

**Facultat de Ciències de  
l'Activitat Física i de l'Esport**

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

**TESIS DOCTORAL**

**“ANÁLISIS TÉCNICO-TÁCTICO Y DE LOS  
DESPLAZAMIENTOS DE TENISTAS PROFESIONALES EN  
PISTA RÁPIDA”**

**Doctorando:**

Rafael Martínez-Gallego

**Directores:**

Dr. D. Miguel Crespo Celda

Dr. D. José Francisco Guzmán Luján

Dr. D. Goran Vuckovic

**Valencia, Marzo de 2015**



Después de escalar una gran colina, uno se encuentra sólo con que hay muchas  
más colinas que escalar.

Nelson Mandela



## Agradecimientos

La realización de una tesis doctoral, sin ser el final del camino, sí que es un hito de los más importantes que se pueden producir a lo largo de la vida académica de una persona. Por ello, pienso que es un magnífico momento para agradecer a todos aquellos que durante un momento u otro del camino, han compartido mi viaje y me han permitido llegar hasta aquí.

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres por haberme guiado desde mis primeros pasos hasta ahora, dejando que fuera yo mismo el que marcaba mi ruta, pero sin dejar de estar cerca para apoyarme en cada momento que los he necesitado. Junto a mis padres, mis hermanas han sido otras dos personas que sin duda han marcado mi camino, y aunque en este último tiempo hayamos cogido diferentes rumbos, sé que siempre estarán ahí.

Tampoco quiero olvidarme de todas aquellas personas del mundo del tenis que me he ido encontrando durante todos estos años, ya que de una forma u otra han contribuido a mi pasión por este deporte y, por tanto, a poder haber llegado a escribir esta tesis. Quiero agradecer especialmente a los compañeros del Club de Tenis El Puig por haberme facilitado tanto la difícil labor de compaginar el trabajo con el desarrollo de esta tesis, y en especial a mis jugadores y jugadoras, ya que ellos son los que más me ayudan a aprender, y me motivan a embarcarme en proyectos como éste.

Otros compañeros de viaje magníficos han sido mis compañeros y amigos del grupo de investigación GIARDYC: Vicente, Carles y especialmente Jesús, que fue el primero en adentrarse en una tesis

relacionada con el análisis de rendimiento y que tanto me ha ayudado en este trabajo. Trabajar junto a tan buena gente y tan competente es un placer y facilita muchísimo el seguir motivado día a día.

Cuando uno se adentra en un terreno desconocido, es prácticamente imposible tener éxito sin alguien que lo conozca y le guíe por él. En mi caso he tenido la suerte de contar, no con uno, sino con tres directores que son referentes en el mundo de la investigación y que me han facilitado enormemente la tarea. En primer lugar, quiero agradecer a Goran su hospitalidad durante todo el tiempo que estuve en la Universidad de Ljubljana, y su disposición para todo aquello que he necesitado durante todo este tiempo. En segundo lugar, agradecer a Miguel por haber sido uno de mis mayores referentes, no solo en lo relativo a esta tesis sino también a nivel personal y profesional. Finalmente, requiere un agradecimiento especial Jose, él fue el que me propuso comenzar con todo esto, y él ha sido el que día a día ha estado ahí.

Por último, quiero agradecer a la persona con la que en estos últimos años comparto cada día, ella es la que más me ha tenido que soportar durante todo este camino, con todo lo que ello conlleva. Gracias Laura por tu comprensión y por ser la mano a la que me he podido agarrar cuando la ruta se complicaba.

# ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	13
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	17
1. INTRODUCCIÓN .....	23
1.1. Valoración personal.....	23
1.2. Estructura de contenidos .....	25
1.2.1. Marco teórico .....	25
1.2.2. Objetivos e hipótesis .....	25
1.2.3. Método .....	26
1.2.4. Resultados .....	26
1.2.5. Discusión.....	26
1.2.6. Conclusiones.....	26
1.2.7. Limitaciones del estudio y perspectivas de investigación .....	27
1.2.8. Implicaciones para el entrenamiento .....	27
1.2.9. Referencias bibliográficas.....	27
1.2.10. Anexos .....	27
1.3. Justificación de la tesis .....	27
2. MARCO TEÓRICO .....	33
2.1. El proceso de entrenamiento.....	33
2.2. El concepto de análisis de rendimiento deportivo.....	35
2.2.1. Temas de investigación en análisis de rendimiento .....	36

2.3. Concepto, origen y evolución del análisis notacional .....	40
2.3.1. Análisis notacional manual.....	41
2.3.2. Análisis notacional computerizado .....	42
2.3.3. El análisis notacional en la actualidad.....	44
2.4. Áreas de aplicación del análisis notacional en deportes de raqueta.....	45
2.4.1. Análisis táctico .....	46
2.4.2. Análisis técnico .....	53
2.4.3. Análisis de movimiento .....	58
2.4.4. Bases de datos y modelos .....	64
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	71
3.1. Objetivos.....	71
3.2. Hipótesis .....	73
4. MÉTODO .....	77
4.1. Muestra .....	77
4.2. Instrumentos .....	77
4.3. Diseño y contextualización.....	81
4.4. Variables analizadas .....	81
4.4.1. Relación entre las variables y los objetivos.....	85
4.5. Procedimiento .....	86
4.6. Tratamiento de los datos.....	86
4.7. Análisis de fiabilidad .....	88
4.8. Análisis estadístico.....	91
5. RESULTADOS.....	95
5.1. Resultados relativos al objetivo general 1. ....	95

5.1.1. Resultados relativos al objetivo específico 1.1. ....	95
5.1.2. Resultados relativos al objetivo específico 1.2. ....	101
5.1.3. Resultados relativos al objetivo específico 1.3. ....	104
5.1.4. Resultados relativos al objetivo específico 1.4. ....	108
5.2. Resultados relativos al objetivo general 2. ....	115
5.2.1. Resultados relativos al objetivo específico 2.1. ....	115
5.2.2. Resultados relativos al objetivo específico 2.2. ....	121
5.2.3. Resultados relativos al objetivo específico 2.3. ....	125
5.2.4. Resultados relativos al objetivo específico 2.4. ....	128
6. DISCUSIÓN .....	139
6.1. Discusión referente al objetivo general 1. ....	139
6.1.1. Discusión referente al objetivo específico 1.1. ....	139
6.1.2. Discusión referente al objetivo específico 1.2. ....	143
6.1.3. Discusión referente al objetivo específico 1.3. ....	144
6.1.4. Discusión referente al objetivo específico 1.4. ....	145
6.2. Discusión referente al objetivo general 2. ....	147
6.2.1. Discusión referente al objetivo específico 2.1. ....	147
6.2.2. Discusión referente al objetivo específico 2.2. ....	149
6.2.3. Discusión referente al objetivo específico 2.3. ....	150
6.2.4. Discusión referente al objetivo específico 2.4. ....	151
7. CONCLUSIONES.....	157
7.1. Conclusiones relativas al objetivo general 1. ....	157
7.2. Conclusiones relativas al objetivo general 2. ....	159
8. LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y PROSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN .....	165

9. IMPLICACIONES PARA EL ENTRENAMIENTO .....	169
9.1. Planificación de la temporada.....	169
9.2. Planteamiento estratégico de los partidos. ....	172
9.3. Diseño de ejercicios para el entrenamiento .....	173
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	183
11. ANEXOS.....	201
ANEXO 1: Consulta a base de datos para análisis de movimiento.....	201
ANEXO 2: Consultas a base de datos para análisis técnico-táctico.....	202
Winners del ganador en zona ofensiva .....	202
Winners del ganador en zona defensiva .....	202
Winners del perdedor en zona ofensiva .....	202
Winners del perdedor en zona defensiva .....	202
Errores no forzados del ganador en zona ofensiva.....	203
Errores no forzados del ganador en zona defensiva.....	203
Errores no forzados del perdedor en zona ofensiva .....	203
Errores no forzados del perdedor en zona defensiva .....	204
Errores forzados del ganador en zona ofensiva .....	204
Errores forzados del ganador en zona defensiva .....	204
Errores forzados del perdedor en zona ofensiva .....	205
Errores forzados del perdedor en zona defensiva .....	205

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resumen de los temas de investigación en análisis de rendimiento..	40
Cuadro 2. Estudios de análisis notacional táctico en tenis .....	52
Cuadro 3. Estudios de análisis notacional técnico en tenis. ....	57
Cuadro 4. Estudios de análisis notacional de movimiento en deportes de raqueta. ....	63
Cuadro 5. Estudios de análisis notacional de modelado en deportes de raqueta. .....	68
Cuadro 6. Conclusiones e implicaciones para el planteamiento estratégico de los partidos.....	173

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del proceso de entrenamiento. (Franks et al. 1983) .....	33
Figura 2. Posición de las cámaras e imágenes de video capturadas.....	78
Figura 3. Módulo de calibración.....	79
Figura 4. Módulo de rastreo.....	79
Figura 5. Módulo de anotación. ....	80
Figura 6. Módulo de presentación. ....	80
Figura 7. Zonas ofensivas y defensivas.....	84
Figura 8. Ejercicio1.....	174
Figura 9. Ejercicio 2.....	176
Figura 10. Ejercicio 3.....	177
Figura 11. Ejercicio 4.....	178
Figura 12. Ejercicio 5.....	179
Figura 13. Ejercicio 6.....	180

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estrategias de servicio según George (1973).....	65
Tabla 2. Variables estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 1. .....	85
Tabla 3. . Variables estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 2. ....	86
Tabla 4. Interpretación de los valores de Kappa (Altman, 1990, p. 404).....	90
Tabla 5. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la duración de los puntos.....	95
Tabla 6. Estadísticos descriptivos de la variable duración de los puntos. ....	96
Tabla 7. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la distancia recorrida. .....	97
Tabla 8. Estadísticos descriptivos de la variable distancia recorrida. ....	98
Tabla 9. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la velocidad de desplazamiento. ....	99
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la variable velocidad de desplazamiento.	99
Tabla 11. Correlaciones bivariadas de Spearman entre las variables de análisis del objetivo 1.1. ....	100
Tabla 12. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores de los puntos. ....	101
Tabla 13. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la distancia recorrida por los ganadores y los perdedores de los puntos. ....	102
Tabla 14. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la velocidad entre los ganadores y perdedores de los puntos. ....	103
Tabla 15. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la velocidad de los ganadores y los perdedores de los puntos. ....	104
Tabla 16. Estadísticos descriptivos para el tiempo en zona ofensiva y defensiva. .....	105

Tabla 17. Estadísticos descriptivos para la distancia recorrida por los jugadores en zona ofensiva y defensiva.....	106
Tabla 18. Estadísticos descriptivos para la velocidad de desplazamiento de los jugadores en zona ofensiva y defensiva.....	107
Tabla 19. Correlaciones bivariadas de Spearman entre el tiempo, la distancia recorrida y la velocidad en zona ofensiva y zona defensiva. ....	108
Tabla 20. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar el tiempo de los ganadores y perdedores en zona ofensiva y zona defensiva.....	109
Tabla 21. Correlaciones bivariadas de Spearman entre el tiempo de los ganadores y perdedores en la zona ofensiva y la zona defensiva. ....	110
Tabla 22. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la distancia recorrida por los ganadores y perdedores de los puntos en zona ofensiva y zona defensiva.....	111
Tabla 23. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la distancia recorrida por los ganadores y perdedores en la zona ofensiva y la zona defensiva.....	112
Tabla 24. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la distancia recorrida por los ganadores y perdedores de los puntos en zona ofensiva y zona defensiva.....	113
Tabla 25. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la velocidad de los ganadores y perdedores de los puntos en la zona ofensiva y la zona defensiva. ....	115
Tabla 26. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la variable golpes ganadores por juego.....	116
Tabla 27. Estadísticos descriptivos de la variable golpes ganadores. ....	116
Tabla 28. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la variable errores no forzados. ....	118
Tabla 29. Estadísticos descriptivos de la variable errores no forzados. ....	118
Tabla 30. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la variable eficacia. ....	119
Tabla 31. Estadísticos descriptivos de la variable eficacia. ....	119

Tabla 32. Correlaciones bivariadas de Spearman entre las variables de análisis del objetivo 2.1. ....	120
Tabla 33. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar el número de golpes ganadores realizados por los ganadores y los perdedores del juego.....	121
Tabla 34. Correlaciones bivariadas de Spearman entre los golpes ganadores realizados por los ganadores y los perdedores del juego. ....	122
Tabla 35. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar el número de errores no forzados entre los ganadores y perdedores del juego. ....	122
Tabla 36. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la velocidad de los ganadores y los perdedores. ....	123
Tabla 37. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la eficacia de los ganadores y los perdedores .....	124
Tabla 38. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la eficacia de los ganadores y los perdedores. ....	125
Tabla 39. Estadísticos descriptivos para los golpes ganadores en zona ofensiva y defensiva por juego. ....	125
Tabla 40. Estadísticos descriptivos para el número de errores no forzados en zona ofensiva y defensiva.....	126
Tabla 41. Estadísticos descriptivos para la eficacia de los jugadores en zona ofensiva y defensiva. ....	127
Tabla 42. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar los golpes ganadores realizados por los ganadores y perdedores del juego en zona ofensiva y zona defensiva. ....	129
Tabla 43. Correlaciones bivariadas de Spearman entre los golpes ganadores realizados por los ganadores y perdedores del juego en la zona ofensiva y la zona defensiva. ....	130
Tabla 44. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar los errores no forzados cometidos por los ganadores y los perdedores del juego en zona ofensiva y zona defensiva.....	131

Tabla 45. Correlaciones bivariadas de Spearman entre el número de errores no forzados cometidos por los ganadores y perdedores del juego en la zona ofensiva y la zona defensiva. ....	133
Tabla 46. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar eficacia entre los ganadores y los perdedores del juego en zona ofensiva y zona defensiva. ....	133
Tabla 47. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la velocidad de los ganadores y perdedores en la zona ofensiva y la zona defensiva. ....	135
Tabla 48. Duración de los puntos en función del nivel y la superficie .....	141

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribución de los datos para la duración de los puntos. ....	95
Gráfico 2. Duración media de los puntos. ....	96
Gráfico 3. Distribución de los datos para la distancia recorrida. ....	97
Gráfico 4. Distancia media recorrida.....	98
Gráfico 5. Distribución de los datos para la velocidad de desplazamiento .....	99
Gráfico 6. Velocidad media de desplazamiento.....	100
Gráfico 7. Distancia recorrida por los ganadores y perdedores de los puntos..	101
Gráfico 8. Relación entre la distancia recorrida por los ganadores y los perdedores de los puntos.....	102
Gráfico 9. Velocidad de desplazamiento de los ganadores y los perdedores de los puntos .....	103
Gráfico 10. Relación entre la velocidad de desplazamiento de los ganadores y de los perdedores de los puntos .....	104
Gráfico 11. Tiempo en zona ofensiva y en zona defensiva. ....	105
Gráfico 12. Distancia recorrida en zona ofensiva y en zona defensiva.....	106
Gráfico 13. Velocidad de desplazamiento en zona ofensiva y en zona defensiva .....	107
Gráfico 14. Tiempo en zona ofensiva de los ganadores y de los perdedores de los puntos.....	109
Gráfico 15. Tiempo en zona defensiva de los ganadores y de los perdedores de los puntos. ....	109
Gráfico 16. Distancia recorrida en zona ofensiva por los ganadores y los perdedores de los puntos.....	111
Gráfico 17. Distancia recorrida en zona defensiva por los ganadores y los perdedores de los puntos.....	112
Gráfico 18. Velocidad de desplazamiento en zona ofensiva de los ganadores y los perdedores de los puntos. ....	114

Gráfico 19. Velocidad de desplazamiento en zona defensiva de los ganadores y los perdedores de los puntos. ....	114
Gráfico 20. Distribución de los datos para la variable golpes ganadores por juego. ....	116
Gráfico 21. Número de golpes ganadores por juego. ....	117
Gráfico 22. . Distribución de los datos para la variable errores no forzados por juego. ....	117
Gráfico 23. Número de errores no forzados por juego. ....	118
Gráfico 24. Distribución de los datos para la variable eficacia por juego. ....	119
Gráfico 25. Eficacia media por juego. ....	120
Gráfico 26. Golpes ganadores realizados por los ganadores y perdedores del juego .....	121
Gráfico 27. Errores no forzados realizados por ganadores y perdedores del juego. ....	123
Gráfico 28. Eficacia de los ganadores y los perdedores del juego. ....	124
Gráfico 29. Golpes ganadores en zona ofensiva y zona defensiva por juego. ....	126
Gráfico 30. Errores no forzados en zona ofensiva y en zona defensiva por juego. ....	127
Gráfico 31. Eficacia en zona defensiva y en zona ofensiva por juego. ....	128
Gráfico 32. Golpes ganadores en zona ofensiva de los ganadores y los perdedores por juego. ....	129
Gráfico 33. Golpes ganadores en zona defensiva de los ganadores y los perdedores por juego. ....	130
Gráfico 34. Errores no forzados en zona ofensiva de los ganadores y los perdedores del juego. ....	132
Gráfico 35. Errores no forzados en zona defensiva de los ganadores y los perdedores. ....	132
Gráfico 36. Eficacia en zona ofensiva de los ganadores y los perdedores del juego. ....	134

Gráfico 37. Eficacia en zona defensiva de los ganadores y los perdedores del juego. ....	134
--	-----



# INTRODUCCIÓN

---



# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Valoración personal

El embarcarse en un proceso de investigación suele estar relacionado en muchos casos con una motivación y una experiencia personal especial hacia el tema. Si hablamos de una tesis doctoral, esa motivación y relación personal con el tema de investigación pueden ser determinantes para poder llevar a cabo el duro y a la vez fascinante camino hasta finalizar el proceso.

