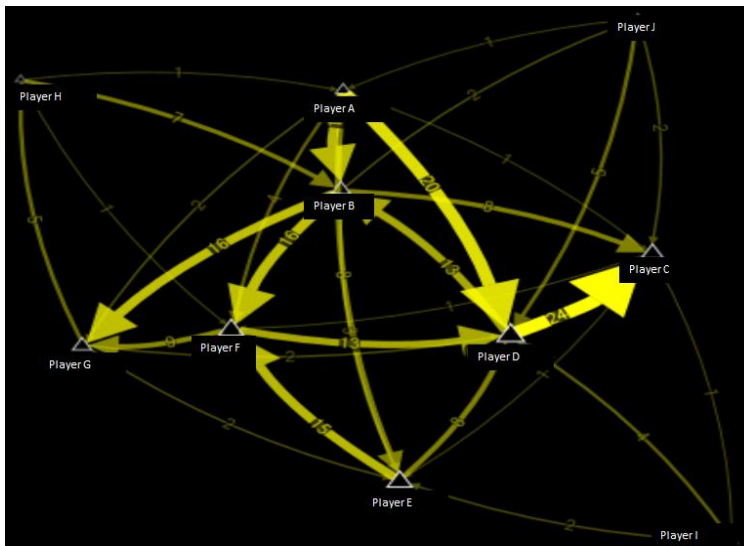
grado de pases recibidos. También se detecta que el modelo de juego del Real Madrid no propone esa relación tan determinante entre base y escolta (figura 24). Nótese la distribución del grado de pases recibidos más homogénea que en el caso del FC Barcelona, lo cual crea un juego más variado y repartido.

Figura 23: Red de pases del FC Barcelona



Fuente: Adaptado de Cencerrado, 2014.

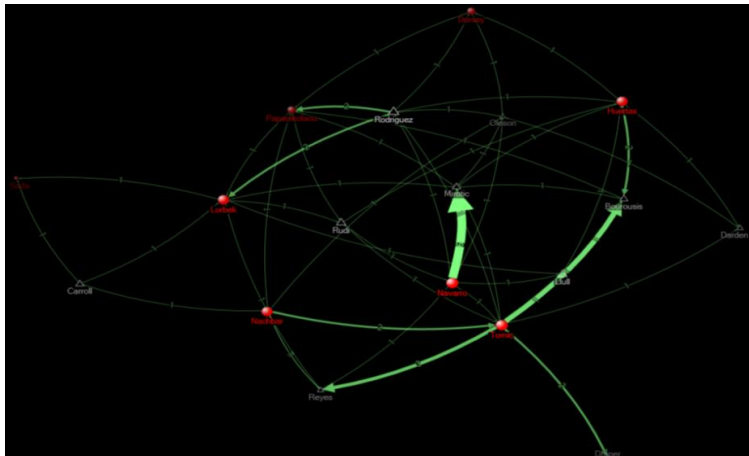
Figura 24: Red de pases del Real Madrid



Fuente: Adaptado de Cencerrado, 2014.

La figura 25 analiza la red de cesiones de balón entre equipos. Se aprecia que la mayor cantidad de pelotas cedidas le corresponde al Barça, sobre todo por parte del jugador G, por tiros fallados, y del jugador D, por cesiones de robos, fallos en asistencias y tiros interiores. En el caso del Real Madrid, el único dato remarcable es el caso del jugador A, por fallos en tiros exteriores, transformados en cesiones de pelota al FC Barcelona por rebotes defensivos.

