

## Efecto del diseño de los balones de voleibol sobre el rendimiento de la recepción del saque femenino de alto nivel

### Volleyball ball design performance effects on service reception in high-level women

\*Juan José Molina-Martín, \* Carlos López Serrano, \*\*Santiago Calero Morales, \*Daniel Mon López, \*\*\*Cesar Hernández González, \*\*\*\* Germán Díaz Ureña

\*Universidad Politécnica de Madrid (España), \*\*Universidad de las Fuerzas Armadas (Ecuador), \*\*\*Vakifbank Sport Club & Korean National Team Principal Coach (España), \*\*\*\*Universidad Fco. de Vitoria de Madrid (España)

**Resumen.** Introducción: Las dos casas de fabricación de balones más conocidas MOLTEN y MIKASA, en los últimos tiempos, han diseñado varios modelos de balones con diferentes características usados en competiciones oficiales nacionales e internacionales. Objetivo: Determinar qué diseño del balón facilita o dificulta la recepción del saque. Métodos: La muestra estuvo compuesta por 146 partidos femeninos jugados por 3 equipos participantes en competiciones de alto nivel (A1-Italiana, The Word Cup, Volleyball Nations League, Champions League, Türkiye Kadınlar Voleybol 1) de los cuales un total de 62 partidos se jugaron con el balón con el Molten V5M5000; 84 partidos se jugaron con balones Mikasa; 39 de ellos jugados con el MVA200, y 45 con el balón V200W. Las variables registradas fueron: tipo de panelación, tipo de superficie, coeficiente de recepción y rendimiento. Resultados: Se encontraron diferencias significativas con un tamaño del efecto moderado en la calidad de recepción en función de los balones utilizados ( $\chi^2_{(10, N=9498)} = 222.8, p < 0,001, V$  de Cramer = 0.108). Al tomar como referencia los datos de Coeficiente y Rendimiento de recepción, se observó que el MIKASA V200W parece ser el balón más sencillo de recibir ( $CE_R=3,50; R_R=6,37$ ), mientras que el balón que parece ser más difícil y que provoca peores datos de rendimiento es el MIKASA MVA200 ( $CE_R=3,26; R_R=3,63$ ). Conclusiones: Por lo tanto, en función de los datos encontrados podemos afirmar que el tipo de balón influye en la calidad de la recepción de los equipos femeninos de alto nivel.

**Palabras clave:** Diseño de balón, recepción, voleibol femenino

**Abstract. Introduction:** The two best-known ball manufacturing houses, MOLTEN and MIKASA, have recently designed several models of balls with different characteristics, used in official national and international competitions. Objective: Determine which ball design facilitates or hinders the serve reception. Methods: The sample consisted of 146 women's matches played by 3 teams participating in high-level competitions: Italian A1, The Word Cup, Volleyball Nations League, Champions League, Türkiye Kadınlar Voleybol 1: of which a total of 62 matches where they played with the Molten ball V5M5000; 84 games were played with Mikasa balls; 39 of them played with the MVA200, and 45 with the V200W ball. The variables recorded were: paneling type, surface type, reception coefficient and performance. Results: Significant differences were found with a moderate effect size in the reception quality depending on the balls used ( $\chi^2_{(10, N=9498)} = 222.8, p < 0.001, Cramer's V = 0.108$ ). Taking as Coefficient reference and Reception Performance data, it was observed that the MIKASA V200W seems to be the easiest ball to receive ( $CER=3.50; RR=6.37$ ), while the ball that seems to be more difficult and that causes worse performance data is the MIKASA MVA200 ( $CER=3.26; RR=3.63$ ). Conclusions: Therefore, based on the records obtained, we can affirm that the type of ball influences the quality of reception of high-level women's teams

**Keywords:** Ball design, reception, women's volleyball

**Resumo.** Introdução: Os dois fabricantes de bolas mais conhecidos, MOLTEN e MIKASA, têm desenhado recentemente vários modelos de bolas com diferentes características utilizadas em competições oficiais nacionais e internacionais. Objetivo: Determinar qual desenho da bola facilita ou atrapalha a recepção do saque. Métodos: A amostra consistiu em 146 partidas femininas disputadas por 3 times participantes de competições de alto nível: Italian A1, The Word Cup, Volleyball Nations League, Champions League, Türkiye Kadınlar Volleyball 1: das quais um total de 62 partidas foram disputadas com a bola com o Molten V5M5000; 84 jogos foram disputados com bolas Mikasa; 39 deles jogaram com a bola MVA200 e 45 com a bola V200W. As variáveis registradas foram: tipo de revestimento, tipo de superfície, coeficiente de recepção e desempenho. Resultados: Foram encontradas diferenças significativas com tamanho de efeito moderado na qualidade da recepção dependendo dos balões utilizados ( $\chi^2_{(10, N=9498)} = 222,8, p < 0,001, Cramer's V = 0,108$ ). Tomando como referência os dados do Coeficiente de Recepção e Desempenho, observou-se que a MIKASA V200W parece ser a bola mais fácil de receber ( $CE_R=3,50; RR=6,37$ ), enquanto a bola que parece ser mais difícil e a que causa os dados de pior desempenho é o MIKASA MVA200 ( $CE_R=3,26; RR=3,63$ ). Conclusões: Portanto, com base nos dados encontrados, podemos afirmar que o tipo de bola influencia na qualidade da recepção das equipes femininas de alto nível.

**Palavras-chave:** Desenho de bola, recepção, voleibol feminino

Fecha recepción: 24-04-23. Fecha de aceptación: 12-07-23

Santiago Calero Morales

sscalero@espe.edu.ec

### Introducción

La trayectoria del vuelo de un balón depende de las características del golpeo o lanzamiento del deportista, y de las características aerodinámicas del propio balón. (Mehta, 1985; 2009) sin olvidarnos de las condiciones ambientales en las que se desarrolle dicho movimiento, como las propiedades físicas del aire. En ausencia de interacción con el aire, la trayectoria del balón es una parábola en un plano perpendicular al suelo. La forma de esta parábola depende de la aceleración de la gravedad, de la velocidad y posición de salida del balón. En la práctica, la interacción con el aire juega un rol importante; en la actualidad se utiliza este efecto para aumentar la agresividad del servicio. Por ejemplo, es conocido que la trayectoria puede llegar a sufrir una

desviación lateral o vertical al hacer girar el balón sobre un eje perpendicular u oblicuo a la línea de vuelo. En el primer caso la trayectoria ya no está contenida en un solo plano mientras que en el segundo caso el tiempo de vuelo disminuye, esto provoca una trayectoria más o menos curvilínea predecible; si el efecto de giro es a favor de la trayectoria el balón caerá más rápido, y si es en contra de la trayectoria, el balón tardará más en caer (Bermejo-Frutos, 2013).