Mi relación con el tenis comienza con apenas 6 años de edad, cuando comienzo a practicar este deporte en la escuela de tenis de un pequeño club, y se extiende hasta el momento en el que me encuentro escribiendo estas líneas. Este es el deporte en torno al cual han acontecido algunas de las mejores experiencias que he vivido, primero como jugador, posteriormente como entrenador y finalmente como investigador (o aspirante a ello). Ya como jugador me apasionaba entrenar, saber por qué ganaba o perdía, o por qué resultaba mejor jugar de una determinada forma u otra. Más tarde, cuando empecé como entrenador esas inquietudes que tenía como jugador se multiplicaban y sentía la necesidad de conocer más sobre el deporte para poder transmitirlo a mis jugadores. Esto me llevó a matricularme en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte y posteriormente realizar el Máster de Investigación e Intervención en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.

Fue durante la realización del máster cuando surgió la oportunidad de llevar a cabo el proyecto que finalmente ha desembocado en esta tesis. Mi tutor ya durante el máster, el profesor José Francisco Guzmán, me transmitió el interés por parte de la organización del Valencia Open 500 de llevar a cabo un estudio durante la celebración del torneo y me propuso este proyecto como un posible proyecto de tesis doctoral. Por supuesto acepté, ¿qué mejor manera de

responder a todas esas preguntas que me habían asaltado en el pasado que investigando en mi deporte?

A lo largo de estos más de tres años ha habido multitud de piedras en el camino, pero también de momentos muy gratificantes. Sin duda, los mayores problemas han venido dados por la tecnología y la logística. La elección del tipo de cámaras, y el tratamiento y conversión de las imágenes a formatos requeridos según los programas utilizados, fue uno de los aspectos más problemáticos, teniendo incluso que desechar algunos partidos por pérdidas de fotogramas o por incompatibilidad con el programa de rastreo. Dicho esto, también he de decidir que la recompensa a todo esto ha merecido la pena ya que cada problema que surgía se convertía en una experiencia más y en una situación de aprendizaje nueva. De hecho, además del aprendizaje que se supone implícito y relacionado con el propio tema de investigación, he podido aprender multitud de cosas sobre grabación de imágenes, programas informáticos, eventos deportivos etc. Otro aspecto muy enriquecedor ha sido el tener que viajar para registrar los datos, presentar comunicaciones previas en congresos etc., lo que me ha permitido conocer muchas personas de varios países y además compartir muy buenos momentos con compañeros del grupo de investigación del cual formo parte (GIARDYC). Especialmente interesante fue la estancia en la Universidad de Ljubljana (Eslovenia), donde estuve cerca de un mes registrando los datos a través del programa de rastreo diseñado por uno de mis directores de tesis, pudiendo además conocer la universidad y los proyectos de investigación en los cuales estaban trabajando.

Finalmente, algo que al principio también podía parecer un problema, era el tener tres tutores de diferentes universidades e incluso uno de ellos de diferente país. Pero esto, lejos de ser un inconveniente ha sido una oportunidad para aprender diferentes formas de entender las cosas, para tener que escribir y comunicarme en otro idioma, y en definitiva de poder nutrirme de tres excelentes profesores que son referencia en el ámbito de las Ciencias del Deporte.

## 1.2. Estructura de contenidos

### *1.2.1. Marco teórico*

El principal objetivo de este apartado es establecer un marco de referencia, donde se van a fundamentar una serie de conceptos, áreas de estudio y teorías relacionadas directamente con los objetivos de esta tesis. Para ello, este marco teórico se ha estructurado en cuatro subapartados. En el primer subapartado, “El proceso de entrenamiento”, se define este proceso con sus debilidades y fortalezas, justificando la necesidad de emplear sistemas más objetivos que los que tradicionalmente se han utilizado para informar a los deportistas sobre su rendimiento. En el siguiente subapartado, “El concepto de análisis de rendimiento deportivo” se define este concepto, justificando como este tipo de análisis puede ayudar a la comprensión del deporte y a obtener datos objetivos sobre el rendimiento, además, se definen los principales temas de investigación dentro de éste ámbito. Posteriormente, en el subapartado “Concepto, origen y evolución del análisis notacional”, se introduce el concepto de análisis notacional, indicando como ha ido evolucionando desde sistemas manuales más rudimentarios hasta sistemas computerizados utilizados en la actualidad. Finalmente, en el último subapartado, “Áreas de aplicación del análisis notacional en deportes de raqueta”, se describen las cuatro áreas donde tiene una especial aplicación el análisis notacional, y se realiza una revisión de los principales trabajos que se han llevado a cabo en cada una de estas áreas.

### *1.2.2. Objetivos e hipótesis*

En este apartado, en primer lugar, se definen cuáles van a ser los objetivos de la presente tesis, planteando dos grandes objetivos generales que posteriormente son especificados a través de cuatro objetivos específicos para cada objetivo general. En segundo lugar, se plantea una hipótesis para cada uno de los objetivos específicos.

### *1.2.3. Método*

El apartado correspondiente al método se estructura en ocho subapartados. En el primero, “Muestra”, se indica la muestra de partidos y jugadores empleada en este estudio, en el subapartado “Instrumentos” se describen las herramientas utilizadas para llevar a cabo el proceso de investigación; en “Diseño y contextualización” se especifica el tipo de estudio llevado a cabo; en el siguiente subapartado “Variables analizadas” se definen y clasifican todas las variables estudiadas; en “Procedimiento” se detalla todos los pasos seguidos para la obtención de los datos; posteriormente, en “Tratamiento de los datos”, se especifica todos los pasos de transformación de los datos que se han llevado a cabo; en el siguiente subapartado, “Análisis de fiabilidad”, se enmarca este concepto dentro del análisis de rendimiento, explicando los distintos tipos de análisis existentes, justificando el análisis llevado a cabo y presentando los resultados obtenidos; finalmente en el “Análisis estadístico” se especifican y justifican los análisis estadísticos empleados en el trabajo.

### *1.2.4. Resultados*

En este apartado se exponen los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos planteados.

### *1.2.5. Discusión*

En este punto se discuten los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos en función de las hipótesis planteadas.

### *1.2.6. Conclusiones*

En el apartado de conclusiones, se exponen las conclusiones obtenidas para cada uno de los objetivos generales.

### *1.2.7. Limitaciones del estudio y perspectivas de investigación*

El objetivo de este apartado es indicar las principales limitaciones que presenta el estudio y proponer algunas líneas de investigación que podrían llevarse a cabo, relacionadas con dichas limitaciones.

### *1.2.8. Implicaciones para el entrenamiento*

En este apartado se exponen las posibles implicaciones que dicha información puede tener a la hora de ser aplicada en el entrenamiento.

### *1.2.9. Referencias bibliográficas*

En el apartado de referencias bibliográficas se indican todas las fuentes referenciadas durante el trabajo.

### *1.2.10. Anexos*

En este último apartado se adjuntan todos los anexos a los que se ha hecho referencia durante el trabajo.

## **1.3. Justificación de la tesis**

El objetivo de este punto será establecer y poner de manifiesto una serie de aspectos que justifican el porqué de haber llevado a cabo esta tesis.

La elección del tenis como deporte analizado, además de por la especial vinculación personal ya expresada en la valoración personal, viene justificada por la más que contrastada importancia del propio deporte a nivel nacional y mundial. El tenis es uno de los deportes individuales más practicados, con un total de 60 millones de practicantes en todo el mundo (Crespo, 2009), y en España es uno de los 10 deportes más practicados, siendo el primero de los deportes de raqueta, según la última estadística publicada sobre los hábitos deportivos de los

españoles (García Ferrando y Llopis, 2010). A nivel profesional, el tenis tiene uno de los circuitos mundiales más consolidados (ATP World Tour), disputándose torneos en los cinco continentes a lo largo de todo el año, además de otros torneos de gran relevancia como son los Grand Slams o la Copa Davis. A este nivel, España es conocida por ser una de las principales potencias mundiales del tenis durante los últimos 20 años (Sánchez-Alcaraz, 2013).

Sin embargo, a pesar de la gran relevancia de este deporte a nivel mundial, existen algunas carencias en la investigación científica de ciertos aspectos como son el análisis de movimiento de los jugadores y el análisis técnico-táctico. En este sentido, el análisis de rendimiento deportivo, a pesar de ser un campo de investigación reciente, es un área ampliamente reconocida dentro de las Ciencias del Deporte (Muñoz, 2013) que permitirá estudiar estos aspectos a los que hacemos referencia.

La pretensión de esta tesis es que ayude directamente a una mejor comprensión tanto de la carga física de un jugador profesional como de aquellos aspectos técnico-tácticos que van a ser determinantes en el rendimiento de los jugadores, y por tanto permitan a entrenadores y a preparadores físicos una mejor planificación y diseño del entrenamiento. Seguidamente, se van a especificar los aportes de esta tesis con respecto a los objetivos planteados.

En el primer objetivo de la tesis se describen las características de movimiento, en cuanto a volumen e intensidad se refiere, y se analiza si existen diferencias entre ganadores y perdedores. Éstas características de movimiento, están ligadas a una serie de principios del entrenamiento que buscan que la carga del entrenamiento aplicada al deportista incremente su rendimiento. Uno de estos principios del entrenamiento, el de “especificidad de la carga de entrenamiento” (Grosser, Starischka y Zimmermann, 1988), se basa en la necesidad de aplicar entrenamientos lo más realistas posible, con unas condiciones específicas que se asemejen lo máximo posible a situaciones de

competición. Por ello, será de vital importancia conocer qué tipo de esfuerzos realiza el deportista durante la competición para, a partir de ellos, diseñar programas de entrenamiento que produzcan una mejora en el rendimiento del deportista (Barris y Button, 2008). Además, conocer las zonas donde se produzcan esos esfuerzos y las diferencias que se produzcan entre los ganadores y los perdedores, van a permitir establecer qué características de movimiento tienen un mayor éxito en competición y generan un mejor rendimiento.

Por tanto, conocer la duración de los puntos, la distancia recorrida y la velocidad de desplazamiento, así como las diferencias entre ganadores y perdedores respecto a estas variables, van a permitir a los entrenadores y preparadores físicos desarrollar entrenamientos y plantear situaciones de competición basadas en estos aspectos.

El segundo objetivo de la tesis consiste en comprobar las características técnico-tácticas en cuanto al número de golpes ganadores y errores no forzados y establecer si existen diferencias entre ganadores y perdedores. Desde el punto de vista del análisis notacional, la evaluación de los aspectos técnicos no se basa en la técnica en sí, sino que se basa en el resultado de las acciones (Hughes, Hughes y Behan, 2007). El análisis la eficacia de las acciones se considera un buen indicador del estilo de juego, de las debilidades y fortalezas de cada estilo y de otros muchos factores que influyen en el éxito. Uno de los mejores indicadores y más utilizados es la ratio entre los golpes ganadores y los errores (Filipicic, Filipicic y Berendijas, 2008). Además, esta información unida a la posición que ocupan los tenistas en las diferentes acciones supone un indicador mucho más fiable (Martínez-Gallego, Guzmán, James, Ramón-Llin, Crespo y Vuckovic, 2013).

Por tanto, el número de golpes ganadores y errores no forzados que realizan los jugadores en función de su posición y del resultado, permitirá a los entrenadores conocer qué estilo de juego es el predominante, cuáles son las zonas de la pista que presentan una mejor eficacia y cuál es el estilo de juego que

obtiene un mejor rendimiento. Todo esto, al igual que los beneficios aportados a través del objetivo anterior, también contribuirá a un mejor diseño y planificación de los ejercicios y sesiones de entrenamiento.

# MARCO TEÓRICO

---

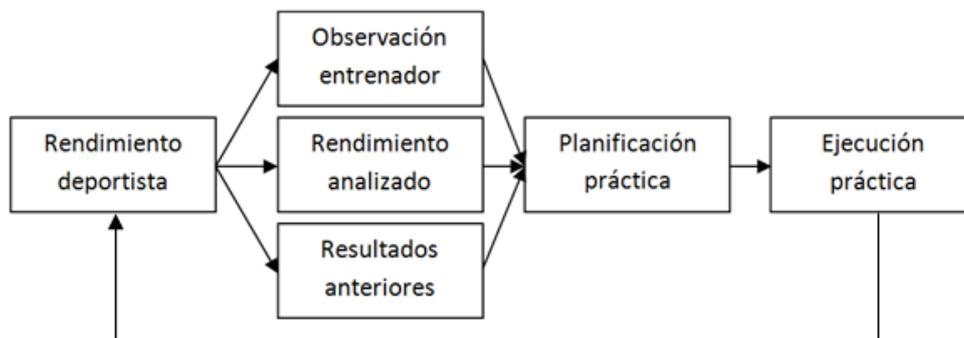


## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. El proceso de entrenamiento.

El proceso de entrenamiento juega un papel vital en el rendimiento deportivo, entendiendo este proceso como la relación entre el entrenador y el deportista, a través de la cual se busca una mejora en el rendimiento. Esta mejora producida por el proceso de entrenamiento, provocará una serie de cambios observables en la conducta del deportista, por lo que la enseñanza de nuevas habilidades y el entrenamiento van a depender en gran medida del análisis de dichos cambios en la conducta. Para que la retroalimentación que recibe el deportista sea efectiva y se produzcan las mejoras que se persiguen, es necesario que la información que se analiza sea cierta y precisa. En la mayoría de las ocasiones, el análisis de rendimiento se basa en una serie de evaluaciones de tipo cualitativo realizadas por el entrenador (Hughes y Franks, 2007).

Franks, Goodman y Miller (1983) realizaron un diagrama mediante el cual se ilustra el proceso de entrenamiento (Figura 1).



**Figura 1. Esquema del proceso de entrenamiento. (Franks et al. 1983)**

Este diagrama describe el proceso de entrenamiento distinguiendo entre una fase de observación, otra fase de análisis y una fase de planificación. El entrenador observa el juego y lo analiza detectando aspectos positivos y

negativos de las acciones observadas, estos aspectos junto con los resultados anteriores, determinan la planificación de la siguiente práctica o competición. Finalmente se lleva a cabo la ejecución, y el proceso se repite. En este proceso de entrenamiento, según Hughes y Franks (2007), existen problemas que vienen dados por la evaluación subjetiva del entrenador sobre las diferentes acciones que se dan en el juego, lo que repercute directamente en la planificación y en el feedback que éstos aportan a sus deportistas.

El feedback aportado por el entrenador sobre el rendimiento de un deportista o equipo tradicionalmente se ha basado en observaciones subjetivas proporcionadas durante la práctica, creyendo que el propio entrenador podía informar sobre los elementos críticos del rendimiento sin ningún tipo de ayuda en la observación. Sin embargo, varios estudios no solo contradicen esta opinión, sino que añaden que la capacidad de recordar de entrenadores con experiencia solo son ligeramente superiores a las de los novatos, y que incluso tras programas de entrenamiento observacional, las habilidades de los entrenadores para recordar sólo mejoraron ligeramente (Murray, Hughes, White, y Locke, 2007). Además, la investigación en psicología aplicada ha demostrado que estas habilidades para recordar también están influidas por factores que incluyen motivos del observador y creencias, por lo que no se puede considerar al entrenador como un perceptor pasivo de información, sino que su percepción de los acontecimientos es selectiva y constructiva, y no simplemente un proceso de copia (Hughes y Franks, 1997). Así, Franks y Miller (1991) en un estudio con entrenadores de fútbol, indicaron que éstos únicamente fueron capaces de recordar el 45% de los indicadores de rendimiento clave. Más recientemente, en otro trabajo con entrenadores de fútbol de la liga escocesa, todos ellos con certificación y experiencia, se mostró que los entrenadores pudieron recordar con precisión el 59% de los eventos críticos que se produjeron durante 45 minutos de un partido (Laird y Waters, 2008). También se han realizado trabajos de este tipo en otras disciplinas como la gimnasia rítmica (Franks, 1993), en este

caso se compararon entrenadoras expertas y novatas en función de su habilidad para percibir diferencias entre dos actuaciones. Las entrenadoras expertas tendían a indicar que había diferencias entre las actuaciones, cuando en realidad no las había, y además, en comparación con las entrenadoras inexpertas, no hubo diferencias al identificar las actuaciones de más éxito.