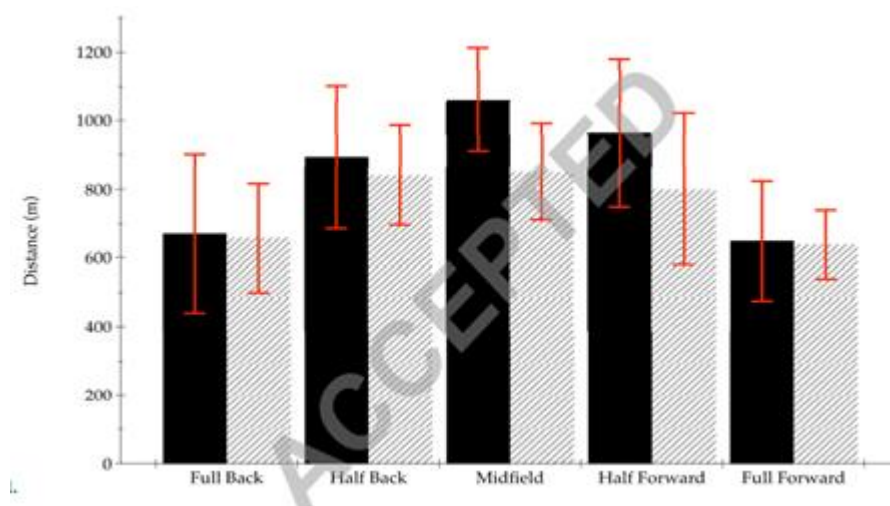
Figura 25: Red de cesiones de balón entre equipos

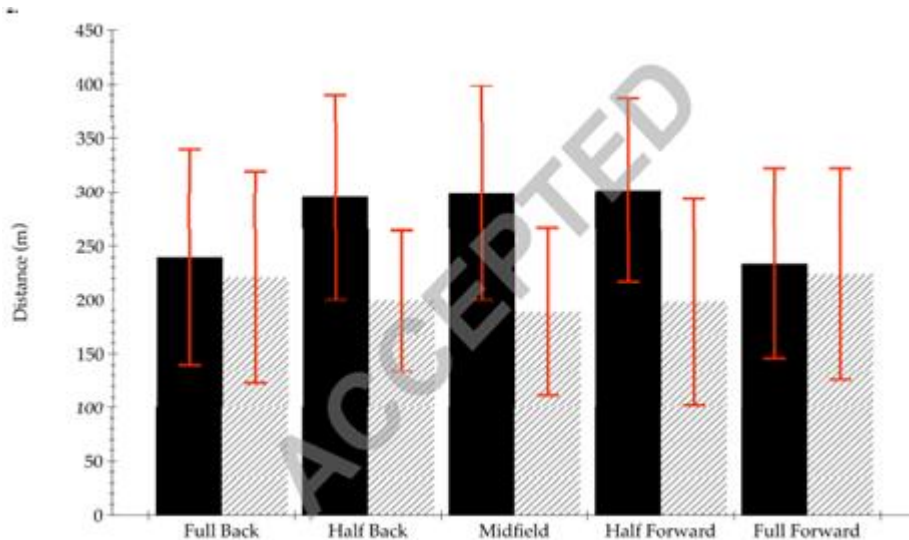


Fuente: Adaptado de Cencerrado, 2014.

Hasta el momento nos hemos referido a las demandas físicas siempre en términos de datos medios concretando a veces por posición de juego. Hemos señalado, además, la necesidad de individualizar en la monitorización, evaluación e interpretación de esas demandas físicas (incluso, aunque dispongamos de los datos por posición). La figura 26, compara la distancia que se recorría en la primera parte y la segunda a 17 km/h y a 22 km/h, en fútbol gaélico. Los resultados analizados mostraron que las diferencias en distancia total, distancia de alta velocidad y de sprint eran significativas entre las posiciones. Los que más corrían eran los centrocampistas. Este estudio fue el primero en mostrar una descripción detallada del rendimiento del partido durante la competición de fútbol gaélico de élite.