Pero no todos los parámetros que afectan el vuelo del balón están bajo la influencia humana, dado que si el balón no gira puede producir un flujo de aire asimétrico a su alrededor que provocará que su vuelo sea menos predecible. (Alam y otros, 2010)

La densidad del aire, característica que depende de la temperatura y la altitud, la velocidad de desplazamiento, la

resistencia de fricción, la de arrastre y la de sustentación, junto con el punto de separación del flujo son parámetros desconocidos para los practicantes de los deportes, (Shahid et al., 2017; Goodwill y otros, 2004) pero que al ser estudiados por la aerodinámica permiten anticiparse al comportamiento de los balones durante el juego. (Almeida & Silva, 2015) sin obviar, que el rendimiento es multifactorial, y otras muchas variables pueden influir en el desempeño general y específico en los deportes. (Amat et al., 2020; Griego-Cairo et al., 2022; Marinho & das Virgens Chagas, 2022; da Silva Silva et al., 2022; Puertas-Puertas & Viasus, 2023) Los parámetros físicos, junto a la técnica de golpeo o lanzamiento, (Bermejo-Frutos, 2013) y las características de los balones: material, peso, diámetro, y tipo de superficie; facilitan la formulación de modelos matemáticos, leyes y principios de la aerodinámica tales como: el efecto Magnus, el  $n^{\circ}$  Reynolds, o la ley de Bernoulli. (Gohatre y otros, 2019)

Como consecuencia del estudio de estos principios y leyes, las pelotas de golf pasaron de ser lisas a ser granuladas, y posteriormente presentar una serie de hoyuelos. (Lassagne, 2006) El flujo que se establece alrededor de la superficie de los balones lisos es laminar, con una zona de baja presión en la zona posterior de la bola. Por el contrario, si la superficie es granulada o presenta hoyuelos se crea un flujo turbulento, que provoca entre otras cosas menor resistencia de arrastre, porque el flujo turbulento es capaz de permanecer adherido a la superficie de la bola mucho más tiempo y crea una estela de baja presión más estrecha, y, por lo tanto, menos presión de arrastre (Fig. 1). La reducción de la presión de arrastre hace que la bola viaje más lejos y facilita que el vuelo sea más largo. (Chowdhury y otros, 2016; Goff, 2013)

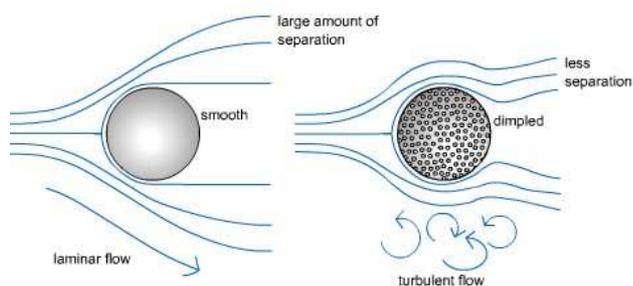


Figura 1. Diferencia de flujos en función del tipo de superficies de una pelota de golf. Fuente: (Lignarolo y otros, 2011)

Respecto a la morfología de los hoyuelos, Bearman y Harvey (1976) ensayaron con diferentes formas geométricas, concluyendo que la forma hexagonal de los hoyuelos presentaba menor resistencia, al provocar un coeficiente de elevación más alto y un coeficiente de arrastre ligeramente más bajo que una bola con hoyuelos o protuberancias redondas. Esto es debido a la variación de un valor de referencia que se denomina  $Re$  o número de Reynolds; el momento en el que el estado de flujo del giro de la bola cambia de laminar a turbulento se denomina transición, y el número de Reynolds de esta transición se denomina número de Reynolds crítico ( $Re_{cr}$ ). (Gohatre y otros, 2019) Pero no solo

influye la forma de las protuberancias, también la profundidad de los mismos puede afectar a la aerodinámica del vuelo de las pelotas de golf. (Chowdhury y otros, 2016)

En uno de los primeros estudios sobre la aerodinámica de los balones de voleibol, sus autores advertían de la inestabilidad del vuelo cuando el golpeo no provocaba efecto de giro, lo que ocasionaba una estela consistente en un complejo sistema de vórtices de cola irregulares, y una separación del flujo asimétrica. (Qing-Ding y otros, 1988) Este fenómeno es conocido en aerodinámica como “efecto nudillo”, (Mehta, 1985; Hong S. C., 2011) y en voleibol como saque flotante. Este tipo de técnica de golpeo ocasiona serios problemas a los encargados de recibir el saque al no poder predecir, hasta el último momento, el punto de caída del balón. (Selinger & Ackermann-Blount, 1986; Deprá & Brenzikofer, 2004; MacKenzie et al., 2012)

En las últimas décadas las principales fabricantes de balones de voleibol han trabajado sobre el diseño, el tamaño, los colores, el material y la presión del balón, para conseguir balones aerodinámicamente más estables; (Hong y otros, 2018) es decir, que floten menos, y por lo tanto que sean más fáciles de recibir.

Molten, casa comercial dedicada a la producción de balones de voleibol, optó en el V5M5000 por una superficie de 18 panales tricolor orientados helicoidalmente (PHL), recubiertos por un patrón compuesto por cientos de pequeños hexágonos (SPH). (Fig. 2)

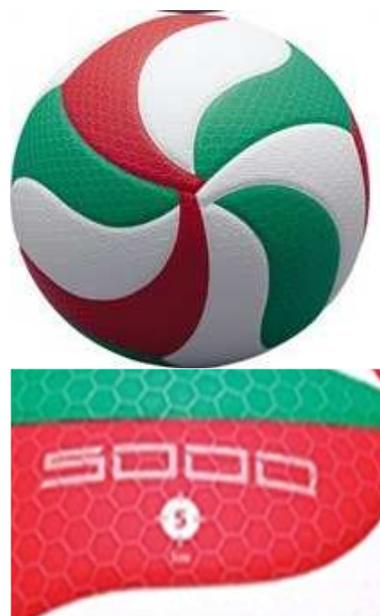


Figura 2. Balón Molten y detalle del diseño de la superficie SPH del balón V5M5000. Fuente: <https://www.molten.es>

Mikasa, otra de las casas comerciales con mayor producción de balones de voleibol, también apostó por el diseño de una superficie granulada bicolor. Sin embargo, las formas de ese granulada son protuberancias circulares (SPC). Este diseño fue aplicado tanto al MVA200, como al nuevo modelo con el que se compitió en los Juegos Olímpicos de Tokio, el V200W. (Fig. 3).



Figura 3. Balones MIKASA MVA200 izquierda y V200W derecha, y detalle de la superficie SPC de ambos balones. Fuente: <https://mikasasports.com>

Pero mientras que la superficie del MVA200 está compuesta por 4 paneles amarillos y 4 azules dispuestos en forma PHL; la del V200W la forman 18 paneles en los mismos colores con una disposición de panelación mixta (PMX), los 6 azules están dispuestos helicoidalmente y los amarillos son 12 cuadriláteros curvilíneos, que rellenan los huecos entre los paneles azules.