Por otro lado, la cantidad de feedback y el momento en el que éste se proporciona, cobran mucha importancia tanto en el aprendizaje de nuevas habilidades como en la mejora del rendimiento (Murray, Maylor y Hughes, 1998), además, aunque tanto el feedback cualitativo como el cuantitativo son importantes, algunas investigaciones muestran que cuanto más cuantitativo y objetivo es el feedback, mayor efecto tiene sobre el rendimiento (Franks, 1996).

Llegados a este punto, parece evidente la necesidad de utilizar métodos de observación y análisis, que permitan la obtención de datos objetivos sobre los cuales se pueda basar la información recibida por el entrenador y posteriormente por el deportista, siendo aquí donde cobra un papel fundamental el análisis de rendimiento deportivo.

## 2.2. El concepto de análisis de rendimiento deportivo

El objetivo del análisis de rendimiento es aportar un mayor conocimiento del deporte que ayude a la mejora del rendimiento, proporcionando información objetiva que no esté basada únicamente en observaciones subjetivas del entrenador.

A partir de aquí, existen diferentes interpretaciones sobre lo que puede ser considerado o no análisis de rendimiento, así según Hughes y Barlett (2007), toda investigación biomecánica o de análisis notacional, ya sea en competición o entrenamiento, puede ser considerada análisis de rendimiento. Para justificarlo, estos autores exponen qué tienen en común y en qué difieren ambas disciplinas. Tanto la biomecánica como el análisis notacional comprenden el análisis y la

mejora del rendimiento deportivo, emplean usualmente el vídeo y la tecnología, requieren de una cuidadosa gestión de los datos y de técnicas sistemáticas de observación, poseen modelos teóricos basados en indicadores de rendimiento y fuertes vínculos con otras disciplinas de las ciencias del deporte. Sin embargo, ambas disciplinas difieren en que la biomecánica analiza de forma detallada la técnica individual, basándose en aspectos mecánicos y anatómicos, mientras que el análisis notacional analiza movimientos más generales o patrones, basados principalmente en la estrategia y la táctica.

Por otro lado O'Donoghue (2010), considera análisis de rendimiento a todas aquellas investigaciones sobre el rendimiento deportivo en situación real de competición o entrenamiento. De esta forma, lo que distingue al análisis de rendimiento de otras disciplinas es que éste analiza situaciones reales de juego y no situaciones creadas en laboratorio o en datos obtenidos a través de cuestionarios, autoinformes o entrevistas. No obstante, existen estudios biomecánicos en laboratorio que pueden ser considerados como estudios de análisis de rendimiento, siempre y cuando la técnica investigada sea una habilidad importante dentro del deporte, considerando el análisis biomecánico de la técnica como el análisis de la propia habilidad. Del mismo modo, también es posible incluir dentro del análisis de rendimiento cuestionarios y autoinformes, en el caso de que éstos hayan sido validados.

### *2.2.1. Temas de investigación en análisis de rendimiento*

Según la conceptualización vista anteriormente, el análisis de rendimiento puede ser un campo muy amplio de estudio, abarcando una gran cantidad temáticas diferentes. A continuación, se van a exponer las áreas de estudio más importantes, siguiendo la clasificación propuesta por O'Donoghue (2010):

### 2.2.1.1. Eventos críticos y perturbaciones

Analizar el rendimiento puede suponer manejar una gran cantidad de información, y por tanto puede resultar muy complicado extraer patrones que determinen el éxito o no en el rendimiento. Es por ello, que el estudio de aquellos eventos críticos que tienen una alta influencia en el resultado permitirá que el análisis de rendimiento sea mucho más efectivo. Dentro de estos eventos críticos, se encuentran las perturbaciones, que no son más que un evento que interrumpe el ritmo de juego y que permite que un jugador tome ventaja sobre otro. En el caso del tenis, tal y como señalan Sanz-Rivas y Terroba (2012), el análisis basado en los momentos en los cuales el jugador cambia su situación de equilibrio o desequilibrio, pasando a dominar o ser dominado, proporcionará una visión muy real de lo que ocurre en la pista y permitirá entender realmente porqué un jugador va ganando o perdiendo

### 2.2.1.2. Análisis del comportamiento del entrenador

Existen una gran cantidad de aspectos estudiados en torno a la figura del entrenador, tales como el conocimiento de éstos sobre el deporte, la toma de decisiones, el desarrollo de programas de entrenamiento, el estilo de enseñanza y entrenamiento o el comportamiento durante los entrenamientos y las competiciones. Un ejemplo en tenis podría ser el trabajo llevado a cabo por Hernández, Romero, Vaíllo y Del Campo (2006), donde analizaron las diferencias en el comportamiento visual del entrenador al observar un segundo saque liftado.

### 2.2.1.3. Indicadores de rendimiento para diferentes deportes

Un indicador de rendimiento es una selección o combinación de variables de acción que buscan definir aspectos del rendimiento (Hugues y Bartlett, 2002). Por tanto estos indicadores van a permitir estudiar aspectos concretos del

deporte que resulten de interés. En la literatura existe un gran número de investigaciones que han estudiado multitud de variables buscando caracterizar diferentes deportes en función de variables de movimiento, tácticas o técnicas. En apartados posteriores de este trabajo se tratarán en profundidad los estudios existentes sobre este tema.

#### 2.2.1.4. Análisis de la ratio trabajo-descanso y evaluación de riesgo de lesión

El objetivo del análisis de la ratio trabajo-descanso es determinar las distancias recorridas y el análisis temporal de los partidos en función de las diferentes tipos de movimiento (O'Donoghue, 2008). Este tipo de trabajos tienen gran importancia a la hora de poder determinar las demandas físicas de los diferentes deportes, y por tanto, para diseñar programas de entrenamiento adaptados a esas demandas. Por otro lado, en esta área temática también se incluyen trabajos que relacionan las demandas energéticas con los riesgos de lesión asociados a ese deporte.

#### 2.2.1.5. Métodos de fiabilidad

La fiabilidad dentro del análisis de rendimiento es un aspecto que ha creado cierta controversia, ya que en ocasiones se ha considerado que la fiabilidad de ciertos estudios de análisis de rendimiento es muy pobre, y que los métodos de fiabilidad empleados son poco fiables. El desarrollo de estudios sobre este tema ha permitido establecer procedimientos para evaluar la fiabilidad en función de los objetivos de estudio, y por tanto, aumentar la objetividad de éstos.

#### 2.2.1.6. Análisis de la técnica

Los trabajos sobre el análisis de la técnica tienen como objetivo determinar las técnicas óptimas para maximizar el rendimiento. Este tipo de trabajos se han llevado a cabo en la mayoría de deportes, estudiando aquellas habilidades que se

dan en el propio deporte y en los diferentes niveles. Además, la variabilidad en el rendimiento deportivo es un tema de estudio emergente dentro de esta área.

#### 2.2.1.7. Efectividad técnica

La efectividad técnica hace referencia al resultado final de una cierta técnica o habilidad. Frecuentemente se utilizan ratios positivos o negativos, para determinar lo eficaz que es una habilidad en concreto de un deportista. Un ejemplo claro en tenis sería la ratio entre puntos ganadores y errores que un jugador realiza con un determinado golpe.

#### 2.2.1.8. Patrones tácticos de juego

El análisis táctico es uno de los principales temas de estudio en análisis de rendimiento. Esta área busca detectar cuales son las tácticas más empleadas en los diferentes deportes en función de la situación, el nivel de juego, las condiciones, el resultado etc.

#### 2.2.1.9. Perfiles de rendimiento

Los indicadores de rendimiento en el deporte no son variables estables, ya que existen multitud de fuentes de variabilidad que se dan durante la competición, por tanto para poder establecer el nivel de rendimiento de un deportista o equipo es necesario recopilar información sobre diferentes indicadores de rendimiento durante un número determinado de competiciones que permitan establecer un perfil. Por tanto, un perfil de rendimiento es un conjunto de indicadores de rendimiento con valores basados en el rendimiento típico del deportista o el equipo (Hughes, Evans y Wells, 2001).

#### 2.2.1.10. Efectividad del análisis de rendimiento

Ha existido cierto escepticismo sobre la influencia del análisis del rendimiento en la mejora del rendimiento deportivo. Aunque es difícil establecer

que las mejoras de un deportista o equipo han sido consecuencia directa del análisis de rendimiento, es de vital importancia llevar a cabo estudios que puedan demostrar la efectividad de este tipo de análisis en el rendimiento deportivo.

#### 2.2.1.11. Análisis de árbitros y jueces

Es evidente la influencia que los árbitros y jueces pueden tener en el resultado final de un partido o una competición, especialmente en aquellos deportes donde existen muchas decisiones que vienen determinadas por la interpretación del propio árbitro o juez. Por tanto, el rendimiento de éstos es un área de estudio que también tiene un alto interés dentro del análisis de rendimiento.

***Cuadro 1. Resumen de los temas de investigación en análisis de rendimiento.***

<b>Temas de investigación en análisis de rendimiento</b>
Eventos críticos y perturbaciones
Análisis del comportamiento del entrenador
Indicadores de rendimiento para diferentes deportes
Análisis de la ratio trabajo-descanso y evaluación del riesgo de lesión
Métodos de fiabilidad
Análisis de la técnica
Efectividad técnica
Patrones tácticos de juego
Perfiles de rendimiento
Efectividad del análisis de rendimiento
Análisis de árbitros y jueces

### 2.3. Concepto, origen y evolución del análisis notacional

El análisis notacional es una forma objetiva de registrar el rendimiento, donde los eventos críticos se pueden cuantificar de una manera consistente y fiable, permitiendo que el feedback, ya sea cuantitativo o cualitativo, sea preciso y objetivo (Murray et al., 2007).

Como se podrá ver a continuación, el avance tecnológico y la incorporación de los ordenadores personales al análisis notacional han marcado de forma significativa su desarrollo y evolución, de ahí que pueda distinguirse entre dos tipos de análisis: el análisis notacional manual y el análisis notacional computerizado.

### *2.3.1. Análisis notacional manual*

Durante siglos se han utilizado distintas formas de notación muy rudimentarias y generales, Hutchinson (1970) indicó que desde hace al menos cinco siglos se intentaron desarrollar sistemas de notación del movimiento. No obstante, los egipcios ya utilizaban los jeroglíficos para registrar movimientos de danza, y los romanos utilizaban métodos primitivos de anotación relacionados con los gestos para saludar. Sin embargo, es en torno al s. XV donde se tiene evidencias de la existencia de un sistema muy básico de notación de la danza (Hughes, 1995).

La primera publicación sobre notación en deporte fue el trabajo que llevó a cabo Fullerton (1912), donde analizó las combinaciones de los jugadores de béisbol bateando, lanzando y recepcionando y sus probabilidades de éxito. Sin embargo, el primer trabajo que trató de desarrollar un sistema de notación específico para análisis deportivo fue el de Messermith y Corey (1931), en el cual se trató de anotar la distancia recorrida por jugadores de baloncesto durante un partido. A excepción de estos trabajos, es el ámbito de la danza el que parece que sirvió como base para el desarrollo de un sistema de notación general de movimiento. De hecho, el primer sistema para analizar y registrar el movimiento humano fue el Labanotation, creado por Rudolph Laban (Laban, 1975). Este sistema permitía registrar una gran cantidad de movimientos humanos sin que necesariamente estuvieran ligados a ningún estilo de baile en concreto, por lo que era necesario anotar específicamente cualquier cambio en el movimiento. Posteriormente Preston-Dunlop (1967a, 1967b, 1967c, 1967d), basándose en el

trabajo de Laban, optimizó un sistema de una menor complejidad ante la necesidad de registrar los eventos en tiempo real (O'Donoghue, 2010).

Por lo que respecta a deportes de raqueta, el primer sistema de análisis notacional manual publicado fue precisamente para tenis (Downey, 1973). Este sistema permitía registrar los tipos de golpes realizados, la posición en la pista, el resultado del golpe y el tipo de efecto utilizado en cada golpe. Debido a su complejidad, este sistema nunca se utilizó para el registro de datos, aunque sí fue importante para posteriores investigaciones que se basaron en sus ideas. Sanderson y Way (1979) utilizaron un sistema para squash basado en el trabajo de Downey (1973). En él incluían códigos que permitían representar 17 tipos diferentes de golpes y diferentes planos de la pista para registrar información sobre la posición. Posteriormente Sanderson (1983), encontró que el uso de símbolos representativos de los eventos, podría ser más fácil para aprender y recordar por los operadores que simples códigos, por lo que desarrolló un sistema basado en símbolos. Este sistema consistía en una serie de representaciones de la pista, una por evento, en las cuales se anotaba el jugador, la acción y la posición, además, se registraba cómo finalizaba el punto, el marcador y las iniciales del sacador. El problema que presentó este sistema fue su complejidad para aprender a utilizarlo y el tiempo que se necesitaba emplear para poder analizar los datos de un partido, entre 40-50 horas.

### *2.3.2. Análisis notacional computerizado*

Los problemas derivados del uso de este tipo de sistemas más complejos empezaron a ser resueltos por Hughes (1985), al informatizar el procesamiento de los datos registrados mediante el sistema de Sanderson y Way (1977). Éste autor fue el primero en utilizar un ordenador personal, lo que permitía registrar el partido en directo y a pie de pista, y una digitalización de los datos para su posterior análisis y representación. Además, para resolver los problemas relacionados con el uso de teclados QWERTY para introducir los datos se

comenzaron a emplear teclados diseñados específicamente para este tipo de trabajos (Alderson y McKinnon, 1985; Franks et al., 1983).

El siguiente avance en cuanto al uso de periféricos, fue el uso de las tabletas digitales (Franks, Sinclair, Thomson y Goodman, 1986; Hughes y Feery, 1986; Sharp, 1986; Treadwell, 1988), que facilitaron en gran medida la introducción de la información, reduciendo el tiempo de aprendizaje y la habilidad necesaria para introducir la información de forma rápida. Estos dispositivos táctiles permitían tener una representación de la pista y distintas áreas etiquetadas para introducir la posición de los jugadores y las acciones. Posteriormente Taylor y Hughes (1988) emplearon un sistema interactivo de voz para registrar la información, que aunque era muy limitado y no pudo llegar a desarrollarse con una buena tecnología, sí que pudo demostrarse que este tipo de sistemas podían ser utilizados por operadores que no fueran expertos.

De forma paralela a estos avances en la introducción de los datos, también se produjeron avances en cuanto a la representación de la información una vez ésta había sido procesada. Uno de los problemas que se presentaban a la hora de representar la información era que, al no disponer de paquetes gráficos informáticos, las distribuciones de las frecuencias se representaban en dos dimensiones sobre una imagen de la pista, lo que no siempre era fácil de entender para muchos entrenadores y deportistas. Hughes y McGarry (1989) fueron los primeros en diseñar un programa informático que permitía representar histogramas en tres dimensiones, pudiendo rotarlos y verlos desde diferentes ángulos, lo que facilitó enormemente la comprensión de la información.

Otro paso importante que facilitó aún más la introducción de los datos fue la aparición de lenguajes de programación que permitían la creación de interfaces gráficas, como es el caso del lenguaje Visual Basic, utilizado en varios trabajos desde los años 90 (Hughes y Clarke, 1995; O'Donoghue y Liddle, 1998b).

### *2.3.3. El análisis notacional en la actualidad*

El desarrollo de la informática y el avance de las tecnologías de la información en las últimas décadas, ha supuesto una revolución en el concepto del análisis notacional, permitiendo un registro de la información más preciso y sencillo, facilitando la creación de bases de datos, y dotando de herramientas que hacen que la representación de los datos sea más estética, agradable e intuitiva, y por tanto, más fácil de entender para entrenadores y deportistas (Murray et al. 2007). Por tanto, actualmente, el análisis de un equipo o un jugador es un aspecto esencial en el proceso de entrenamiento que permitirá obtener una gran cantidad de información relacionada con la táctica, la posición y el movimiento y que, por tanto, será de gran interés para el diseño de programas de entrenamiento (Barris y Button, 2008).

Actualmente existen gran cantidad de dispositivos tales como GPS (Global Positioning System), acelerómetros, cámaras de alta velocidad etc. y programas informáticos que se están empleando cada vez más para analizar el rendimiento de los deportistas (Barris y Button, 2008). De la misma forma, la cantidad de programas específicos sobre análisis notacional en el deporte es cada vez mayor. Los programas informáticos que nos ayudan a llevar a cabo este tipo de análisis pueden ser clasificados en dos grandes categorías: “tagging systems” o sistemas de etiquetas, y “tracking systems” o sistemas de rastreo.