Figura 26: Distancias recorridas a 17 y 22 km/h entre la primera y la segunda mitad

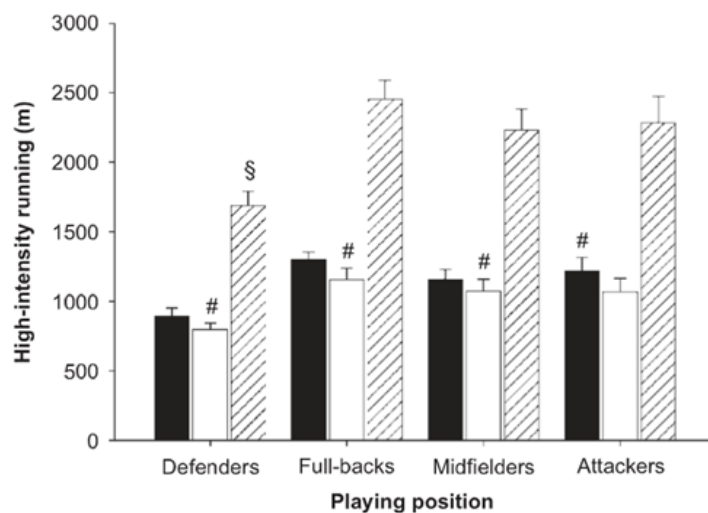




Fuente: Malone, Solan, Collins y Doran, 2016.

En la figura 27, se muestra la distancia recorrida en fútbol durante la primera y la segunda parte, y se las compara a ambas según las diferentes posiciones. Nuevamente, reflejaba diferencias significativas entre posiciones.

Figura 27: Diferencias por puestos en distancias recorridas a alta velocidad



Fuente: Mohr, Krstrup y Bangsbo, 2003, p. 525

En los deportes de equipo llevamos al límite la estructura condicional y bioenergética en determinadas ocasiones. Lo observamos en algunas jugadas que solicitan, por ejemplo, una gran amplitud de movimiento, así como diferentes tipos de fuerza expresados en un cambio de dirección, en un salto poderoso, etcétera.

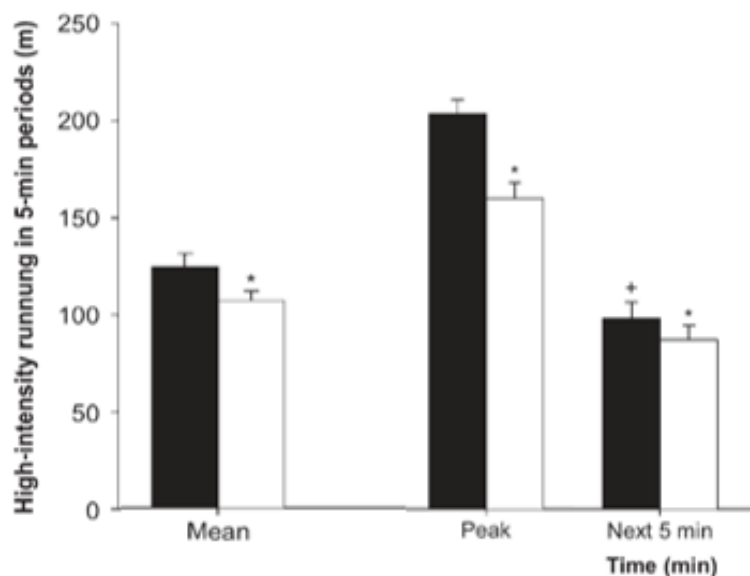
Esos episodios de intensidad o exigencia máximas son entrenados habitualmente en el gimnasio, mediante un entrenamiento de fuerza,

de amplitud de movimiento, utilizando dispositivos de resistencia rotacional, máquinas vibratorias o material desestabilizador, con el objetivo de preparar al jugador para las aceleraciones y desaceleraciones máximas, cambios de dirección de alta intensidad, aterrizajes, entre otros esfuerzos que aparecen en el juego.