Estos cambios de superficies pueden variar los patrones aerodinámicos de los balones, y en consecuencia aumentar la estabilidad y la duración de su vuelo. ~~del vuelo de los balones, y en consecuencia ser más o menos estable, y más o menos largos.~~ (Goff, 2013) De hecho al comparar las características aerodinámicas de los balones con rugosidades en la superficie con los de superficie lisa, se observó una tendencia hacia la reducción de la inestabilidad aerodinámica; (Asai y otros, 2010) lo mismo ocurrió cuando se comparó la orientación de los paneles que formaban la superficie de los balones, siendo más estable la forma PHL frente a la rectangular (PRG), propia de los primeros balones. (Hong y otros, 2018) Otra variable que podría tener influencia se relaciona con el color del balón, atendiendo a que las propiedades del balón pueden predecir la trayectoria futura del mismo, según plantea Lenoir y otros (2005), aunque en

dicho caso se recomendó realizar mayores investigaciones con muestras más representativas.

En voleibol anticiparse al vuelo del balón es muy importante, en concreto la anticipación a la trayectoria del balón, fijando la atención sobre aquello de lo que se puede obtener información, es crucial para el rendimiento. (Piras y otros, 2014) Parece ser que de la parte media del vuelo se saca menos información, siendo la parte primera, aquellas que el jugador saca más información para poderse anticipar, (Sibley & Etnier, 2004) y en la última fase del vuelo se produciría el último ajuste. (Ripoll & Fleurance, 1988)

El equipo que se enfrenta al saque, dispone de una estructura de jugadores especialistas en lo que se reconoce como sistema de recepción. (Molina & Salas, 2009) Es lógico pensar que si los balones fluctúan mucho en su trayectoria será difícil anticiparse, y acciones como la recepción se verán afectadas por el tipo de balón usado durante el partido. De tal forma, el rendimiento de estos especialistas puede cambiar por las características aerodinámicas del balón con el que se juegue.

El rendimiento de los receptores se mide mediante un registro de valores o de códigos, (Eom & Schutz, 1992) que a lo largo de la historia ha ido evolucionando hasta los sistemas actuales, siendo Data Project System el sistema de registro más utilizado en el momento actual el. (Harabagiu, 2020). En este sistema se registra e identifica cada una de las categorías en las que se divide ordinalmente el rendimiento mediante un sistema de signos que van asociados a un valor determinado en función de la calidad del pase de recepción. (González-Silva y otros, 2021) Hay listados de categorías dicotómicas, que tan sólo tienen dos niveles de definición, bueno frente a malo; y otros que llegan a tener 6 niveles de definición y más, elaborados en función de la información que se quiera obtener, (Calero., 2012) atendiendo a las distintas combinaciones técnico-tácticas en función de las exigencias contextuales del reglamento competitivo. (Gras-Consuegra et al., 2021)

El objetivo del presente estudio fue comprobar cómo afectan las variaciones en los diseños ~~el diseño~~ de las superficies de los balones de voleibol en la calidad de los pases de las receptoras de primer nivel. Siendo la posible hipótesis de partida que el balón con características aerodinámicas más estables facilitará mejores rendimientos en recepción.

## Material y métodos

### Diseño

El estudio consistió en observar la calidad de la recepción del saque de las jugadoras especialistas perteneciente a tres equipos distintos, participantes en tres competiciones oficiales femeninas de máximo nivel en las temporadas 2017 a 2019; por lo tanto, en función de lo afirmado por Anguera y Blanco (2003), en cuanto a los tres ejes o criterios que forman la estructura clásica de los diseños observacionales, (Anguera & Blanco, 2003) el presente estudio se corresponde con un diseño nomotético, de seguimiento y unidimensional.

El rendimiento de la recepción, fue registrado tomando como referencia el software de sistema de registro “data-volley”, utilizado actualmente por más del 80% de las principales ligas y federaciones de voleibol en todo el mundo (<https://www.dataproject.com/en/Company>). En cuanto al registro de las variables de la recepción se utilizó una escala cualitativa-cuantitativa que se corresponde con una adaptación descrita por diferentes autores, como es el caso de Callejón-Lirola (2006), que oscila entre los dos siguientes tipos de recepción:

1) recepción doble negativa (=): cuantitativamente se corresponde con un valor 0; y se reconocen como aquellas recepciones que no posibilitan el desarrollo del complejo 1, o primera fase del side-out, y que, por lo tanto,

implican punto para el equipo sacador.

2) recepción doble positiva (#): cuantitativamente se corresponde con el valor 5; es decir, con aquellas recepciones en las que el balón le llega al colocador en óptimas condiciones espacio-temporales para poder construir el sistema de ataque con todas sus posibilidades.

3) el sistema de categorías queda completado con los valores intermedios: recepción positiva (+), asociada a un valor 4; recepción exclamativa (!), asociada a un valor 3; recepción negativa (-), asociada a un valor 2; y recepción barra (/): valor 1.

En la tabla 1 se desarrolla la descripción motriz de cada una de las posibles categorías del criterio calidad de la recepción.

**Tabla 1.**  
**Definición de los valores y su correspondiente simbología de la calidad de la recepción del saque**

Registro Cuanti-Cualitativo	Descripción de las Categorías					
<b>Gesto Técnico Recepción</b>	Recepción que permite todas las opciones de pase desde posición de colocación	Recepción que desplaza a la colocadora, pero permite todas las opciones de pase	Recepción que aleja a la colocadora de la red; le permite jugar rápido a las bandas, pero la opción de la central es muy arriesgada	La recepción obliga a la colocadora a jugar balón alto o un primer tiempo con la central, dado que ha de saltar pegada a la red y colocar a una mano	La recepción provoca un free-ball de forma directa, o al final de la secuencia de la jugada	Recepción que no permite pasar el balón al campo contrario. Punto de saque
<b>Signo escala cualitativa</b>	#	+	!	-	/	=
<b>Valor escala cuantitativa</b>	5	4	3	2	1	0

El sistema de categorías establecido, describe con exhaustividad y mutua exclusividad todos los posibles sucesos que pueden ser consecuencia de una recepción del saque; cumpliendo así con las exigencias de la metodología observacional. (Calero-Morales, 2011) Además, se utilizaron dos valores generales de referencia denominados coeficiente de eficacia (CE), y rendimiento (R).