#### **2.3.3.4. Sistemas de etiquetas “Tagging systems”**

Estos sistemas están mucho más extendidos que los sistemas de rastreo, ya que son relativamente económicos, fáciles de utilizar y proporcionan información específica e inmediata del rendimiento. Generalmente integran un reproductor de vídeo junto con una interface de botones que pueden ser definidos y etiquetados por el analista. Los eventos introducidos a través de los botones son sincronizados con el vídeo y almacenados en un archivo de datos, de

forma que posteriormente se puedan visualizar los eventos deseados y exportar la información a bases de datos para llevar a cabo análisis estadísticos. La flexibilidad de este tipo de programas hace que se puedan crear un número ilimitado de plantillas de análisis que permitan analizar cualquier aspecto del juego. Algunos programas de este tipo que se pueden encontrar en el mercado son: Dartfish (versión TeamPro), Focus o Longomatch.

#### 2.3.3.5. Sistemas de rastreo “Tracking systems”

Los sistemas de rastreo son sistemas más complejos utilizados normalmente por entidades o clubes profesionales. Estos programas, a través de las imágenes capturadas por varias cámaras crean una visión sagital en dos dimensiones. A partir de las imágenes obtenidas, el programa, de forma automática o semiautomática, detecta la posición de los jugadores y/o la pelota en cada instante de tiempo, y a partir de ahí se calculan distintas variables cinemáticas que podrán relacionarse con aspectos tácticos y fisiológicos. Algunos ejemplos de programas comerciales de rastreo son Amisco o Prozone.

### 2.4. Áreas de aplicación del análisis notacional en deportes de raqueta

En la actualidad, según Hughes et al. (2007), existen cuatro áreas principales dentro de las cuales se podría aplicar el feedback recogido a través del análisis notacional informatizado a los deportes de raqueta:

- análisis táctico.
- análisis técnico.
- análisis de movimiento.
- creación de bases de datos y modelos.

Seguidamente, basándonos en la clasificación propuesta por Hugues (1994), vamos a describir cada una de las cuatro áreas que componen dicha clasificación, presentando las investigaciones más relevantes en tenis para cada una de ellas.

#### *2.4.1. Análisis táctico*

El análisis táctico está relacionado con los aspectos estratégicos y tácticos del deporte. La estrategia puede ser definida como el plan establecido previo a la competición que busca maximizar las fortalezas y reducir las debilidades del jugador o el equipo, a la vez que minimiza las fortalezas del contrario y aprovecha sus debilidades (O'Donoghue, 2010). Por otro lado, la táctica se asocia con la toma de decisiones de los jugadores durante el juego basadas en las opciones disponibles y los riesgos y oportunidades asociadas a cada una de ellas (Fuller y Alderson, 1990). La estrategia planteada previamente y las decisiones tácticas llevadas a cabo en el juego no pueden ser observadas directamente durante la competición, sin embargo, las técnicas utilizadas por los jugadores, su posición en el campo y el tiempo asociado a estas acciones, nos pueden indicar las estrategias o tácticas que los jugadores están empleando (O'Donoghue, 2010). El uso de este tipo de análisis para definir los patrones tácticos del juego en el deporte ha sido un tema de interés para un gran número de investigadores, analizando las diferentes tácticas empleadas en diferentes niveles de deportes específicos (Murray et al., 2007).

El primer análisis notacional informatizado sobre la táctica empleada por jugadores de diferente nivel en deportes de raqueta fue llevado a cabo por Hughes (1985), quien comparó la distribución de los golpes de jugadores de squash de nivel recreativo, regional y nacional utilizando un sistema de análisis notacional desarrollado por él mismo.

Por lo que respecta al tenis, Hughes y Clarke (1995) utilizaron un sistema notacional informatizado en el cual, a través de un interfaz gráfico, se registraba la posición del jugador cuando realizaba el golpe, el instante del golpeo, la descripción del golpe y como finalizaba el punto. Haciendo uso de este sistema, realizaron un análisis táctico, técnico y de movimiento. Por lo que respecta al análisis táctico, en el que nos vamos a centrar en este punto, estos autores analizaron las estrategias empleadas según la superficie en los torneos de tenis de Wimbledon (superficie de hierba) y el Open de Australia (superficie sintética), analizando variables temporales como el tiempo en los descansos entre juegos, entre juegos sin cambio, entre puntos, entre servicios, así como la duración de los puntos. Los resultados mostraron como en superficie de hierba los puntos eran más cortos, tanto en tiempo como en número de golpes, y el tiempo entre servicios era ligeramente mayor que en superficie sintética. Además, analizaron variables de posición y de eficacia en los golpes, a las que se hará alusión cuando se trate el análisis técnico y de movimiento.

Posteriormente O'Donoghue y Liddle (1998b) analizaron factores temporales en partidos de tenis masculinos y femeninos en superficie de hierba y de tierra, para comprobar si la introducción de bolas más lentas en Wimbledon y más rápidas en Roland Garros en 1996, habían igualado la estrategia de juego en ambas superficies. Para ello diseñaron un sistema informatizado que permitía registrar las duraciones de los puntos, el tiempo entre servicios, el tiempo entre puntos y el tiempo entre juegos. La introducción del nuevo tipo de pelotas produjo diferencias significativas en la duración de los puntos en ambos torneos, tanto para hombres como para mujeres, e hizo que la duración media de los puntos en los partidos masculinos fuera significativamente menor que en los partidos femeninos en ambas superficies.

Estos mismos autores (O'Donoghue y Liddle, 1998a) en un trabajo que seguía la misma línea del anterior, analizaron si las jugadoras cuando estaban al

servicio y cuando subían a la red ganaban un mayor porcentaje de puntos en hierba, que en esas mismas situaciones en tierra. A través de un sistema diseñado especialmente para este trabajo se registraron variables generales como el marcador o la jugadora al servicio, y otras más específicas como el efecto de haber subido a la red en la finalización del punto y la causa por la que la jugadora había subido. Los resultados de este estudio mostraron que las jugadoras ganaron más puntos al servicio y en la red en superficie de hierba, mientras que en tierra se produjeron un mayor número de puntos desde el fondo de la pista. En cuanto a los resultados referentes a las causas por las que las jugadoras suben a la red, según estos autores cuando la oponente sube a la red es más fácil ganar el punto en Roland Garros que en Wimbledon, pero en ambos casos la jugadora que está en la red gana la mayoría de los puntos.

En otro estudio llevado a cabo por O'Donoghue e Ingram (2010), se analizaron partidos de los cuatro Grand Slams, para determinar la influencia de la superficie y el sexo en la estrategia desarrollada por los jugadores. Como en los estudios anteriores, se desarrolló un sistema de análisis notacional informatizado que permitía registrar variables como el marcador, el jugador al servicio, variables temporales, número de golpes por punto, tipo de punto o finalización del punto. Por lo que respecta a la influencia de la superficie sobre la estrategia, los puntos en Roland Garros tuvieron una duración significativamente mayor que en ningún otro torneo, la ratio de golpes por unidad de tiempo durante los puntos fue menor y se jugó un porcentaje de puntos desde el fondo de la pista mayor que en ningún otro torneo. En Wimbledon la duración de los puntos fue menor que en los demás torneos, la ratio de golpes por tiempo fue mayor y se jugó un mayor porcentaje de puntos en la red. Además el número de aces fue mayor en Wimbledon que en Roland Garros y se ganó más puntos con el saque en Wimbledon que en el Open de Australia y en Roland Garros. En cuanto a la influencia del sexo, los puntos en mujeres tuvieron una mayor duración que en hombres, jugaron un mayor porcentaje de puntos desde el fondo de la pista, la

ratio de puntos por unidad de tiempo fue menor y realizaron menos aces, menos puntos ganadores con el saque y menos dobles faltas.

Otras de las variables utilizadas para analizar las características del juego y el rendimiento, como es el caso del estudio llevado a cabo por Johnson (2006), han sido el número y el tipo de golpes ejecutados durante el juego. En este trabajo se cuantificaron el número de golpes según los jugadores se encontraran al servicio o al resto, clasificándolos en función del tipo de golpe (primer y segundo servicio, liftado, cortado, media volea, volea, resto y remate) y según fueran de derecha o revés. Además, también se analizaron las diferencias en función de la superficie. Los resultados indicaron que cuando los jugadores se encuentran al servicio, el saque es el golpe que más veces se ejecuta, siendo la derecha y el revés liftados los únicos golpes que se realizan más de una vez por juego de media. En los juegos al resto, la derecha y el revés de resto y la derecha y revés liftados son los golpes más ejecutados. En función de la superficie de juego, en Roland Garros (tierra) el número total de golpes es mayor que en Wimbledon (hierba), con un mayor número de derechas y reveses liftados. El número total de golpes por juego en el Open de Estados Unidos (sintética) no difirió de los otros dos torneos.

Takahashi, Wada, Maeda, Kodama, Nishizono y Kurata (2006) llevaron a cabo dos estudios en su trabajo, el primero consistió en validar una herramienta informatizada para el registro de los datos en tenis, y en el segundo, haciendo uso de dicha herramienta, analizaron las tácticas empleadas por los jugadores en función de la superficie. Para dicho análisis, se registró la duración de los puntos y el número de golpes por punto en Roland Garros, Wimbledon y Open de Estados Unidos. Se encontraron diferencias significativas en cuanto a la duración de los puntos en los tres torneos, teniendo una mayor duración los puntos disputados en Roland Garros y una menor duración los disputados en Wimbledon. Del mismo modo, el número de golpes por punto también difirió en los tres torneos, siendo

Roland Garros el torneo en el cual se ejecutó un mayor número de golpes por punto y Wimbledon el que presentó un número menor de golpes.

Otro estudio llevado a cabo por Filipcic (2008) analizó las características del juego llevado a cabo por jugadores y jugadoras en Roland Garros, comparando las diferencias entre ganadores y perdedores. Aunque no se especifica sistema de registro se utilizó para obtener los datos, las variables que se examinaron en este estudio fueron el porcentaje de primeros servicios, el número de saques directos y dobles faltas, el número de puntos ganadores y errores no forzados, el porcentaje de puntos ganados con el primer y segundo servicio, el porcentaje de puntos ganados al resto, el porcentaje de puntos de break ganados, el porcentaje de puntos ganados en la red y el número total de puntos ganados. En hombres se encontraron diferencias significativas en todas las variables excepto en el porcentaje de puntos de break ganados, mientras que en mujeres la única variable en la que no se encontraron diferencias fue en el número de servicios directos. En ambos casos los ganadores obtuvieron un mayor porcentaje de primeros servicios, un menor número de dobles faltas, un mayor número de puntos ganadores, un menor número de errores no forzados, un mayor porcentaje de puntos ganados con primer y segundo servicio, un mayor porcentaje de puntos ganados al resto, un mayor porcentaje de puntos ganados en la red y un mayor número de puntos totales ganados. Además, en el caso de los hombres, los ganadores realizaron más saques directos, y en el caso de las mujeres, las ganadoras obtuvieron un mejor porcentaje de puntos de break ganados.

Como en algunos estudios anteriores (O'Donoghue e Ingram, 2010; O'Donoghue y Liddle, 1998b), Takahashi, Wada, Maeda, Kodama y Nishizono (2009) consideraron las variables temporales como indicadores de la estrategia llevada a cabo por los jugadores. En este caso, haciendo uso de una herramienta ya validada en el estudio referenciado anteriormente (Takahashi et al., 2006)

analizaron la duración del primer y segundo servicio, y de los golpes de fondo, en tres torneos disputados sobre tres superficies distintas: Roland Garros, Wimbledon y Open de Estados Unidos. La duración tanto del primero como del segundo servicio fue mayor en Roland Garros que en los demás torneos, asociándose una mayor duración del golpe con una menor velocidad del servicio, debido según estos autores, a una menor importancia del servicio en este tipo de superficie. Por lo que respecta a la duración de los golpes de fondo, no se encontraron diferencias entre los distintos torneos.

En el Cuadro 2 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando las variables analizadas.

**Cuadro 2. Estudios de análisis notacional táctico en tenis**

<b>Autor(es)</b>	<b>Variabes analizadas</b>
Hughes y Clarke (1995)	Tiempo entre juegos Tiempo entre puntos Tiempo entre servicios Duración de los puntos Superficie
O'Donoghue y Liddle (1998b)	Tiempo entre juegos Tiempo entre puntos Tiempo entre servicios Duración de los puntos Superficie Género
O'Donoghue y Liddle (1998a)	Tipo de punto (red o fondo) Superficie
O'Donoghue e Ingram (2010)	Duración de los puntos Ratio golpes/tiempo Tipo de punto (red o fondo) Superficie
Johnson (2006)	Número de golpes Tipo de golpe Superficie Situación juego (servicio o resto)
(Takahashi et al., 2006)	Duración de los puntos Número de golpes Superficie
Filipic (2008)	% primeros servicios Servicios directos Dobles faltas Puntos ganadores Errores no forzados % puntos ganados con el primer y segundo servicio % de puntos ganados al resto % de puntos de break ganados % porcentaje de puntos ganados en la red Puntos ganados Género
Takahashi et al. (2009)	Duración de los golpes Superficie

Como puede observarse en los estudios referenciados, nos encontramos con variables que han sido ampliamente estudiadas como pueden ser la superficie o la duración de los puntos, y aunque es innegable la relación de estas variables con la estrategia y la táctica empleada por los jugadores, existen muchas otras que influyen en esta área de estudio que no se han estudiado, o no se ha hecho en profundidad. Por ello éste es un campo de investigación en el que existen muchas líneas de investigación posibles que ayudarían a comprender aspectos tácticos del tenis. Por ejemplo, podría ser interesante analizar las diferencias tácticas que existen entre distintas categorías o entre distintas modalidades (individual y dobles), además se podría profundizar en algunas variables como el tipo de punto, donde la clasificación se ha realizado tradicionalmente en base a si el jugador sube a la red o se queda en el fondo, por lo que la definición de nuevas clasificaciones basadas, por ejemplo, en los tipos de golpe más utilizados, en las zonas de la pista en las que el jugador golpea con mayor frecuencia, o en las secuencias de golpes más repetidas podrían ser utilizadas en estudios futuros.

#### *2.4.2. Análisis técnico*

La búsqueda de las debilidades y fortalezas técnicas puede ser de vital importancia tanto para entrenadores como para científicos en su búsqueda por mejorar el rendimiento de los deportistas (Murray et al., 2007). Los aspectos técnicos y tácticos guardan una relación muy directa, de modo que los métodos de investigación que definen las fortalezas y debilidades técnicas de los jugadores también estarán relacionadas con las tomas de decisiones tácticas (Hughes et al., 2007). Es por ello que el análisis notacional técnico no se basa en la técnica en sí misma para determinar los defectos o virtudes en la ejecución de una acción, sino que las distintas acciones se evalúan en función del resultado de éstas. Como veremos a continuación, los sistemas de análisis técnico en el tenis se han utilizado básicamente para mostrar la efectividad de los diferentes golpes, en

función del número de puntos ganadores y errores, y de las áreas de la pista desde donde éstos se ejecutan.

Furlong (1995) fue uno de los primeros autores en analizar el tenis desde esta perspectiva, en su trabajo analizó partidos masculinos y femeninos en modalidad de individual y de dobles, y en superficie de hierba y tierra batida. El objetivo era determinar la influencia de la superficie en la efectividad del servicio. En su trabajo este autor no especificó el método a través del cual se registraron los datos, únicamente indicó que se registró el porcentaje de muertes súbitas disputadas en partidos de Roland Garros y Wimbledon entre los años 1979 y 1992. Los resultados de este estudio mostraron que el servicio fue más efectivo en dobles debido a que muchos de los servicios fueron ejecutados a menor velocidad, buscando una mayor precisión que permitiera subir a la red, y aprovechar esa situación de ventaja para ganar más puntos.

Posteriormente, Taylor y Hughes (1998) compararon los patrones de juego de jugadores de categoría junior británicos, europeos y americanos/canadienses, hipotetizando que los jugadores británicos tendrían patrones de juego diferentes a los jugadores del resto del mundo. Para analizar los patrones de juego, codificaron todos los golpes y dividieron la pista en cuatro zonas, anotando los tipos de golpes realizados en cada una de ellas, así como el resultado del golpe. Como se esperaba, se encontraron diferencias en los patrones de juego, concretamente:

- Los jugadores británicos realizaron más errores no forzados desde el fondo de la pista, realizaron más golpes defensivos desde el fondo de la pista, ganaron más puntos en la red y realizaron un porcentaje más bajo de passings.