Sin embargo, esa es solo una parte del trabajo. La otra parte se lleva a cabo en el entrenamiento que se realiza en el campo y que podemos medir a través de los dispositivos de microtecnología. Estos nos permiten monitorizar, controlar y evaluar, y de esta forma, optimizar el rendimiento en función, estableciendo, por ejemplo el número de aceleraciones y desaceleraciones, la distancia de alta intensidad, los aterrizajes e impactos que requiere la competición.

Así es como aparecen los escenarios de máxima exigencia. Estos son los momentos del partido en los que al menos una determinada demanda física alcanza su pico máximo. Durante mucho tiempo nos hemos dedicado a analizar las demandas físicas únicamente mediante el cálculo de los valores medios. En la figura 28, vemos cómo el pico analizado en un partido de fútbol de cinco minutos es superior a la media de la distancia recorrida en la media de esos mismos intervalos de cinco minutos.

Figura 28: Comparación de la media y los picos de carrera a alta intensidad



Fuente: Mohr et al., 2003, p.525

Estos escenarios pico han aparecido en la literatura como "Worst case scenario" o "Most demanding passage".

En jugadores de élite de rugby, se analizaron diferentes partidos y se utilizaron las medias móviles rolling average como técnica para obtener los escenarios de intensidad máxima. Lo primero que hicieron

Cunningham, Shearer, Carter, Drawer, Pollard, Bennett y Kilduff (2018) fue establecer diferentes ventanas temporales, ventanas de 60, 120, 180, 240 y 300 segundos y partieron desde allí para realizar el análisis.

Figura 29: Comparación entre el método tradicional y el ajustado

HSR (m·min ⁻¹)	Team		
	ROLL Method	FIXED Method	Difference %
60 s	54.3 ± 25.1* [#]	49.0 ± 22.4 [#]	-10.9
120 s	32.6 ± 17.6* [#]	28.5 ± 15.5 [#]	-14.4
180 s	25.0 ± 15.6* [#]	21.1 ± 12.9 [#]	-18.6
240 s	20.9 ± 13.5* [#]	17.5 ± 11.1 [#]	-19.8
300 s	17.9 ± 11.8* [#]	14.9 ± 9.1	-20.4
Distance (m·min⁻¹)			
60 s	165.6 ± 22.3* [#]	148.1 ± 22.1 [#]	-11.8
120 s	130.9 ± 17.8* [#]	117.9 ± 18.2 [#]	-11.0
180 s	115.3 ± 16.5* [#]	102.8 ± 15.8 [#]	-12.2
240 s	106.7 ± 15.0* [#]	95.5 ± 14.0 [#]	-11.8
300 s	100.6 ± 14.0*	90.4 ± 13.9	-11.4

Fuente: Cunningham et al., 2018, <https://bit.ly/2xufya3>

Podemos observar diferencias significativas entre el análisis de cada minuto, basado sobre las medias tradicionales, utilizando medias fijas, o el cálculo a través de los rolling average o medias móviles. Las medias móviles en las diferentes ventanas siempre reflejaban mayores demandas físicas.

Por lo tanto, proponemos un cambio del paradigma tradicional, fundamentado en el análisis de las demandas físicas, ya sea durante partidos o entrenamientos, utilizando las medias tradicionales. Para ello, debemos analizar e interpretar qué sucede con las demandas físicas pico o escenarios de máxima exigencia que se dan en el entrenamiento o en la competición y que deben ser la base sobre la que preparar a nuestros jugadores para intentar optimizar el rendimiento en cualquiera de los deportes de equipo. Para ello, deberíamos también establecer qué ventanas de tiempo son las más importantes para analizar el juego en nuestro deporte.

Referencias

Bradley, P. S., & Ade, J. D. (2018). Are Current Physical Match Performance Metrics in Elite Soccer Fit for Purpose or Is the Adoption of an Integrated Approach Needed? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(5), 656-664. doi:10.1123/ijsp.2017-0433

Bush, M.D.; Archer, D.T.; Hogg, R. y Bradley, P.S. (2015) Factors Influencing Physical and Technical Variability in the English Premier League. En *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10, 865 -872.