El primero CE, habitualmente se calcula realizando una puntuación en el numerador, que consiste en la sumatoria categorizada de acciones que puntúan probabilísticamente, las cuales se multiplican por un valor numérico asignado según la importancia de la variable (entre 1 a 5 puntos, siendo 5 el valor máximo designado a una variable), y dividiéndolo por el número total de acciones, (Calero., 2012; Calero, 2010). De tal forma que el CE de la recepción ( $CE_R$ ) se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$CE_R = (N^{\circ}R5*5 + N^{\circ}R4*4 + N^{\circ}R3*3 + N^{\circ}R2*2 + N^{\circ}R1) / N^{\circ} \text{ Total de Recepciones}$$

Siempre que el número de recepciones sea diferente a cero ( $R \neq 0$ ), el valor de CER va a oscilar entre 5 y 1, siendo 5 la excelencia; sin embargo, el valor de R se calcula dividiendo el número total de acciones # entre el número total de acciones =. El cálculo de este segundo valor (R), sirve para compensar la no inclusión de los errores en el cálculo del CE. La fórmula aplicada para R de recepción ( $R_R$ ) es la siguiente:

$$R_R = N^{\circ}R5 / N^{\circ}R0$$

El valor del Rendimiento de recepción será más alto

cuanto mayor sea el número de recepciones positivas, pudiéndose alcanzar, evidentemente, valores por encima de 5

### Calidad del Dato

Para control de fiabilidad del instrumento de observación se llevó a cabo el cálculo del coeficiente de concordancia kappa de Cohen (1960, 1968). Para lo cual se realizó un cálculo de fiabilidad inter-observadores como medida de consistencia de la escala de valores utilizada. Tras un entrenamiento previo dirigido, dos observadores realizaron el registro del rendimiento del 15% de las recepciones seleccionadas al azar de la misma muestra recolectada para el presente estudio. (Anguera & Blanco, 2003)

Con posterioridad, para el control de fiabilidad del observador único se realizó el cálculo del mismo coeficiente kappa, pero esta vez estudiando la concordancia entre los mismos datos registrados por dicho observador con 15 días de diferencia. El índice Kappa de Cohen, en ambos casos, alcanzó valores  $\geq 0,9$ ; lo cual permite concluir que tanto el instrumento de registro, como el observador único cumplen con los criterios establecidos de fiabilidad, un aspecto igualmente útil en los modelos matemáticos de procesamiento, (Morales., y otros, 2017) para lo cual se seleccionó la fórmula estadística para el voleibol mencionado en el subapartado anterior.

### Análisis estadístico

En primer lugar, perfilaremos la muestra presentando el número de registros obtenidos en función de las

características de los balones; y seguidamente, en función de las características de los equipos; a continuación, se presentarán los datos de Coeficiente de eficacia de la recepción ( $CE_R$ ) y de su Rendimiento ( $R_R$ ) en función de los balones y de los equipos. Para comparar el efecto de los tres balones se realizó un análisis de la distribución de las categorías registradas mediante el cálculo de  $\chi^2$  de Pearson. Se realizó el cálculo de los valores residuales estandarizados con la intención de ver cuál de ellos es menor o mayor a lo esperado por azar, y con ello determinar que hubo una relación causa-efecto entre las variables analizadas. Para el cálculo del tamaño del efecto, se utilizó el estadístico  $V$  de Cramer. Se estableció un nivel de significación de  $p < 0,05$ . Para la interpretación del tamaño del efecto se tuvo en cuenta lo propuesto por Akoglu (2018), el cual indica un tamaño del efecto pequeño para valores mayores de 0,05; un efecto moderado para valores mayores de 0,1; un efecto grande para valores mayores de 0,15; y un efecto muy grande para valores superiores a 0,25.

### Muestra

La muestra estuvo compuesta por 146 partidos femeninos: de los cuales un total de 62 partidos se jugaron con el balón con el Molten V5M5000 de características: SPH/PHL; y 84 partidos, se jugaron con balones Mikasa cuya superficie presentaba protuberancias circulares (SPC), 39 de ellos jugados con el MVA200 de panelación PHL, y 45 con el balón V200W de panelación PMX. Es decir, en cuanto a la orientación de los paneles, un total de 101 partidos se jugaron con una orientación PHL, y 45 con la orientación de los paneles PMX.

Fueron registradas un total de 9498 recepciones; de las cuales en función del tipo de superficie: 4141 fueron recepciones realizadas con el balón SPH; y 5357 fueron realizadas con los balones SPC. En cuanto al tipo de orientación de los paneles: 6839 recepciones se realizaron con los balones PHL; mientras que 2659 se produjeron con el balón de panelación PMX (Tabla 2).

Tabla 2.  
Perfil de la muestra en función del tipo de balón

	Características del balón				Total
	Marca	Molten	Mikasa		
Tipo	V5M5000	MVA200	V200W		3
Superficies	SPH	SPC	SPC		2
Paneles	PHL	PHL	PMX		2
Nº partidos	62	$\Sigma$ PHL 101	39	$\Sigma$ SPC 84	45
Recepciones	4141	$\Sigma$ PHL 6839	2698	$\Sigma$ SPC 5357	2659
					9498

Los datos registrados pertenecen a un total de tres equipos de máximo nivel competitivo:

- El equipo 1 (Eq1) es uno de los 4 mejores equipos de la A1 Italian League (A1IL). De dicho equipo se registraron los datos de 62 partidos de la A1IL correspondientes a las temporadas 2017-2018 y 2018-2019, jugados con el V5M5000; y de 8 partidos correspondientes a la Champions League (ChL) temporada 2018-2019, jugados con el MVA200.

- El equipo 2 (Eq2) es una selección Asiática clasificada

para los juegos de Tokio 2020 que desarrolló los partidos en The Word Cup (WC) 2019, y en la Volleyball Nations League (VNL) 2019. De dicho equipo se registraron 24 partidos con el MVA200, y 16 partidos con el V200W.

- Y el equipo 3 (Eq3) es uno de los 4 mejores equipos de la Türkiye Kadınlar Voleybol 1 (TKV1). De este equipo se registraron datos de 7 partidos jugados con el MVA200 correspondiente a la ChL, y de 29 partidos jugados con el V200W correspondientes a la TKV1 (tabla 3).

Tabla 3.  
Características de los equipos

Tipo	Equipo 1		Equipo 2		Equipo 3	
	Club	Selección	WC	VNL	TKV1	ChL
Competición	A1IL	ChL	WC	VNL	TKV1	ChL
Balón de juego	V5M5000	MVA200	MVA200	V200W	V200W	MVA200
Nº de registros	4141	2689	1637	1032	1627	446

### Resultados

En cuanto a los valores estándar  $CE_R$  y  $R_R$ , como valores de referencia del rendimiento de la recepción en voleibol, en la tabla 4 se pueden observar los resultados de ambos valores en función del balón en juego y del equipo participante.

Independientemente del equipo, los valores más bajos tanto de  $CE_R$  como de  $R_R$  los obtuvo el MVA200 que es el Mikasa con diseño SPC y PHL, mientras que los más altos los obtuvo el Mikasa V200W cuyo diseño incluye SPC y PMX.