- Los jugadores europeos ganaron más puntos y realizaron más golpes de ataque desde el fondo de la pista.

Entre los estudios más recientes se encuentra el llevado a cabo por Gillet, Leroy, Thouwarecq y Stein (2009), donde analizaron la efectividad del servicio y del resto en tierra batida, en función del efecto y de la dirección. Para registrar los datos se diseñó un sistema informático que permitía introducir información general (jugadores, marcador, etc.), e información específica del servicio y el resto en función del tipo de golpe (primer o segundo servicio; derecha o revés), del efecto (cortado, plano o liftado) y la posición. Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que, incluso en tierra batida, el servicio y el resto son los golpes que más influencia tienen sobre el resultado final de un partido. Además los saques planos a la zona de la "T" y los restos al centro de la pista fueron los golpes que mayor efectividad mostraron para ganar los puntos.

Hizan, Whipp y Reid (2011), al igual que en el trabajo anterior, analizaron la efectividad del servicio y el resto, pero en este caso comparando jugadores profesionales, jugadores de alto nivel menores de 16 años y jugadores de alto nivel menores de 12 años, tanto masculinos como femeninos. Para ello, diseñaron un sistema de anotación a través del cual se registró el tipo de servicio (primero o segundo), el tipo de resto (resto de primer o segundo servicio) y el ganador del punto. En jugadores profesionales, se encontraron diferencias en función del género respecto al número de servicios directos y al número de puntos ganados restando primeros servicios. Además los jugadores profesionales fueron los que ganaron menos puntos restando primeros servicios. Finalmente, independientemente del género, los jugadores y jugadoras profesionales cometieron menos dobles faltas, ganaron más puntos con su primer servicio y ganaron un mayor número de puntos restando segundos servicios.

El estudio llevado a cabo por Loffing, Hagemann y Strauss (2009) también se centró en el análisis del servicio de jugadores profesionales, pero en este caso, en función de su brazo dominante. Los datos fueron obtenidos a través del sistema del "ojo de halcón" (Hawk-eye Innovations) en partidos disputados sobre superficie de hierba y cemento. Se encontraron diferencias significativas entre

jugadores diestros y zurdos en cuanto a la distribución tanto del primero como del segundo servicio en ambos lados, así como en el efecto de la pelota. Estas diferencias hacen que los jugadores cuando se enfrentan a oponentes zurdos tengan cierta desventaja al encontrarse con situaciones a las que no están tan habituados.

Filipic et al. (2008) estudiaron las características del juego durante el torneo de Roland Garros del año 2005, analizando las diferencias entre ganadores y perdedores de sets, distinguiendo entre hombres y mujeres. Para ello se basaron en variables relacionadas con el servicio, el resto, golpes de ataque, puntos de break ganados y puntos totales ganados. A través de la información proporcionada por la página web del torneo, obtuvieron datos de un total de 128 jugadores y otras tantas jugadoras. En categoría masculina, se obtuvieron diferencias entre ganadores y perdedores de sets en todas las variables excepto en puntos de break ganados, en cambio en categoría femenina, la variable para la que no se encontraron diferencias fue el número de saques directos.

Finalmente, en un estudio preliminar al presentado en esta tesis (Martínez-Gallego, Guzmán, James, Ramón-Llin, Crespo y Vuckovic, 2013) se analizaron las diferencias entre ganadores y perdedores de los juegos respecto al número de golpes ganadores y errores, y si existían diferencias en función de la posición en la pista. Para la obtención de los datos se utilizó la herramienta SAGIT, que será descrita posteriormente. Los resultados obtenidos indicaron que los perdedores de los juegos realizaron un mayor porcentaje de errores no forzados, mientras que el porcentaje de golpes ganadores y errores forzados del oponente fue mayor para los ganadores. Además, el tiempo que estaban los ganadores en zona ofensiva correlacionó con el porcentaje de golpes ganadores y errores forzados del oponente, mientras que para los perdedores, el tiempo que estuvieron en zona ofensiva correlacionó con el número de errores no forzados.

En el Cuadro 3 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando las variables analizadas.

**Cuadro 3. Estudios de análisis notacional técnico en tenis.**

Autor(es)	Variables analizadas
Furlong (1995)	Efectividad del servicio Género Modalidad Superficie
Taylor y Hughes (1995)	Tipo de golpe Zona de golpeo Resultado del golpe Nacionalidad/Continente
Gillet, et al. (2009)	Zonas de servicio Zonas de resto Efecto Resultado del punto
Hizan et al. (2011)	Tipo de servicio Tipo de resto Resultado del punto
Loffing et al. (2009)	Tipo de servicio Zona de servicio Brazo dominante
Filipic et al. (2008)	Efectividad del servicio Efectividad del resto Golpes de ataque Errores Puntos de break Puntos ganadores Puntos totales ganados
Martínez-Gallego et al. (2013)	Puntos ganadores Errores Posición en la pista

Un aspecto común a la mayoría de los trabajos referenciados dentro de esta área de análisis es el interés por el servicio y el resto. Aunque es evidente la importancia e influencia de estos golpes en el rendimiento y el resultado, existen otros golpes, principalmente los golpes de fondo, que también tienen una

influencia importante en el rendimiento y que por tanto deberían ser objeto de estudio en este tipo de trabajos. El análisis de este tipo de golpes junto a variables como la dirección, la posición de ejecución, la profundidad, la altura o los efectos, dotarían de un mayor interés a los trabajos. Además, aunque en tenis no existen publicaciones al respecto, en deportes como el squash para dotar de una mayor profundidad al análisis, es frecuente analizar los dos o tres últimos golpes del punto, lo que contribuye a una mayor comprensión de los patrones tácticos empleados por los jugadores

#### *2.4.3. Análisis de movimiento*

La obtención de información precisa sobre la posición de los deportistas durante el juego es de gran interés para entrenadores y preparadores de deportistas, ya que permite relacionar el rendimiento de éstos con la táctica empleada y ayuda a diseñar mejores programas de entrenamiento. Además, los científicos pueden hacer uso de esta información para comprender mejor los patrones de actividad de los jugadores y las principales limitaciones que presentan (Barris y Button, 2008). En cuanto a deportes de raqueta, Hughes et al. (2007) indicaron que el análisis de movimiento ha permitido una mejor comprensión de las exigencias físicas de los deportes y, por tanto, la creación de ejercicios de entrenamiento específicos que permiten preparar mejor a los jugadores.

La información obtenida a través del análisis de movimiento para la comprensión de las demandas físicas de los distintos deportes debe ser tratada y transmitida con cautela ya que, como afirman Bloomfield, Polman y O'Donoghue (2007), la cuantificación de las demandas fisiológicas a través del cálculo de la distancia recorrida por los jugadores, pierde datos objetivos, puesto que este método únicamente tiene en cuenta los desplazamientos del centro de gravedad, omitiendo los esfuerzos que realizan los jugadores en las diversas acciones del juego, como podrían ser en el caso del tenis, golpes, giros, frenadas o

impulsiones. Por tanto, este método subestima el gasto energético llevado a cabo por los jugadores (Reilly, 1997). A esto hay que añadir el error cometido en el cálculo de la distancia recorrida, que dependerá principalmente del método empleado, no existiendo ningún método preciso al 100% (Edgecomb y Norton, 2006).

A lo largo de los años se han empleado diversos métodos para cuantificar y analizar el movimiento de los deportistas, desde los estudios más pioneros, como el de Reilly y Thomas (1976), que calculaba la distancia recorrida contando los pasos que daban los jugadores y multiplicando por una longitud media de zancada para cada jugador, hasta los más sofisticados que utilizan tecnología GPS o softwares específicos como Prozone o Amisco Pro (Vuckovic, Pers, James y Hughes, 2010).

Como ya se ha mencionado anteriormente, el avance tecnológico de las últimas décadas ha tenido gran influencia dentro del análisis notacional, siendo especialmente importante en el área del análisis de movimiento. Un claro ejemplo de ello es la clasificación realizada por Barris y Button (2008), en la cual agrupan los estudios en función de si el método de rastreo utilizado es manual o automático.

Uno de los primeros métodos empleados para el análisis de movimiento en deportes de raqueta fue el desarrollado por Sanderson y Way (1979). En él empleaban un método manual que, además de analizar los golpes ejecutados, analizaba la posición de los jugadores en la pista. Posteriormente, y basándose en el trabajo anterior, Hughes, Franks y Nagelkerke (1989) diseñaron un sistema de rastreo informatizado para squash que permitía introducir datos de posición de los jugadores mediante un dispositivo táctil y posteriormente calcular la distancia recorrida, velocidad y aceleración, utilizando un software específico. Hughes y Clarke (1995) desarrollaron un sistema más sofisticado para estudiar el efecto de la superficie sobre la estrategia en el tenis de élite. Estos autores, a

través de una interfaz gráfica y las grabaciones en vídeo de los partidos, registraron la posición de los jugadores en la pista, el tiempo empleado en cada golpe y el tipo de golpe. El análisis de estos datos proporcionó información tanto posicional como temporal, así como frecuencias de distribución de los golpes y situaciones de finalización de los puntos.

Uno de los objetivos comunes en varios de los estudios que han aplicado el análisis de movimientos en tenis es el análisis del patrón de movimientos de los pies de los jugadores, así Richers (1995) llevó a cabo un estudio sobre el perfil de movimiento y fisiológico del tenis individual, realizando un análisis de los desplazamientos junto con una evaluación de las secuencias y repeticiones de los movimientos de pies de los jugadores. Hughes y Moore (1998) realizaron un análisis notacional manual de los patrones de movimiento de pies relativos a la táctica de saque-volea en tenis, con el objetivo de detectar cuales eran los patrones de más éxito antes de golpear a la pelota, durante el golpeo y en la recuperación. Para ello diseñaron un sistema manual, a través del cual se anotaban en diferentes columnas letras y símbolos que hacían referencia a las diferentes acciones (pasos, saltos, etc.), además se anotaba también el jugador al servicio, el marcador, el resultado del punto y la efectividad del golpe. Los resultados del estudio indicaron, por un lado, una eficacia de los movimientos de los jugadores superior a la que se esperaba, y por otro, que correr o saltar durante el golpeo suponía en una gran cantidad de casos la pérdida del punto.

Basándose en estos estudios y en el que llevó a cabo Pereira (2001) para squash, Hughes y Meyers (2005) analizaron los patrones de movimiento de pies en jugadores profesionales sobre superficie de hierba. Para ello diseñaron un sistema computerizado que registraba la posición dividiendo la pista en zonas, el tipo de movimiento antes, durante y después del golpeo, el tipo de golpe, el resultado del golpe y el marcador. Analizaron un total de 10 sets correspondientes a partidos disputados en el torneo de Wimbledon en 2002, indicando que las secuencias de movimiento más repetidas consistían en un salto

de lectura y posteriormente una combinación de pasos laterales y hacia adelante de aproximación a la pelota. Al golpear a la pelota, los jugadores realizaban pasos más largos y posteriormente, pasos laterales en la recuperación. Respecto a la posición, las posiciones que más se ocuparon fueron por detrás de la línea de fondo, seguida de la zona de la red.

La distancia recorrida por los jugadores también ha sido un tema de interés común a varias de las investigaciones llevadas a cabo en este ámbito. Suda, Michikami, Sato y Umebayashi (2003) analizaron la distancia que recorría una jugadora durante un partido completo. Tras la grabación del partido, hicieron uso de un sistema automático de rastreo mediante ordenador, a través del cual analizaron las imágenes obtenidas. La duración del partido fue de 82 minutos y la jugadora analizada recorrió una distancia total de 6932 metros.

En la misma línea, Filipcic, Pers y Klevisar (2006) realizaron una comparación de la distancia recorrida entre niños y niñas de hasta 14 años. Para ello analizaron un total de 12 niños y 12 niñas utilizando el mismo sistema de rastreo empleado en esta tesis, el SAGIT, que posteriormente será explicado en profundidad. Los resultados obtenidos no mostraron diferencias entre niños y niñas, con distancias recorridas comprendidas entre los 3297,28 m y los 2713,79 m.

Por otro lado, Fernández-Fernández, Sanz-Rivas, Sánchez-Muñoz, Pluim, Timessen y Méndez-Villanueva (2009) llevaron a cabo un estudio en el cual examinaban las diferencias en el perfil de actividad y las demandas fisiológicas entre jugadores veteranos de nivel avanzado y recreativo. En este caso, además de otras variables fisiológicas, se cuantificó la distancia recorrida por los jugadores y la velocidad de desplazamiento a través de un sistema informático de rastreo llamado Winanalyze (Mikromak, Berlin, Germany). Se analizaron un total de 10 partidos de una hora indicando, por un lado, que los jugadores de nivel avanzado recorrieron una distancia significativamente mayor (media=

3568,8 m) que los jugadores de nivel recreativo (media= 3173,8 m) y, por otro, que la velocidad media de desplazamientos de los jugadores de nivel avanzado fue significativamente menor (media= 3,8 m/s) que la de los jugadores de nivel recreativo (media= 5 m/s).

Anderson (2013) comparó las demandas de movimiento de jugadoras de alto nivel y nivel recreativo en superficie rápida. En este caso se utilizó un dispositivo GPS para obtener la posición de las jugadoras y posteriormente poder calcular la distancia recorrida, velocidad y aceleración de éstas. Además de éstas variables también se analizó la frecuencia cardíaca y la duración de los puntos. Se analizó a un total de 16 jugadoras durante una hora de partido, no encontrando diferencias entre ambos niveles de juego. Los valores de distancia recorrida estaban comprendidos entre 1740,75 m y 2053,13 m, la velocidad entre 3,89 y 3,50 m/s, la aceleración entre 1,63 m/s<sup>2</sup> y 1,13 m/s<sup>2</sup> y la duración de los puntos entre 6,95 s y 7,12 s.

Para finalizar, en un trabajo previo a esta tesis Martínez-Gallego et al. (2013), se analizaron las características de movimiento de jugadores profesionales en función de la dirección de los golpes. El registro de movimiento se realizó a través del programa de rastreo SAGIT, ya mencionado anteriormente, comparando la distancia recorrida, la velocidad y la posición entre los ganadores y perdedores. Los resultados indicaron que los perdedores recorrieron una menor distancia, se movieron más rápido y estuvieron más tiempo en zonas defensivas que en zonas ofensivas, no encontrando diferencias entre ganadores y perdedores en cuanto al porcentaje de golpes cruzados y paralelos ejecutados.

En el Cuadro 4 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando el deporte y las variables analizadas.

**Cuadro 4. Estudios de análisis notacional de movimiento en deportes de raqueta.**

Autor(es)	Deporte	Variables analizadas
Sanderson y Way (1979)	Squash	Posición
Hughes et al. (1989)	Squash	Distancia recorrida Velocidad Aceleración
Hughes y Clarke (1995)	Tenis	Posición
Richers (1995)	Tenis	Tipo de desplazamiento Movimiento de pies
Hughes y Moore (1998)	Tenis	Movimiento de pies Posición en la pista Resultado del punto
Pereira (2001)	Squash	Patrón de movimiento Zona de la pista Resultado del punto
Hughes y Meyers (2005)	Tenis	Patrón de movimiento Zona de la pista Fase del punto
Suda et al. (2003)	Tenis	Distancia recorrida
Filipcic (2006)	Tenis	Distancia recorrida Género Resultado del partido
Fernández-Fernández et al. (2009)	Tenis	Distancia recorrida Velocidad Nivel
Anderson (2013)	Tenis	Distancia recorrida Velocidad Aceleración Duración de los puntos
(Martínez-Gallego et al., 2013)	Tenis	Distancia recorrida Velocidad Posición Dirección de los golpes

Como se ha podido comprobar, los patrones de movimiento de los jugadores, los movimientos de pies, la distancia recorrida o la velocidad de desplazamiento, son variables de estudio comunes a algunos de los estudios. Sin embargo, existen muy pocos estudios de este tipo que analicen la distancia recorrida o la velocidad en jugadores profesionales, pero sobre todo, no existen estudios que relacionen el análisis de movimiento con otras de las áreas del análisis notacional, para tratar de explicar las diferencias de estas variables en función de aspectos técnico-tácticos.

#### *2.4.4. Bases de datos y modelos*

Los deportistas demuestran a menudo ciertos comportamientos estereotipados durante el juego que incluyen aspectos positivos y negativos del rendimiento. Cuando se realiza una observación durante un cierto período de tiempo pueden comenzar a definirse ciertos patrones de juego, pudiendo establecerse un modelo más exacto cuanto mayor sea la base de datos (Hughes y Barlett, 2007). Por tanto, estos modelos van a permitir obtener información muy valiosa sobre aquellos aspectos críticos del juego que se relacionan con un rendimiento exitoso, y además, ayudarán a predecir el juego de los propios deportistas o de los oponentes (Hughes et al., 2007).