Casamichana, D., & Castellano, J. (2014). Variables contextuales y distancia recorrida en la copa mundial sudáfrica'10. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. En *International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 14(56),603-617. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=542/54232971002>

Cunningham, D. J., Shearer, D. A., Carter, N., Drawer, S., Pollard, B., Bennett, M., Kilduff, L. P. (2018). Assessing worst case scenarios in movement demands derived from global positioning systems during international rugby union matches: Rolling averages versus fixed length epochs. En *PLOS ONE*, 13(4).

De la Riva, M. (2017). El Madrid no tiene gas: corrió 11,6 km menos que el Tottenham. Recuperado de https://as.com/futbol/2017/11/02/champions/1509626036_245096.html

Gomez-Piqueras, P., Gonzalez-Villora, S., Castellano, J., & Teoldo, I. (2019). Relation between the physical demands and success in professional soccer players. En *Journal of Human Sport and Exercise*, 14(1), 1-11. Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/77871/6/JHSE_14-1_01.pdf
<https://www.marca.com/futbol/real-madrid/2016/01/17/569bd37b268e3ed4568b45f7.html>

LaLiga Santander. (2018). Dembélé voló: galopada a 28,6 km/h, triple regate y 'asistencia'. Recuperado de https://as.com/videos/2018/05/09/portada/1525893340_153732.html

Malone, S.; Solan, B.; Collins, K. D.; & Doran, D. A. (2016). Positional Match Running Performance in Elite Gaelic Football. En *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(8), 2292-2298.

Martín, A. (8 de abril de 2019). ¡ATENCIÓN, HINCHA! NO PIDAS A TU EQUIPO QUE CORRA SI QUIERES QUE GANE. En *El País*. Recuperado de

https://elpais.com/deportes/2019/04/04/es_laliga/1554379055_967933.html

Medina, D. (2016). Zidane: "Tenemos que mejorar en el aspecto físico". En Marca. Recuperado de Mohr, M.; Krustup, P.; & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. En Journal of Sports Sciences, 21(7), 519-528.

Moura, F. A.; Santana, J. E.; Vieira, N. A.; Santiago, P. R. P.; & Cunha, S. A. (2015). Analysis of Soccer Players' Positional Variability During the 2012 UEFA European Championship: A Case Study. En Journal of Human Kinetics, 47(1), 225-236.

Paul, D.J.; Bradley, P.S.; Nassis, G. P. (2015) Factors Affecting Match Running Performance of Elite Soccer Players: Shedding Some Light on the Complexity. En International Journal of Sports Physiology and Performance, 10, 516 -519.

Ryan, S.; Coutts, A. J.; Hocking, J.; Kempton, T. (2017) Factors Affecting Match Running Performance in Professional Australian Football. En International Journal of Sports Physiology and Performance, 12, 1199 -1204.

Solé, S. (2015). Busquets, el que hizo más kilómetros, y Neymar, ¡tercero! Recuperado de <https://www.mundodeportivo.com/futbol/fc-barcelona/20150416/102849180706/busquets-el-que-hizo-mas-kilometros-y-neymar-tercero.html>

Sonderegger, K.; Tschopp, M.; Taube, W. (2016) The Challenge of Evaluating the Intensity of Short Actions in Soccer: A New Methodological Approach Using Percentage Acceleration. En PLoS ONE, 11(11).

Sport. (2017) El Barça recorrió un total de 53.398 kilómetros en 2017. Recuperado de <https://www.sport.es/es/noticias/barca/barca-recorrio-total-53398-kilometros-2017-6524446>

Stevens, T.G.A; De Ruiter, C.J.; Beek, P.J. & Savelsbergh, G.J.P. (2016) Validity and reliability of 6-a-side small-sided game locomotor performance in assessing physical fitness in football players. En Journal of Sports Sciences, 34 (6), 527-534.