Tabla 4.  
Coeficiente de eficacia y rendimiento en función del balón de juego

Equipos	Eq1		Eq2		Eq3		Total	
	$CE_R$	$R_R$	$CE_R$	$R_R$	$CE_R$	$R_R$	$CE_R$	$R_R$
V5M500	3,42	4,90	----	----	----	----	3,42	4,90
MVA200	3,19	3,09	3,23	3,34	3,39	5,45	3,26	3,63
V200W	----	----	3,30	3,79	3,63	8,19	3,50	6,37

Se encontraron diferencias significativas con un tamaño del efecto moderado en la calidad de recepción en función de los balones utilizados ( $\chi^2_{(10, N=9498)} = 222.8, p < 0,001, V$  de Cramer = 0.108). En las tablas 5 y 6 se pueden ver los descriptivos y sus valores residuales estandarizados en función del tipo de balón.

Tabla 5.  
Frecuencia de la calidad de recepción en función del tipo de balón

Balón	Calidad recepción					
	=	/	-	!	+	#
V5M5000	220	200	508	961	1174	1078
MVA200	190	163	498	467	690	690
V200W	150	144	430	372	607	956

Nota: “=” Recepciones falladas; “/” Recepciones que permiten un ataque con free-ball directa; “-” Recepciones que obligan a jugar con bola difícil; “!” Recepciones que permiten jugar a las bandas pero no al central; “+” Recepciones separadas del colocador pero que permiten un juego organizado; “#” Recepciones al colocador que permiten un juego organizado.

Tal y como se observa en la tabla 5. El balón V200W presentó unos valores de recepciones # muy superiores a los registrados con los otros balones. Tanto el V5M5000 como el MVA200 presentaron significativamente menor número de recepciones # a los esperados en el caso de que

no hubiese un efecto del tipo de balón sobre el rendimiento de la recepción.

En cuanto a las recepciones falladas (“=”), el tipo de balón MVA200 alcanzó un valor superior a las esperadas en caso de que no hubiese causa efecto entre las variables tipo de balón y rendimiento de recepción; mientras que si el balón utilizado fue el V5M5000 el número de observaciones fue significativamente menor a las esperadas por azar.

Por último, en la distribución de las recepciones realizadas con el balón V200W también se observaron valores residuales estandarizados menores a los esperados por azar en las recepciones en las que la colocadora es desplazada del lugar óptimo de colocación (“!” y “+”) (Tabla 6).

Tabla 6.

Valores residuales estandarizados de la distribución de la calidad de la recepción de los 3 balones

Balón	Calidad recepción					
	=	/	-	!	+	#
V5M5000	-2.12	-1.94	-6.82	9.30	4.56	-5.02
MVA200	2.99	1.92	5.72	-2.57	-0.62	-4.21
V200W	-0.66	0.21	1.78	-7.69	-4.42	9.77

Nota: “=” Recepciones falladas; “/” Recepciones que permiten un ataque con free-ball directa; “-” Recepciones que obligan a jugar con bola difícil; “!” Recepciones que permiten jugar a las bandas pero no al central, “+” Recepciones separadas del colocador pero que permiten un juego organizado, “#” Recepciones al colocador que permiten un juego organizado.

Con respecto a las características de los balones, en primer lugar, con la intención de aislar el efecto del tipo de superficie, se compararon los dos balones cuyo diseño incluye la panelación helicoidal; dejando fuera del análisis al de panelación mixta. Dicha distribución la podemos observar en la tabla 7.

Tabla 7.

Resultados observados en función del tipo de superficie

Tipo de Superficie	Calidad recepción					
	=	/	-	!	+	#
SPH	220	200	508	961	1174	1078
SPC	190	163	498	467	690	690

Nota: “SPH” superficie con pequeños hexágonos; “SPC” superficie con pequeños círculos; “=” Recepciones falladas; “/” Recepciones que permiten un ataque con free-ball directa; “-” Recepciones que obligan a jugar con bola difícil; “!” Recepciones que permiten jugar a las bandas pero no al central, “+” Recepciones separadas del colocador pero que permiten un juego organizado, “#” Recepciones al colocador que permiten un juego organizado.

Se encontraron diferencias significativas en función del tipo de superficie del balón con un tamaño del efecto moderado ( $\chi^2_{(5, N=6839)} = 87.198$ ,  $p < 0.001$ ,  $V$  de Cramer = 0.113). En la tabla 8 se pueden observar los valores residuales estandarizados en función del tipo de balón.

Tabla 8. Valores residuales estandarizados de la calidad de la recepción en función del tipo de superficie

Tipo de Superficie	Calidad recepción					
	=	/	-	!	+	#
SPH	-2.94	-2.18	-7.06	5.86	2.52	0.42
SPC	2.94	2.18	7.06	-5.86	-2.52	-0.42

Nota: “SPH” superficie con pequeños hexágonos; “SPC” superficie con pequeños círculos; “=” Recepciones falladas; “/” Recepciones que permiten un ataque con free-ball directa; “-” Recepciones que obligan a jugar con bola difícil; “!” Recepciones que permiten jugar a las bandas pero no al central, “+” Recepciones separadas del colocador pero que permiten un juego organizado, “#” Recepciones al colocador que permiten un juego organizado.

Existe un mayor registro de resultados observados a los esperables de las categorías de recepción “+” y “!” de manera significativa, y un menor registro de las categorías que no permiten el desarrollo múltiple del ataque o incluso lo impiden (“=”, “/” y “-”) cuando el balón utilizado presentaba una superficie con protuberancias hexagonales (SPH).

En cuanto a los resultados en función de la panelación del balón con una misma superficie, se encontraron diferencias significativas con un tamaño del efecto moderado ( $\chi^2_{(5, N=5357)} = 69.639$ ,  $p < 0.001$ ,  $V$  de Cramer = 0.114). En las tablas 9 y 10 se pueden ver los descriptivos y sus valores residuales estandarizados.