En la literatura se pueden encontrar diversos estudios que utilizan el análisis notacional para establecer modelos de rendimiento en tenis. Al igual que en otras áreas ya tratadas en este trabajo, el servicio suele ser objeto de estudio de una gran parte de estos trabajos (Gale, 1971; George, 1973; Gillman, 1985; Hannan, 1976; Norman, 1985; O'Donoghue, 2002; Walker y Wooders, 2001).

Entre los primeros trabajos de este tipo aplicados al tenis encontramos el llevado a cabo por Gale (1971), donde se empleó un modelo matemático simple para determinar la estrategia óptima del servicio, en él se propone un modelo matemático que explica de forma probabilística el porqué de tomar un mayor

riesgo con el primer servicio. En esta misma línea, George (1973), utilizó un modelo simple probabilístico para determinar la estrategia de servicio óptima, para ello estableció cuatro posibles estrategias de servicio en función de la potencia (Tabla 1):

**Tabla 1. Estrategias de servicio según George (1973)**

Estrategia	Servicio	
	Primero	Segundo
1	Rápido	Lento
2	Rápido	Rápido
3	Lento	Lento
4	Lento	Rápido

A partir del modelo calculado, y en función de estas estrategias, este autor presenta las posibilidades de ganar un punto, un set y un partido para un jugador (Newcombe), frente a dos rivales diferentes (Ashe y Laver). En la mayoría de los casos, las mayores probabilidades de ganar se obtuvieron empleando la estrategia de servicio número 1.

Gillman (1985) desarrolló otro modelo similar basándose sobre en las estrategias de servicio utilizadas por George (1973), aplicándolo en este caso a los jugadores Borg y McEnroe a través de datos obtenidos durante los torneos de Wimbledon y el Open de Estados Unidos. Según los resultados de este trabajo, el primer servicio fuerte, aunque conlleve un mayor riesgo, aumenta las probabilidades de ganar el punto en ambos jugadores.

Norman (1985) también se basó en el trabajo de George (1973), utilizando programación dinámica en lugar de modelos probabilísticos, para determinar la estrategia óptima en cuanto a la velocidad de los primeros y segundos servicios. Los resultados obtenidos mediante este tipo de programación fueron los mismos que los obtenidos en el trabajo de George (1973), donde la estrategia 1 se considera la más eficaz.

Más recientemente, O'Donoghue (2002) trató de establecer la influencia del marcador, el servicio y la superficie de juego tanto en el tenis masculino como en el femenino. A través de datos obtenidos de partidos disputados durante los cuatro Grand Slams (Open de Australia, Wimbledon, Roland Garros y Open de Estados Unidos) se mostraba como el marcador en cada juego (desde 0-0 hasta 40-40) no influyó en el porcentaje de puntos ganados por el jugador que servía. Sin embargo sí que tuvo influencia el género en el porcentaje de puntos ganados por el jugador al servicio, siendo éste mayor para hombres que para mujeres. El tipo de superficie también tuvo influencia sobre el porcentaje de puntos ganados al servicio, siendo éste significativamente mayor en Wimbledon que en el Open de Australia y Roland Garros.

Brimberg, Hurley y Lior (2004) realizaron un modelo sobre la asignación de energía que los jugadores deben realizar en un deporte con una duración desconocida. Este modelo lo basan en diferentes niveles de energía empleados por el jugador, en los juegos máximos restantes para finalizar el partido y en el mínimo número de juegos para ganar el partido. A partir de este modelo presentan dos métodos matemáticos que permiten obtener una decisión óptima, uno basado en la estructura del problema y otro basado en la programación dinámica. Los resultados obtenidos a través de estos métodos sugieren que cuando los jugadores están en una situación de desventaja en el marcador y necesitan ganar los juegos restantes, deben dividir su energía restante de manera uniforme entre todos los posibles juegos restantes, en todas las demás situaciones, con ventaja o igualdad en el marcador, se sugiere emplear diferentes niveles de energía en función del juego, en lugar de emplearla de manera uniforme.

Barnett, Meyer y Pollard (2008) muestran como las estadísticas de un jugador en una superficie en concreto, pueden ser útiles para tomar decisiones sobre las estrategias del servicio, mostrando un ejemplo de un jugador que realiza primeros y segundos servicios a una alta velocidad.

Finalmente, O'Donoghue (2012) llevó a cabo una investigación compuesta por dos estudios diferentes. El primer estudio tenía como objetivo comparar el porcentaje de puntos ganados al resto, en función del ganador y el perdedor del partido, distinguiendo entre los puntos que eran de break y los que no. Los resultados obtenidos mostraron que los ganadores ganaron un mayor porcentaje de puntos de break que de puntos que no eran de break, mientras que para los perdedores no hubo diferencias. El objetivo del segundo estudio también fue comparar el porcentaje de puntos ganados al resto, según fueran de break o no, pero en este caso reduciendo la muestra a los cuatro mejores jugadores del mundo. Rafa Nadal fue el único jugador que ganó un mayor porcentaje de puntos de break, Murray y Federer ganaron un menor porcentaje de puntos que no eran de break y Djokovic obtuvo un porcentaje de puntos ganados similar.

En el Cuadro 5 se muestra un resumen con los diferentes trabajos citados en este apartado, indicando el deporte y las variables analizadas.

**Cuadro 5. Estudios de análisis notacional de modelado en deportes de raqueta.**

Autor(es)	Deporte	VARIABLES ANALIZADAS
Gale (1971)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del servicio Resultado del punto
George (1973)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del punto
Gillman (1985)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del punto
O'Donoghue (2002)	Tenis	Tipo de servicio Tipo de punto Golpes ganadores Errores no forzados
Brimberg et al.(2004)	Tenis/squash	Juegos restantes Juegos para ganar Energía utilizada Energía restante
Barnett et al. (2008)	Tenis	Tipo de servicio Resultado del punto Superficie
Odonoghue (2012)	Tenis	Tipo de punto Tipo de resto Nivel de los jugadores

Al igual que ocurre con los estudios de análisis técnico, la mayoría de los modelos desarrollados en los trabajos presentados se basan en el servicio y el resto, por lo que la creación de modelos para otros golpes debería considerarse en futuras investigaciones. Del mismo modo que en el análisis técnico, la inclusión de variables como la dirección de los golpes o la posición desde la que se ejecutan, permitiría la creación de un mayor número de modelos.

# OBJETIVOS E HIPÓTESIS

---



## 3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### 3.1. Objetivos

Los objetivos de esta tesis fueron los siguientes:

**Objetivo general nº 1:** Describir las características de movimiento en el tenis de alta competición, y analizar si existen diferencias entre los ganadores y los perdedores de los puntos.

Como ya se mencionó previamente en el marco teórico y la justificación de la tesis, el conocimiento de las características de movimiento de un determinado deporte, en este caso el tenis, permitirá una mejor comprensión de las exigencias físicas de este deporte (Hughes et al., 2007), y además tendrá una relación directa con la táctica empleada por los deportistas (Barris y Button, 2008). Por ello, si además de describir estas características de movimiento, se comprueban las diferencias entre ganadores y perdedores, se podrá establecer cuáles de ellas se relacionan con un mayor éxito competitivo, y qué tipo de tácticas asociadas a esas características de movimiento se relacionan con un mejor rendimiento.

- 1.1. Describir las características de movimiento relativas al volumen y la intensidad de los desplazamientos de los tenistas.
- 1.2. Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores de los puntos en cuanto a las características de movimiento relativas al volumen y la intensidad de los desplazamientos.
- 1.3. Describir las características de movimiento relativas a la posición, volumen y la intensidad de los desplazamientos de los tenistas en zona ofensiva y en zona defensiva.
- 1.4. Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores de los puntos en cuanto a las características de movimiento relativas a la posición, volumen y la intensidad de los desplazamientos de los tenistas en zona ofensiva y en zona defensiva.

**Objetivo general nº 2:** Comprobar las características técnico-tácticas en cuanto al número de golpes ganadores y errores no forzados en el tenis de alta competición, y establecer si existen diferencias entre los ganadores y los perdedores de los juegos.

Cuando se trata de evaluar aspectos técnicos desde el punto de vista del análisis notacional, esta evaluación no se basa en la propia técnica sino en el resultado de las acciones a evaluar, por lo que existe una relación muy directa con la toma de decisiones tácticas (Hughes et al., 2007). Estas decisiones tácticas no pueden ser observadas directamente, por lo que la efectividad de los golpes, en función del número de puntos ganadores y errores, y de las áreas de la pista desde donde se ejecuten, es uno de los indicadores de rendimiento idóneos y más utilizados en estas áreas de análisis (Martínez-Gallego et al., 2013).

- 2.1. Describir el número de golpes ganadores, errores no forzados y eficacia de los tenistas durante los juegos.
- 2.2. Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores de un juego en cuanto al número de golpes ganadores, errores no forzados y eficacia durante los juegos.
- 2.3. Describir el número de golpes ganadores, errores no forzados y la eficacia en zona ofensiva y defensiva de los tenistas durante los juegos.
- 2.4. Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores en cuanto al número de golpes ganadores, errores no forzados y la eficacia en zona ofensiva y defensiva durante los juegos.

## 3.2. Hipótesis

Las hipótesis que se plantean son las siguientes:

### **Hipótesis relativas al objetivo general nº 1:**

1. Hipótesis relativa al objetivo específico 1.1. La intensidad de los desplazamientos en pista rápida de jugadores de alto nivel será mayor que en superficies de juego más lentas y que en niveles de juego más bajos, por el contrario, el volumen será menor que en superficies de juego más lentas, aunque se piensa que seguirá siendo mayor que en niveles de juego inferiores.
2. Hipótesis relativa al objetivo específico 1.2. Los perdedores recorrerán una mayor distancia y a una mayor velocidad que los ganadores.
3. Hipótesis relativa al objetivo específico 1.3. La mayor parte del tiempo los jugadores permanecerán en zona ofensiva, recorriendo una mayor distancia que en zona defensiva, pero con una velocidad media menor.
4. Hipótesis relativa al objetivo específico 1.4. Los ganadores de los puntos permanecerán durante más tiempo y recorrerán una mayor distancia en zona ofensiva, pero a una menor velocidad. Los perdedores de los puntos permanecerán durante más tiempo en zona defensiva, recorrerán una mayor distancia y a una mayor velocidad.

### **Hipótesis relativas al objetivo general nº 2:**

1. Hipótesis relativa al objetivo 2.1. En pista rápida y para jugadores de alto nivel, el número de golpes ganadores y la eficacia será mayor que en superficies de juego más lentas, siendo el número de errores no forzados menor.
2. Hipótesis relativas al objetivo específico 2.2. Los ganadores de los juegos realizarán un mayor número de golpes ganadores, un menor número de errores y serán más eficaces.

3. Hipótesis relativa al objetivo 2.3. En zona ofensiva los jugadores realizarán más golpes ganadores, errores no forzados y serán más eficaces que en zona defensiva.
4. Hipótesis relativas al objetivo específico 2.4. Tanto en zona ofensiva como en zona defensiva, los ganadores de los juegos realizarán un mayor número de golpes ganadores, un menor número de errores y serán más eficaces.

# MÉTODO

---



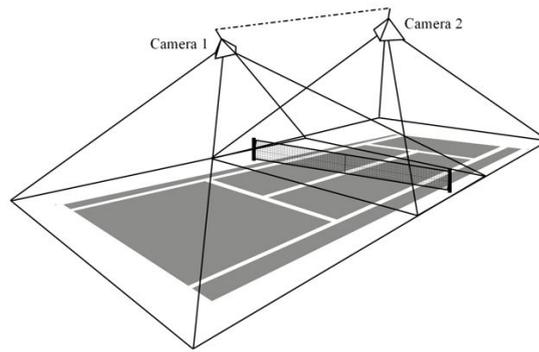
## 4. MÉTODO

### 4.1. Muestra

La muestra de este estudio estuvo compuesta por 19 sets correspondientes a 8 partidos pertenecientes al Valencia Open 500, torneo de tenis celebrado durante los meses de Octubre y Noviembre de 2011, disputado sobre superficie dura, clasificada como categoría 3 (media) por la Federación Internacional de Tenis según la velocidad de la superficie, y bajo techo. Los partidos fueron disputados por 11 jugadores profesionales clasificados entre el 5 y el 113 de la clasificación mundial de la ATP, todos ellos diestros, con una media (DT) de edad de 24.8 (2.9) años. Se obtuvo el consentimiento por escrito, por parte de la organización del torneo para llevar a cabo las grabaciones durante la disputa de los partidos.

### 4.2. Instrumentos

Para realizar las grabaciones se utilizaron dos cámaras de video Bosch modelo Dinion IP 455, las cuales grababan a una frecuencia de 25 fotogramas por segundo. Estas cámaras se colocaron en el truss que servía de soporte para la iluminación, a una altura de 20 m sobre cada uno de los fondos de la pista (Figura 2). Ambas cámaras iban conectadas mediante un cable IP a un ordenador portátil, que almacenaba las imágenes capturadas en formato mpeg-4. Este formato no era compatible con el software de procesamiento de las imágenes, por lo que se utilizó el programa AdvancedCSharpSample (Bosch, Munich, Alemania) para convertirlas al formato wmv, y posteriormente a formato mpeg-2 utilizando el programa Winff 1.3.1 ([www.winff.org](http://www.winff.org)).



**Figura 2. Posición de las cámaras e imágenes de video capturadas**

El procesamiento de las imágenes se llevó a cabo mediante el sistema de rastreo SAGIT. Este software permite rastrear el movimiento de los jugadores de forma automática bajo la supervisión de un operador, para ello, utiliza un algoritmo que compara cada fotograma con una imagen previamente almacenada de la pista vacía, cada píxel se compara con un valor umbral para determinar si el jugador es detectado en esa coordenada (Vuckovic, Pers, James y Hughes, 2009).

El sistema se compone de cuatro módulos, calibración, rastreo, anotación y presentación.

El primer módulo (calibración) permite calibrar el espacio de juego y sincronizar las dos cámaras de video. Durante el proceso de calibración, se marca el instante de inicio y final del partido, en ambas cámaras de forma que queden sincronizadas. Esta sincronización fue realizada mediante un flash disparado en un punto que era registrado por ambas cámaras, en el centro de la pista. La pista era calibrada introduciendo manualmente una serie de puntos de referencia a lo largo de toda la pista, en este caso pelotas de tenis sobre la superficie y a un metro de altura, de esta forma, el programa puede determinar la correspondencia entre las coordenadas de la imagen y las de la pista (Vuckovic, Dezman, Erculj, Kovacic y Pers, 2002).



**Figura 3. Módulo de calibración.**

El módulo de rastreo se utiliza para obtener datos precisos sobre la posición de los jugadores en la pista. Antes de comenzar el rastreo, el operador debe indicar mediante un clic del ratón la posición en la pista de los jugadores para poder comenzar el proceso. En caso de que el sistema pierda la posición del jugador, el programa permite al operador clicar nuevamente sobre la posición de éste para continuar el rastreo (Vuckovic et al., 2002).



**Figura 4. Módulo de rastreo.**

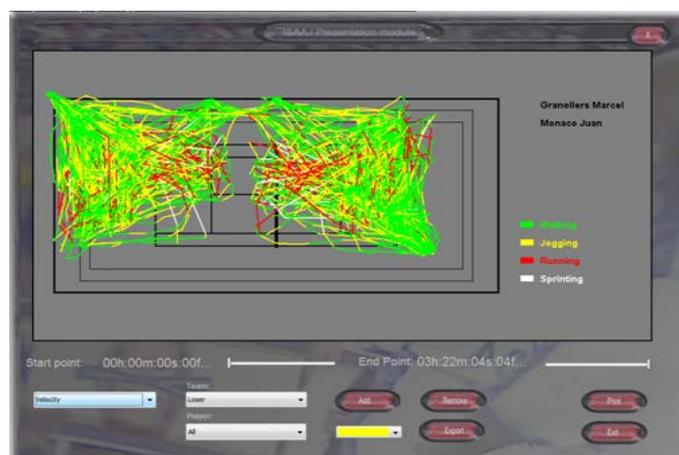
El módulo de anotación se utiliza para introducir manualmente los eventos observados en la pista, como puntos ganadores, errores, tipos de golpe, etc.

Además el registro de estas acciones está sincronizado con los datos del rastreo (Vuckovic et al., 2002).



**Figura 5. Módulo de anotación.**

El módulo de presentación se utiliza para ver, exportar e imprimir los resultados obtenidos con la ayuda de los módulos de rastreo y anotación. Además, permite mostrar presentaciones visuales de los datos obtenidos (Vuckovic et al., 2002).



**Figura 6. Módulo de presentación.**

Los datos obtenidos a través del SAGIT fueron exportados a la base de datos Microsoft Excel 2007 (Microsoft, Redmond, USA), seleccionando los datos

de interés para el estudio, como la posición de los jugadores y los tipos de golpe, a través de consultas SQL en Microsoft Access 2010 (Microsoft, Redmond, USA).

### 4.3. Diseño y contextualización

Este trabajo se enmarca dentro del área de Análisis de Rendimiento Deportivo, en el que se ha utilizado un diseño retrospectivo de comparación de grupos cuantitativo. Según la naturaleza de los datos, se trata de un diseño transversal, en el que los datos proceden de un mismo ciclo temporal, en este caso, partidos correspondientes al Valencia Open 500 disputados en Noviembre de 2011.

### 4.4. Variables analizadas

Las variables de interés para el presente estudio fueron:

#### *Variables dependientes*

1. Duración de los puntos. Esta variable hace referencia al tiempo desde que el jugador pone la pelota en juego, hasta que el punto finaliza.
2. Distancia recorrida en los desplazamientos. Esta variable hace referencia a la distancia que se desplaza el centro volumétrico del cuerpo sobre el plano horizontal (también denominado transversal).
3. Velocidad a la que se producen los desplazamientos. Esta variable hace referencia al cambio de posición del centro volumétrico del cuerpo en el plano horizontal con respecto del tiempo.
4. Tiempo. Esta variable hace referencia al tiempo en el que el jugador se encuentra en una determinada zona.
5. Golpes ganadores. Golpe que no puede ser devuelto o alcanzado por el oponente.

6. Errores no forzados. Golpes errados por una mala decisión táctica o una mala ejecución.

7. Eficacia. Cociente entre el número de golpes ganadores y errores no forzados, multiplicado por el cociente entre el número de golpes ejecutados en la zona respecto del total de golpes. Posteriormente, en este mismo apartado, se justificará la elección de esta variable.

### *Variables independientes*

8. Zona. Con los siguientes niveles:

- 8.1. Zona ofensiva. Área comprendida desde 1,5 metros por detrás de la línea de fondo hasta la red. Posteriormente, en este mismo apartado, se justificará la elección de esta variable
- 8.2 Zona defensiva. Área comprendida desde 1,5 metros detrás de la línea de fondo hasta el fondo de la pista. Posteriormente, en este mismo apartado, se justificará la elección de esta variable.

9. Resultado. Con los siguientes niveles:

- Ganador. Jugador que gana el punto/juego.
- Perdedor. Jugador que pierde el punto/juego.

La elección del punto como unidad de análisis de movimiento la justifica el hecho de que utilizar unidades más grandes como el juego, implica en la mayoría de los casos, que el ganador haya perdido puntos y por tanto sea más difícil encontrar diferencias entre ganadores y perdedores (Vuckovic y James, 2010; Vuckovic, Pers, James y Hughes, 2008). Además, en un estudio preliminar a esta tesis (Martínez-Gallego et al., 2013) se eligió el juego como unidad de análisis, encontrando algunos resultados inesperados en cuanto a la distancia recorrida por los jugadores, atribuidos entre otras causas a la unidad de análisis, por lo que nuevamente se recomendó el análisis por puntos.

En el caso del análisis técnico-táctico no tenía sentido realizar el análisis por punto, ya que en cada punto únicamente se producirá un error o un punto ganador, por lo que la siguiente unidad de análisis más pequeña es el juego, y por tanto fue ésta la unidad elegida para realizar dicho análisis. Además, los golpes fueron clasificados siguiendo la clasificación propuesta por Martínez-Gallego et al. (2013), considerando un error, cuando el jugador cometía un fallo debido a una mala decisión táctica o una mala ejecución, y golpe ganador cuando el punto finalizaba por un golpe que no podía ser devuelto o alcanzado por el oponente. Por otro lado, hay que indicar que para este análisis sólo se han tenido en cuenta los golpes de fondo y las voleas, por tanto no han sido considerados para el análisis ni los servicios ni los restos. El servicio es un golpe con mucha importancia en el resultado, pero que aporta muy poca información respecto a la táctica empleada por el jugador en función de la zona en la que se encuentre, ya que siempre se realiza desde zonas de la pista similares. En cuanto al resto, aunque los jugadores sí que varían más su posición, se ha considerado que este golpe estará claramente condicionado por el servicio, por lo que el resultado del golpe dependerá en gran medida del tipo de servicio previo, que como se ha indicado anteriormente no se considera en el análisis, y por tanto ha llevado a que el resto tampoco se incluya en éste.

Para poder llevar a cabo el análisis en función de la posición en la pista del jugador, se definieron dos zonas que dividen la pista en dos partes. La primera de ellas (Zona ofensiva, ZO) comprende el espacio desde 1.5 m por detrás de la línea de fondo hasta la red, donde se considera que el jugador estará en una situación de equilibrio u ofensiva, y la segunda (Zona defensiva, ZD) desde 1.5 m por detrás de la línea de fondo hasta el final de la pista, donde se considera que el jugador estará en una situación defensiva (Figura 7). Estas zonas ya fueron empleadas en un trabajo previo a esta tesis (Martínez-Gallego et al., 2013), al no existir trabajos previos a éste en el que se definieran justificadamente este tipo de zonas, se

decidió la utilización de éstas una vez registrados los datos, considerando que dichas zonas discriminaban de forma correcta ambos tipos de situaciones.



**Figura 7. Zonas ofensivas y defensivas**

Por otro lado, es importante tener en cuenta que a pesar de que el reglamento del tenis considera que el punto está en juego una vez es ejecutado el primer servicio, en este trabajo si se fallaba el primer servicio, el punto se consideraba comenzado con la ejecución del segundo servicio, ya que a efectos de análisis de movimiento el tiempo entre el primer y segundo servicio puede considerarse como tiempo pasivo. Del mismo modo, si se producía un let (repetición del punto) únicamente se consideró a efectos de análisis la repetición del punto, eliminando los datos anteriores a que se produjera éste.

Finalmente, para medir la eficacia en cada una de las zonas, se hizo uso de un indicador ampliamente utilizado en estudios previos de tenis como es la ratio entre golpes ganadores y errores (Hugues y Bartlett, 2002). En este caso, además de conocer la eficacia general de un jugador, era necesario conocer la eficacia en cada una de las zonas, por lo que la ratio entre el número de golpes ganadores ( $w$ ) y errores ( $e$ ), se multiplicó por la ratio de golpes en cada zona, calculado como el cociente entre el número de golpes ejecutados en la zona analizada ( $n$ ) respecto del total de golpes ( $N$ ). Además, para evitar que la ratio de golpes ganadores y errores fuera cero en el caso de que no se produjera ningún golpe ganador, o se produjera una división entre cero en el caso de que no se produjera

ningún error, se sumó una unidad tanto en el dividendo como en el divisor. Los casos en los que N fue cero no fueron considerados para el análisis:

$$\left(\frac{n}{N}\right) \times \left(\frac{w + 1}{e + 1}\right)$$

#### 4.4.1. Relación entre las variables y los objetivos

A continuación se expone en la Tabla 2, señaladas con una “X”, las variables que se relacionan en cada uno de los objetivos específicos. Así, la Tabla 1 explica la relación de las variables con cada uno de los objetivos específicos del objetivo general 1.

**Tabla 2. Variables estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 1.**

VARIABLES		OBJETIVO GENERAL 1			
DEPENDIENTES	INDEPENDIENTES	Objetivo 1.1	Objetivo 1.2	Objetivo 1.3	Objetivo 1.4
DURACIÓN		X			
		X			
DISTANCIA	RESULTADO ZONAS		X		X
				X	X
VELOCIDAD	RESULTADO ZONAS	X	X		X
				X	X
TIEMPO	RESULTADO ZONAS				X
				X	X

En la Tabla 3 se muestran las variables estudiadas en cada uno de los objetivos específicos correspondientes al objetivo general 2.

**Tabla 3. . Variables estudiadas en los objetivos específicos del objetivo general 2.**

VARIABLES		OBJETIVO GENERAL 2			
DEPENDIENTES	INDEPENDIENTES	Objetivo 2.1	Objetivo 2.2	Objetivo 2.3	Objetivo 2.4
		X			
PUNTOS GANADORES	RESULTADO ZONAS		X	X	X
		X			
ERRORES	RESULTADO ZONAS		X	X	X
					X
EFICACIA	RESULTADO ZONAS			X	X

## 4.5. Procedimiento

Tras la obtención de los permisos necesarios por parte de la organización, se procedió a la instalación de las cámaras en la pista una semana antes del comienzo del torneo. Durante la semana del 31 de Octubre al 6 de Noviembre de 2011, se realizaron las grabaciones en la pista construida en el interior del Ágora de la Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia. Todos los partidos grabados fueron de la modalidad individual masculino, disputados al mejor de tres sets con tie-break en todos ellos.

Posteriormente, una vez almacenadas todas las grabaciones, se llevó a cabo un proceso de conversión para obtener archivos de vídeo reconocibles por el sistema de rastreo que se iba a emplear. Estos archivos fueron procesados en la Universidad de Ljubljana (Eslovenia), mediante el programa SAGIT, descrito anteriormente, durante el mes de Mayo de 2012.

## 4.6. Tratamiento de los datos

El programa de rastreo SAGIT, como ya se ha mencionado anteriormente, permite exportar los datos obtenidos a una hoja de Microsoft Excel, en este caso la versión 2007. Cada una de las filas obtenidas en este archivo hace referencia a cada fotograma de la grabación, mostrando los valores de las siguientes variables para cada uno de los jugadores, a través de columnas:

- Número de fotograma, donde se establece el valor que identifica a cada fotograma.
- Posición en el eje X (m) respecto a un eje de abscisas que parte desde una esquina de la pista.
- Posición en el eje Y (m) respecto a un eje de ordenadas que parte desde una esquina de la pista.
- Velocidad (m/s) de desplazamiento del jugador en el fotograma
- Distancia (m) recorrida acumulada desde el primer fotograma
- Tipo de golpe ejecutado en ese fotograma (winner, error forzado o error no forzado), en caso de que lo hubiera.
- Posición del impacto del golpe en el eje X (m) respecto al mismo eje de abscisas utilizado para la posición del jugador.
- Posición del golpe en el eje Y (m) respecto al mismo eje de ordenadas utilizado para la posición del jugador.
- Tipo de tiempo, activo o pasivo en función de si la pelota está en juego o no.

A partir de esta hoja obtenida a través del programa de rastreo, en primer lugar, se calcularon tres variables auxiliares necesarias para obtener los datos relativos a distancia, tiempo y velocidad en cada una de las zonas:

- Distancia recorrida en zona ofensiva (m).
- Distancia recorrida en zona defensiva (m).
- Tiempo en zona ofensiva (s).
- Tiempo en zona defensiva (s).

Con los valores de las variables obtenidas a través del SAGIT y las variables auxiliares se creó una base de datos en Microsoft Access 2007 (Microsoft, Redmond, USA), importando tablas para cada uno de los partidos. Posteriormente, haciendo uso de este mismo programa se diseñó una consulta

en lenguaje SQL (Structured Query Language) con el fin de obtener los datos de interés para el análisis de movimiento de cada punto (Anexo 1).

Una vez obtenidos los datos relativos al análisis de movimiento, para la obtención de la información correspondiente al análisis técnico-táctico se siguió un procedimiento similar al análisis de movimiento, diseñando varias consultas SQL (Anexo 2) para obtener los datos de los golpes en cada juego.

#### **4.7. Análisis de fiabilidad**

El objetivo de la fiabilidad dentro del análisis de rendimiento hace referencia a la exactitud con que los eventos que se han introducido o anotado reflejan lo que realmente ha ocurrido en el juego. Es por tanto una evaluación de la validez de los datos (James, Taylor y Stanley, 2007).

En este caso, la fiabilidad del sistema de rastreo SAGIT fue comprobada por Vuckovic et al. (2010), indicando que el error cometido sobre la posición real de los jugadores variaba entre 0,09 m y 0,5 m. Sin embargo, los autores probaron el sistema mediante pruebas deliberadamente extremas para calcular los valores máximos de error, obteniendo valores muy cercanos a los mínimos indicados.

Como ya se indicó en la descripción del programa, en el módulo de anotación del SAGIT, los golpes deben ser introducidos manualmente, y por tanto la fiabilidad no dependerá íntegramente del sistema, sino del analista.

Según James, Jones y Hollely (2002) existen tres tipos de errores según las causas que los producen: errores operacionales, donde el operador inintencionadamente introduce datos de forma incorrecta, p. ej. Presionando el botón equivocado; errores observacionales, donde el observador no codifica un determinado evento; y errores de definición, donde el observador etiqueta un evento habiéndose producido otro diferente. De esta forma, es probable que el analista tenga un registro incompleto o con códigos erróneos en algunos de los eventos. Estos mismos autores indican que la principal causa de error viene dada

por la decisión del analista, por ejemplo, de que una determinada acción ha sido exitosa cuando en realidad no lo ha sido. En este sentido en análisis de rendimiento, las partes interesadas, por ejemplo, los entrenadores, jugadores, analistas o investigadores, son los que por convención definen los eventos. Esta definición de los eventos es de vital importancia ya que una definición incompleta o ambigua provocará errores de definición que harán que los eventos estén mal clasificados. Por tanto, el papel de la fiabilidad será determinar si se producen o no este tipo de errores en un estudio en particular, y en qué medida se producen.

Para calcular la fiabilidad de un analista se requiere de más de un registro de los mismos datos, existiendo dos formas de obtener estos registros. Un mismo operador puede codificar los datos dos veces, lo que se conoce como test intra-sujeto, o dos o más operadores pueden realizar la codificación de forma independiente, conocido como test inter-sujeto. Aunque ambos tests se consideran válidos (James et al., 2007), los test inter-sujeto son los que realmente van a permitir establecer la objetividad de un determinado sistema de registro, estableciendo si dicho sistema es independiente de las percepciones individuales de un determinado operador (O'Donoghue, 2010). En los casos en los que el sistema de codificación sea muy complejo, puede ser complicado entrenar a otros operadores únicamente para realizar el análisis de fiabilidad, por lo que en estos casos será recomendable llevar a cabo un test intra-sujeto, siendo importante que entre las dos codificaciones del mismo operador transcurra el tiempo suficiente como para minimizar el efecto de la memoria, y poder comprobar si ha habido cambios en la categorización de los datos debido a la familiarización con la tarea (James et al., 2007).

En este trabajo, con el fin de comprobar la fiabilidad de los datos obtenidos a través del sistema de registro empleado, se realizaron ambos tipos de tests. Transcurrido un año desde el primer análisis, el mismo codificador que realizó ese primer análisis y un segundo codificador, analizaron un partido escogido al azar, de tal forma que se pudo evaluar la consistencia entre dos registros de un mismo

operador (intra-sujeto), y dos registros realizados por diferentes operadores (inter-sujeto).

Existen diferentes tipos de estadísticos de fiabilidad que pueden ser usados en análisis de rendimiento para evaluar tanto la consistencia inter-sujeto como intra-sujeto, siendo más recomendable uno u otro en función de la escala de medida empleada en las variables a analizar. Según O'Donoghue (2010) existen cinco escalas de medida a considerar dentro del análisis de rendimiento:

1. Escala nominal sin valores vecinos.
2. Escala nominal con valores vecinos.
3. Escala ordinal.
4. Escala de intervalo.
5. Escala de ratio.

En este trabajo, las variables a analizar son de escala nominal y además siguen una secuencia cronológica, por lo que según O'Donoghue (2010), el estadístico de fiabilidad con una mayor validez en este caso es el estadístico Kappa (Cohen, 1960). Este estadístico determina el porcentaje de acuerdo entre ambos registros, excluyendo el porcentaje de acuerdos que puedan ser debidos al azar. Los valores de Kappa varían desde 0 hasta 1 siendo el nivel de aceptabilidad de este coeficiente el mostrado en la Tabla 7.

**Tabla 4. Interpretación de los valores de Kappa (Altman, 1990, p. 404).**

Kappa	Fuerza del acuerdo
$\kappa \geq 0,8$	Muy bueno
$0,6 \leq \kappa < 0,8$	Bueno
$0,4 \leq \kappa < 0,6$	Moderado
$0,2 \leq \kappa < 0,4$	Justo
$\kappa < 0,2$	Pobre

En este caso el valor kappa obtenido en el test intra-sujeto fue de 0,87 y en el test inter-sujeto fue de 0,82, siendo en ambos casos una muy buena fiabilidad según la interpretación de Altman (1990, p. 404).

#### **4.8. Análisis estadístico**

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el paquete estadístico SPSS en su versión 21 para Windows (SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos). En primer lugar, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de los datos en cada una de las variables, obteniendo en todas las variables desviaciones de la normalidad, valores atípicos y grandes diferencias en la varianza, por lo que se hizo uso de pruebas no paramétricas.