Tabla 9. Frecuencia de la calidad de la recepción en función de la panelación y con la misma superficie

Tipo de Superficie	Calidad recepción					
	=	/	-	!	+	#
PHL	190	163	498	467	690	690
PMX	150	144	430	372	607	956

Nota: “PHL” paneles orientados helicoidalmente; “PMX” paneles con orientación mixta; “=” Recepciones falladas; “/” Recepciones que permiten un ataque con free-ball directa; “-” Recepciones que obligan a jugar con bola difícil; “!” Recepciones que permiten jugar a las bandas pero no al central, “+” Recepciones separadas del colocador pero que permiten un juego organizado, “#” Recepciones al colocador que permiten un juego organizado

Tabla 10. Valores residuales estandarizados de la calidad de la recepción en función de la panelación y con la misma superficie

Tipo de Superficie	Calidad recepción					
	=	/	-	!	+	#
PHL	2.10	0.98	2.21	3.34	2.34	-8.23
PMX	-2.10	-0.98	-2.21	-3.34	-2.34	8.23

Nota: “PHL” paneles orientados helicoidalmente; “PMX” paneles con orientación mixta; “=” Recepciones falladas; “/” Recepciones que permiten un ataque con free-ball directa; “-” Recepciones que obligan a jugar con bola difícil; “!” Recepciones que permiten jugar a las bandas pero no al central, “+” Recepciones separadas del colocador pero que permiten un juego organizado, “#” Recepciones al colocador que permiten un juego organizado

El balón con panelación PMX presenta una observación significativamente superior a la esperada en recepciones óptimas (“#”) mientras que el balón con panelación PHL presenta una observación significativamente superior en el resto de tipos de recepciones. Solo en las recepciones que permiten un ataque con free-ball directa (“/”), no existen diferencias significativas entre ambos balones.

## Discusión

En los estudios de aerodinámica consultados, tanto el tipo de panelación, (Hong, y otros, 2019) la orientación de los paneles en el momento de golpeo y posteriormente durante el vuelo, (Hong y otros, 2018) el tipo de golpeo, (Qing-Ding y otros, 1988) así como la existencia y el tipo de rugosidades o protuberancias que presentan en la superficie, (Hong, & Asai, 2017) influyen en el comportamiento de los balones durante el vuelo.

En tal sentido, se deduce que el tipo de balón puede ser una de la causa de las variaciones encontradas en el rendimiento de la recepción y las variaciones en la calidad del pase registrados en el presente estudio.

Al tomar como referencia los datos de Coeficiente y Rendimiento de recepción (Tabla 4) podemos ver que el

V200W parece ser el balón más sencillo de recibir ( $CE_R=3,50$ ;  $R_R=6,37$ ), mientras que el balón que parece ser más difícil y que provoca peores datos de rendimiento es el MVA200 ( $CE_R=3,26$ ;  $R_R=3,63$ ).

En cuanto a los dos balones Mikasa, tanto las diferencias encontradas en la distribución de la calidad de la recepción, como las características aerodinámicas descritas por Hong (Hong, y otros, 2020) vienen a confirmar que el diseño del V200W es más estable, y por lo tanto más fácil de recibir, dado que el número de recepciones perfectas (#) son significativamente mayores, mientras que los errores de recepción (=) aumentaron de manera significativa con el MVA200.

Estos dos balones están diseñados por la misma casa comercial con los mismos colores, el mismo tipo de protuberancias SPC, y a simple vista la única diferencia entre ambos balones está en el diseño de la panelación PHL frente al diseño PMX. Por lo tanto, si entre ambos balones Mikasa no existen otras diferencias, podemos afirmar que la panelación propuesta para el V200W proporciona al balón mayor estabilidad que la del MVA200, como así lo demuestran las diferencias encontradas por Hong (Hong, y otros, 2020) en los valores de los parámetros aerodinámicos presentados en su estudio: Coeficiente de arrastre ( $C_D$ ), Número de Reynolds crítico ( $Re_{cr}$ ), y los Coeficientes de elevación (Cl) y lateral (Cs).

Al comparar las características de los balones de diferentes fabricantes y teniendo en cuenta que la única diferencia entre el MVA200 y el V5M5000 es el tipo de superficie, podría afirmarse que los valores de recepción encontrados se deben principalmente a la mayor estabilidad del balón con rugosidades hexagonales (SPH), al facilitar las recepciones “+” y “#”; mientras que el construido con protuberancias circulares (SPC) provocó significativamente un mayor número de recepciones de peor calidad (- y !) o incluso incontrolables (/) (entendiendo incontrolables como: la imposibilidad del receptor de controlar el balón sacado por el contrario, o sea, que no pudo dominarlo con una recepción de una calidad al menos mínima). Estos datos están en consonancia con los estudios realizados en el túnel del viento por Hong y Asai (2017), en el cual concluyeron que la incorporación a los balones del diseño SPH supuso valores más bajos en los parámetros aerodinámicos, lo que les otorga a aquellos balones que incluyan este tipo de superficie mayor estabilidad durante el vuelo.

En relación a los datos encontrados y como posible aplicación pensamos que los diseños de los balones más estables van en contra de un juego vistoso, ya que los equipos femeninos eliminarán progresivamente el saque flotante y terminarán por realizar saque potente en salto, en donde la velocidad del golpeo sea la única herramienta, con el riesgo de hacer un deporte con jugadas demasiado cortas, cargado de puntos directos a la vez que de errores de saque y por lo tanto menos atractivo, tal y como ya está ocurriendo en el voleibol masculino.

Se pueden observar diferencias significativas en favor de la panelación mixta (PMX) en las recepciones perfectas (#),

y en favor de la panelación helicoidal (PHL) en las recepciones tipo “+” y “!”. Mientras que en las recepciones de peor calidad (“=”, “/” y “-“) no se encontraron diferencias significativas. Si agrupamos por un lado los porcentajes de aquellas recepciones que permiten realizar ataque múltiple (#, + y !); y por otro, aquellas que provocan un desarrollo del juego defectuoso, o incluso que lo impiden (=, - y /), podemos observar que el balón con protuberancias hexagonales (SPH) facilita más el juego que el SPC.

A pesar de que este estudio es innovador en la determinación del efecto que el diseño del balón puede tener en la calidad de la recepción del voleibol femenino, los autores consideran como limitación la necesidad de extender el presente estudio al género masculino, con vistas a establecer comparaciones entre géneros para comprobar homogeneidad en los efectos del diseño del balón. Por otra parte, futuras líneas de investigación podrían estudiar diferentes campeonatos, atendiendo a que las dinámicas del juego pueden variar en función del nivel presentado en la competición, y los equipos sometidos a estudio, así como a variables contextuales como el nivel de rendimiento del oponente, (Marcelino et al., 2012) o la carga competitiva media de los sets, esta última variable descrita por Martínez y otros (2023)

## Conclusiones

En función de los datos encontrados podemos afirmar que el tipo de balón influye en la calidad de la recepción de los equipos de alto nivel: Los balones de superficie con protuberancias hexagonales se reciben mejor que los de protuberancias circulares; y los balones de panelación helicoidal se reciben peor. Por último, parece claro que la combinación entre el tipo de panelación y el tipo de superficie del V200W es lo que provoca las mejores prestaciones de estabilidad del vuelo del balón. La combinación helicoidal + hexagonal, alcanza peores valores que la panelación mixta + protuberancias circulares. El balón más inestable es el que mezcla panelación HL + protuberancias circulares. Es importante destacar que la inclusión de las características del balón como variable, ha sido poco estudiada según los referentes primarios de investigación que se han consultado, ayudando este tipo de estudio a definir las características exigidas para el diseño de los balones oficiales del juego por parte de las federaciones nacionales.

## Agradecimientos

Al Proyecto de Investigación “Factors that determine sports performance in high competition” by the Universidad Politécnica de Madrid y el Instituto Nacional de Educación Física, Deportes y Recreación (INDER). Dirección Provincial de Deportes “Pinar del Río”, República de Cuba. Resolución 10012023-DPD-m-Pinar del Río. Centro de Estudios del Entrenamiento Deportivo para el Alto Rendimiento (CEEDAR). Al Grupo de Investigación AFIDESA (Actividad Física, Deportes y Salud) de la Universidad de las

Fuerzas Armadas-ESPE, y a la pasantía de investigación asociada al Instituto Nacional de Educación Física (INEF) de la Universidad Politécnica de Madrid por el tercer autor de la investigación.

### Conflicto de intereses

Los autores declaran la no existencia de conflicto de intereses

### Contribución autoral

- 1) Conceptualización; Administración de proyecto; Redacción – borrador original: Juan José Molina-Martín.
- 2) Conceptualización; Redacción – borrador original: Carlos López Serrano.
- 3) Metodología; Supervisión; Redacción – revisión y edición: Santiago Calero Morales.
- 4) Metodología; Supervisión; Redacción – revisión y edición: Daniel Mon López.
- 5) Conceptualización; Redacción – borrador original: Cesar Hernández González.
- 6) Análisis formal; Curación de datos; Software: Germán Díaz Ureña.

### Referencias

- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish journal of emergency medicine*, 18(3), 91-93. <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2018.08.001>
- Alam, F., Chowdhury, H., Moria, H., y Fuss, F. K. (2010). A comparative study of football aerodynamics. *Procedia Engineering*, 2(2), 2443-2448. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.013>
- Almeida, B. S., y Silva, R. C. (2015). Aerodinámica de bolas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(3), 3505-1. <https://doi.org/10.1590/S1806-11173731789>
- Amat, S. S., Ortega, B. P., Olmedo, J. M., & Gasch, L. V. (2020). Anthropometric profile and conditional factors of U21 Spanish elite beach volleyball players according to playing position. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 38, 620-625. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.76766>
- Anguera, M. T., y Blanco, A. (2003). Registro y codificación en el comportamiento deportivo. En Hernández-Mendo, *Psicología del Deporte. Fundamento y aplicaciones* (Vol. 2, págs. 6-34). Barcelona: E.U.B. .
- Asai, T., Ito, S., Seo, K., y Hitotsubashi, A. (2010). Aerodynamics of a new volleyball. *Procedia Engineering*, 2(2), 2493-2498. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.021>
- Bearman, P. W., y Harvey, J. k. (1976). Golf ball aerodynamics. *Aeronautical Quarterly*, 27(2), 112-122. <https://doi.org/10.1017/S0001925900007617>
- Bermejo-Frutos, J. (2013). Análisis estructural del golpeo en tenis: una aproximación desde la biomecánica. *European Journal of Human Movement*, 31, 111-133. Retrieved 18 de Junio de 2022, from <https://www.redalyc.org/pdf/2742/274229586008.pdf>
- Calero, S. (2010). Las fórmulas estadísticas clásicas para procesar rendimiento técnico-táctico en el Voleibol. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 15(144), 1-5. Retrieved 14 de Junio de 2022, from <http://www.efdeportes.com/efd144/rendimiento-tecnico-tactico-del-voleibol.htm>
- Calero., S. (2012). *Sistema de registro y procesamiento del rendimiento técnico-táctico para el voleibol de alto nivel*. La Habana: Editorial Universitaria. Retrieved 18 de Junio de 2022, from [https://www.researchgate.net/publication/358830845\\_Sistema\\_de\\_registro\\_y\\_procesamiento\\_del\\_rendimiento\\_tecnico-tactico\\_para\\_el\\_voleibol\\_de\\_alto\\_nivel](https://www.researchgate.net/publication/358830845_Sistema_de_registro_y_procesamiento_del_rendimiento_tecnico-tactico_para_el_voleibol_de_alto_nivel)
- Calero-Morales, S. (2011). Significant influential variables in set volleyball performance. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 11(42), 347-361. Retrieved 18 de Abril de 2022, from <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista42/artvariables214.htm>
- Callejón-Lirola, D. (2006). *Estudio y análisis de la participación técnico-táctica del jugador libero en el Voleibol masculino de alto rendimiento*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, Instituto Nacional de Educación Física, Madrid. Retrieved 14 de Junio de 2022, from [https://oa.upm.es/146/1/tesis\\_CALLEJON\\_LIROLA.pdf](https://oa.upm.es/146/1/tesis_CALLEJON_LIROLA.pdf)
- Chowdhury, H., Loganathan, B., Wang, Y., Mustary, I., y Alam, F. (2016). A study of dimple characteristics on golf ball drag. *Procedia engineering*, 147, 87-91. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.194>
- da Silva Silva, L. G., Ferreira, R. W., Gaia, J. W., & Pires, D. A. (2022). Ansiedade pré-competitiva em atletas de voleibol amador. *Pre-competitive anxiety in amateur volleyball athletes*, 46, 574-580. <https://doi.org/10.47197/retos.v46.93284>
- Deprá, P. P., & Brenzikofer, R. (2004). Comparação de atletas do voleibol através da análise cinemática e dinâmica de trajetórias de bolas de saque. *Journal of Physical Education*, 15(1), 7-15. Retrieved Enero 19, 2023, from <https://docplayer.com.br/24971148-Comparacao-de-atletas-do-voleibol-atraves-da-analise-cinematica-e-dinamica-de-trajetorias-de-bolas-de-saque.html>
- Eom, H. J., y Schutz, R. W. (1992). Statistical analyses of volleyball team performance. *Research quarterly for exercise and sport*, 63(1), 11-18. <https://doi.org/10.1080/02701367.1992.10607551>
- Goff, J. E. (2013). A review of recent research into aerodynamics of sport projectiles. *Sports engineering*, 16(3), 137-154. <https://doi.org/10.1007/s12283-013-0117-z>
- Gohatre, U. B., Singla, D. C., y Patil, V. P. (2019). The Performance of Ball during Flight Incorporate lift Force, Drag, Gravity and high Turning Velocity Trajectories Tracking Prediction. *Compliance Engineering Journal*, 10(11), 95-101. Retrieved 10 de Junio de 2022, from <http://ijceng.com/gallery/cej-2450.08-f.pdf>
- González-Silva, J., Fernández-Echeverría, C., Conejero, M., y Moreno, M. P. (2021). Predictores de la eficacia de recepción en voleibol mundial masculino u-21 y absoluto. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*, 21(83), 451-466. <https://doi.org/10.15366/rimcafd2021.83.003>
- Goodwill, S. R., Chin, S. B., y Haake, S. J. (2004). Aerodynamics of spinning and non-spinning tennis balls. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, 92(11), 935-958. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2004.05.004>
- Gras-Consuegra, M. D., Reyes-Palau, N. C., & Samada-Cruz, Y. (2021). Technical-tactical control of combinations in the nague-waza of judo. *Arrancada*, 21(39), 125-135. Retrieved

- Febrero 15, 2023, from <https://revistarrancada.cujae.edu.cu/index.php/arrancada/article/view/395/292>
- Griego-Cairo, O., Santana-Lugones, J. L., Ojeda-Valbuena, J. R., & La Rosa-Piedra, A. (2022). Bilateral character of the technical-tactical training in Beach Volleyball. Essence of a specific principle. *Arrancada*, 22(43), 168-183. Retrieved Enero 26, 2023, from <https://revistarrancada.cujae.edu.cu/index.php/arrancada/article/view/512>
- Harabagiu, N. (2020). The Importance of Using the “Data Volley” Software and of the “Data Video” System in the Tactical Training of the Middle Blocker for Official Games. *Gymnasium*, 21(1), 34-41. <https://doi.org/0.29081/gsjesh.2020.21.1.03>
- Hong, S. C. (2011). Aerodynamics of knuckling effect shot using kick-robot. *International Journal of Applied sports sciences (IJASS)*, 23(2), 406-420. Retrieved 16 de Junio de 2002, from <https://www.dbpia.co.kr/Journal/articleDetail?nodeId=NODE08992444>
- Hong, S., Weon, B. M., Nakanishi, Y., Kimachi, K., Seo, K., y Asai, T. (2018). Aerodynamic effects of a panel orientation in volleyball float serve. *ISBS Proceedings Archive*, 36(1), 877. Retrieved 18 de Junio de 2022, from [https://sprinz.aut.ac.nz/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/203021/143\\_1378\\_Hong.pdf](https://sprinz.aut.ac.nz/__data/assets/pdf_file/0008/203021/143_1378_Hong.pdf)
- Hong, S., Asai, T., y Weon, B. M. (2019). Surface patterns for drag modification in volleyballs. *Applied Sciences*, 9(19), 4007. <https://doi.org/10.3390/app9194007>
- Hong, S., Ozaki, H., Watanabe, K., y Asai, T. (2020). Aerodynamic characteristics of new volleyball for the 2020 Tokyo Olympics. *Applied Sciences*, 10(9), 3256. <https://doi.org/10.3390/app10093256>
- Hong, S., y Asai, T. (2017). Aerodynamic effects of dimples on soccer ball surfaces. *Heliyon*, 3(10), e00432. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00432>
- Lassagne, A. (2006). *Modelización dinámica de las pelotas de golf*. Tesis de Grado, Universidad Politécnica de Cataluña, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, Barcelona. Retrieved 15 de Junio de 2022, from <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3218>
- Lenoir, M., Vansteenkiste, J., Vermeulen, J., y De Clercq, D. (2005). Effects of contrasting colour patterns of the ball in the volleyball reception. *Journal of sports sciences*, 23(8), 871-879. <https://doi.org/10.1080/02640410400022722>
- Lignarolo, L. E., Lelieveld, C. M., y Teuffel, P. (2011). Shape morphing wind-responsive facade systems realized with smart materials. *Adaptive Architecture: An International Conference* (págs. 3-5). London: F. Stacey, & M. Stacey (Eds.). Retrieved 16 de Junio de 2022, from <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.468.5039&rep=rep1&type=pdf>
- MacKenzie, S., Kortegaard, K., LeVangie, M., & Barro, B. (2012). Evaluation of two methods of the jump float serve in volleyball. *Journal of applied biomechanics*, 28(5), 579-586. <https://doi.org/10.1123/jab.28.5.579>
- Marcelino, R. O., Sampaio, J. E., & Mesquita, I. M. (2012). Attack and serve performances according to the match period and quality of opposition in elite volleyball matches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3385-3391. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182474269>
- Marinho, B., & das Virgens Chagas, D. (2022). Can motor coordination level predict performance on volleyball skills in youth? *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, 45, 195-201. <https://doi.org/10.47197/retos.v45i0.90359>
- Martínez, E. L., García, G. M., & Molina-Martín, J. J. (2023). Quantification of the competition load of the sets in high-level volleyball in the year 2021. *Journal of Physical Education and Sport*, 23(1), 134-142. <https://doi.org/10.7752/jpes.2023.01017>
- Mehta, R. D. (1985). Aerodynamics of sports balls. Annual Review of Fluid Mechanics. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 17(1), 151-189. <https://doi.org/10.1146/annurev.fl.17.010185.001055>
- Mehta, R. D. (2009). *Sport ball aerodynamics*. New York: Springer Science & Business Media.
- Molina, J. J., y Salas, C. (2009). *Voleibol táctico*. Barcelona: Paidotribo.
- Morales, S. C., Lorenzo, A. F., López, P. A., y Cevallos, E. C. (2017). Anomalies in effectiveness: A mathematical model used in international volleyball. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 32, 194-198. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i32.49650>
- Piras, A., Lobietti, R., y Squatrito, S. (2014). Response time, visual search strategy, and anticipatory skills in volleyball players. *Journal of ophthalmology*, 2014, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2014/189268>
- Puertas-Puertas, C. A., & Viasus, P. V. (2023). Velocidad y agilidad en jóvenes basquetbolistas, efecto del uso del balón. *Arrancada*, 23(45), 44-58. Retrieved Mayo 30, 2023, from <https://revistarrancada.cujae.edu.cu/index.php/arrancada/article/view/599/393>
- Qing-Ding, W., Rong-Sheng, L., y Zhi-jie, L. (1988). Vortex-induced dynamic loads on a non-spinning volleyball. *Fluid Dynamics Research*, 3(1-4), 231. [https://doi.org/10.1016/0169-5983\(88\)90071-8](https://doi.org/10.1016/0169-5983(88)90071-8)
- Ripoll, H., y Fleurance, P. (1988). What does keeping one's eye on the ball mean? *Ergonomics*, 31(11), 1647-1654. <https://doi.org/10.1080/00140138808966814>
- Selinger, A., y Ackermann-Blount, J. (1986). *Arie Selinger's power volleyball*. New York: St. Martin's Press.
- Shahid, F., Hussain, M., Baig, M. M., & ul Haq, I. (2017). Variation in aerodynamic coefficients with altitude. *Results in physics*, 7, 1261-1273. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2017.03.020>
- Sibley, B. A., y Etnier, J. L. (2004). Time course of attention and decision making during a volleyball set. *Research quarterly for exercise and sport*, 75(1), 102-106. <https://doi.org/10.1080/02701367.2004.10609138>