Para comparar los datos entre ganadores y perdedores, se hizo uso de la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon, puesto que según O'Donoghue (2010) deben considerarse muestras relacionadas debido a que el rendimiento de un jugador está influido por el del rival. De esta forma, en estudios previos en los que se realizan comparativas entre ganadores y perdedores (Ramón-Llin, 2013; Vuckovic y James, 2010), éstas siempre han sido consideradas como muestras relacionadas. Se consideró que había diferencias significativas entre grupos siempre que el nivel de significación fuera menor o igual a 0,05. Para evaluar las correlaciones entre las variables se utilizó la rho de Spearman, del mismo modo se consideró que dos variables correlacionaban siempre y cuando el nivel de significación fuera menor o igual a 0,05.



# RESULTADOS

---



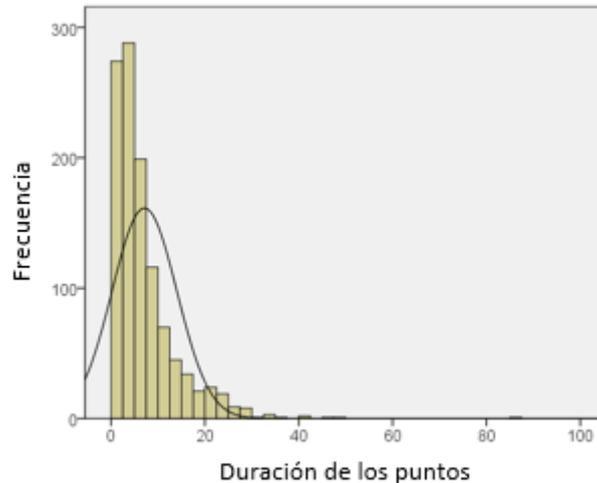
## 5. RESULTADOS

5.1. Resultados relativos al objetivo general 1 (Describir las características de movimiento en el tenis de alta competición, y analizar si existen diferencias entre los ganadores y los perdedores de los puntos).

*5.1.1. Resultados relativos al objetivo específico 1.1 (Describir las características de movimiento relativas al volumen y la intensidad de los desplazamientos de los tenistas).*

### 5.1.1.1. Duración de los puntos

Como se puede observar en el Gráfico 1 la distribución de los datos para la duración de los puntos presenta una acusada asimetría hacia la izquierda, por lo que los datos no se distribuyen normalmente (ver Tabla 5).



**Gráfico 1. Distribución de los datos para la duración de los puntos.**

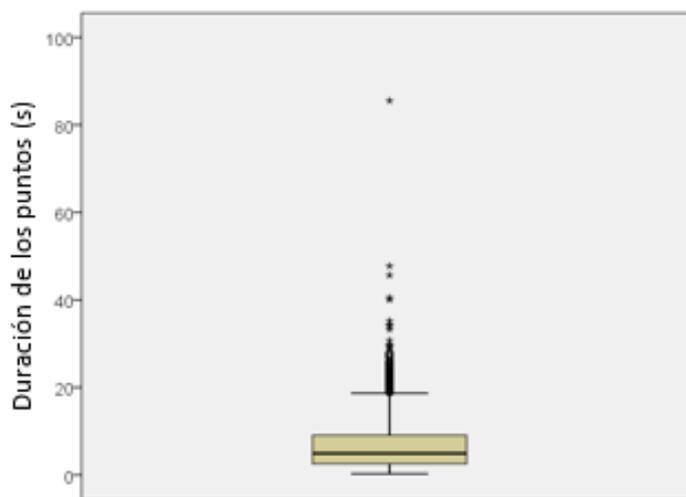
**Tabla 5. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la duración de los puntos.**

VARIABLE	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	p
Duración de los puntos	0,167	1117	<0,001

La tabla 6 muestra como para el total de puntos disputados (n=1117) la media de duración ha sido de 7,11 s, existiendo una notable diferencia con respecto a la mediana (4,92 s). En este caso se considera la mediana un mejor indicador de tendencia central, al no distribuirse los datos de forma normal. El rango intercuartílico (6,54 s) supone un 132,92% sobre la mediana, lo que junto a la diferencia entre los valores mínimo (0,28 s) y máximo (85,52 s) nos confirman la alta dispersión de los datos para esta variable (Gráfico 2).

**Tabla 6. Estadísticos descriptivos de la variable duración de los puntos.**

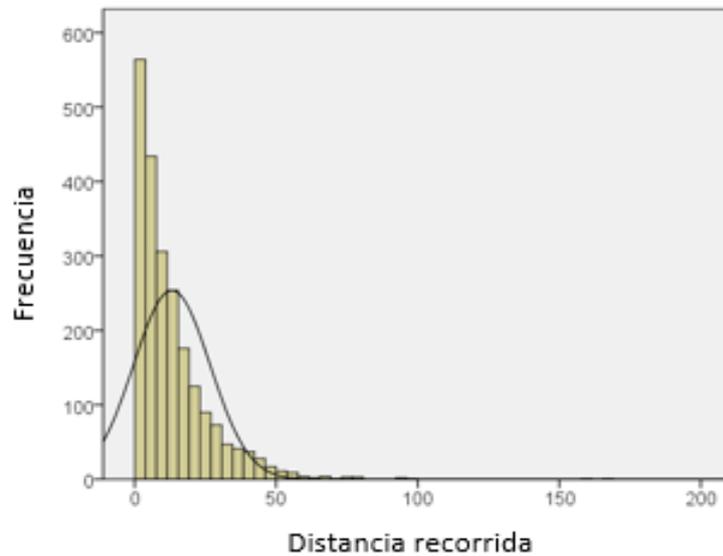
	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Duración de los puntos (s)	1117	7,11	4,92	6,54	0,28	85,52



**Gráfico 2. Duración media de los puntos.**

#### 5.1.1.2. Distancia recorrida

En el Gráfico 3 se muestra la distribución de los datos para la variable distancia recorrida. Al igual que ocurría en la variable anterior, se observa una acusada asimetría hacia la izquierda, por lo que del mismo modo, los datos no se distribuyen normalmente (ver Tabla 7).



**Gráfico 3. Distribución de los datos para la distancia recorrida.**

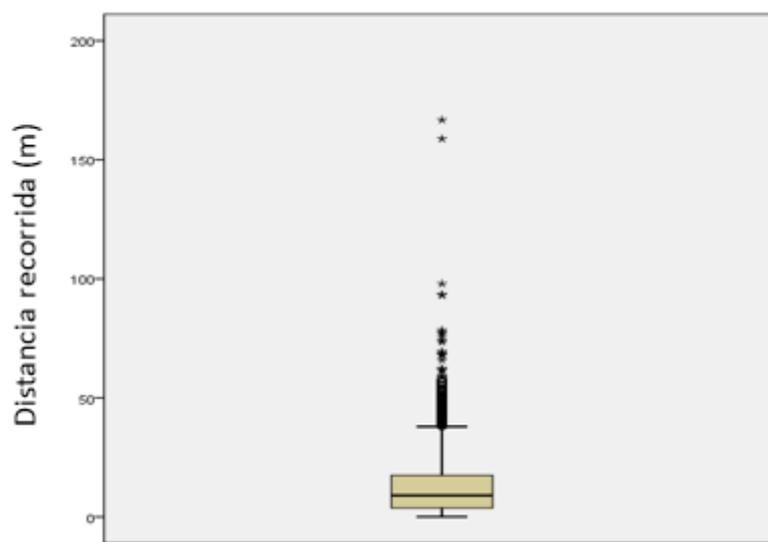
**Tabla 7. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la distancia recorrida.**

VARIABLE	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	p
Distancia recorrida	0,170	2234	<0,001

En la tabla 8 se muestra como la media de la distancia recorrida por los jugadores ( $n=2234$ ) ha sido de 13,13 m, mientras que la mediana ha presentado un valor de 9,08, de nuevo se considera este segundo indicador se considera más válido al no distribirse los datos normalmente. De igual forma, el rango intercuartílico (13,72 m), que supone un 151,10% sobre la mediana, junto con los valores mínimo (0,07 s) y máximo (166,72 s) nos confirman la alta dispersión de los datos para esta variable (Gráfico 4).

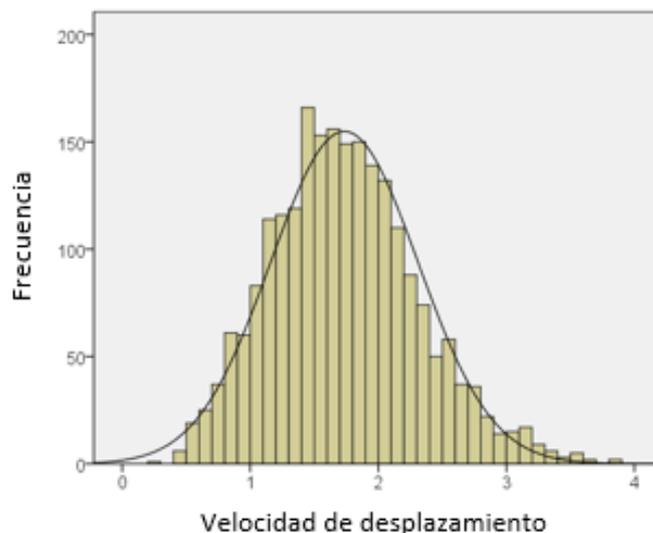
**Tabla 8. Estadísticos descriptivos de la variable distancia recorrida.**

	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Distancia recorrida (m)	2234	13,13	9,08	13,72	0,07	166,72

**Gráfico 4. Distancia media recorrida.**

#### 5.1.1.3. Velocidad de desplazamiento

El Gráfico 5 muestra la distribución de los datos para la variable velocidad de desplazamiento. En este caso, a pesar de no ser tan evidente en el gráfico, los datos tampoco se distribuyen de una forma normal (ver Tabla 9).



**Gráfico 5. Distribución de los datos para la velocidad de desplazamiento**

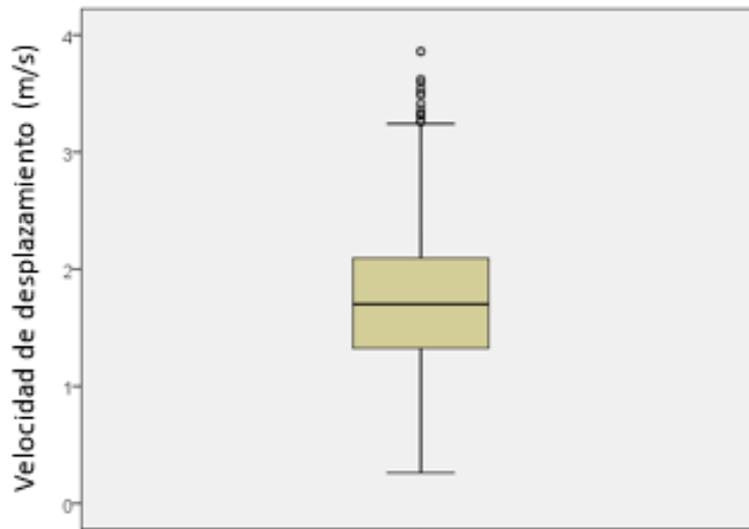
**Tabla 9. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la velocidad de desplazamiento.**

VARIABLE	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	p
Velocidad de desplazamiento	0,029	2234	<0,001

En la Tabla 10 se muestra, para el total de jugadores ( $n=2234$ ), los valores de la media de velocidad de desplazamiento (1,73 m/s) y la mediana (1,70 m/s). El rango intercuartílico (0,77 m/s), que supone un 45,29% de la mediana, y los valores mínimo (0,26 m/s) y máximo (3,86 m/s) de esta variable, indican la dispersión de la muestra, que en este caso es mucho menor que las dos variables mostradas anteriormente (Gráfico 6).

**Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la variable velocidad de desplazamiento.**

	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Velocidad de desplazamiento (m/s)	2234	1,73	1,70	0,77	0,26	3,86



**Gráfico 6. Velocidad media de desplazamiento**

En la Tabla 11 se muestran las correlaciones para las tres variables tratadas. Al no distribirse de forma normal todas las variables, en este caso ninguna, se ha empleado el coeficiente de correlación de Spearman. Como puede observarse, existe una correlación significativa entre las tres variables, siendo muy alta entre la duración de los puntos y la distancia recorrida (0,96), moderada entre la distancia recorrida y la velocidad (0,62) y baja entre la duración de los puntos y la velocidad.

**Tabla 11. Correlaciones bivariadas de Spearman entre las variables de análisis del objetivo 1.1.**

VARIABLES	Duración de los puntos	Distancia recorrida	Velocidad
Duración de los puntos	1	0,96(**)	0,39(**)
Distancia recorrida		1	0,62(**)
Velocidad			1

(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.

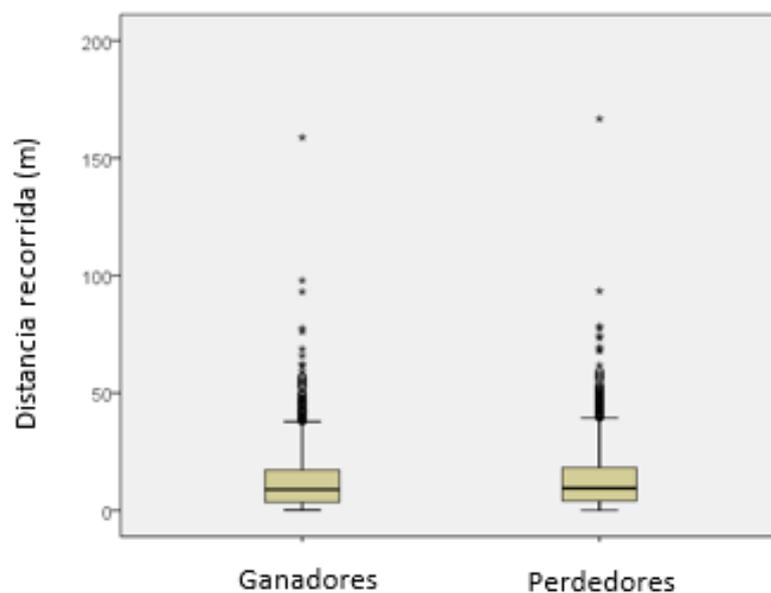
*5.1.2. Resultados relativos al objetivo específico 1.2 (Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores de los puntos en cuanto a las características de movimiento relativas al volumen y la intensidad de los desplazamientos)*

#### 5.1.2.1. Distancia recorrida

En la Tabla 12 se muestran los resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la distancia recorrida entre los ganadores y los perdedores de los puntos. Como puede observarse, los perdedores recorrieron una mayor distancia (mediana= 9,45 m, Gráfico 7) que los ganadores (mediana= 8,87 m;  $Z=4,59$ ,  $p < 0,01$ ).

**Tabla 12. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la distancia recorrida entre los ganadores y perdedores de los puntos.**

	Resultado punto	N	Mediana	Rango intercuartílico	Z	p
Distancia recorrida (m)	Ganadores	1117	8,87	13,76	4,59	<0,01
	Perdedores		9,45	14,22		



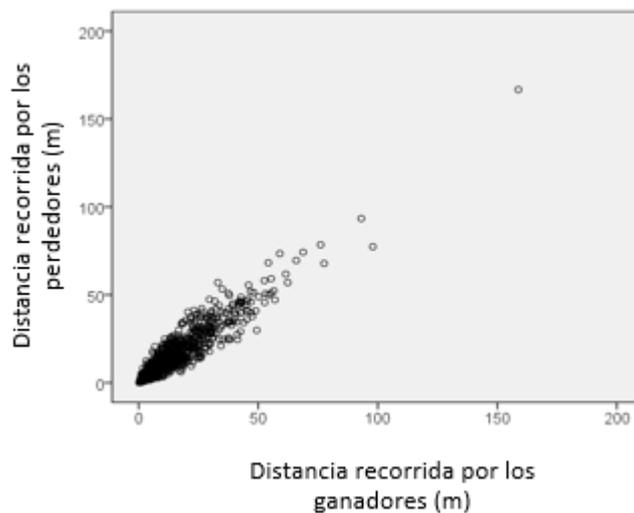
**Gráfico 7. Distancia recorrida por los ganadores y perdedores de los puntos**

En la Tabla 13 se muestra la correlación entre ambas variables según el coeficiente de correlación de Spearman, pudiendo observar como existe una alta correlación entre las distancias recorridas por ambos jugadores ( $r=0,93$ , Gráfico 8).

**Tabla 13. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la distancia recorrida por los ganadores y los perdedores de los puntos.**

	Ganadores	Perdedores
Ganadores	1	0,93(**)
Perdedores		1

(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,01 bilateral.



**Gráfico 8. Relación entre la distancia recorrida por los ganadores y los perdedores de los puntos**

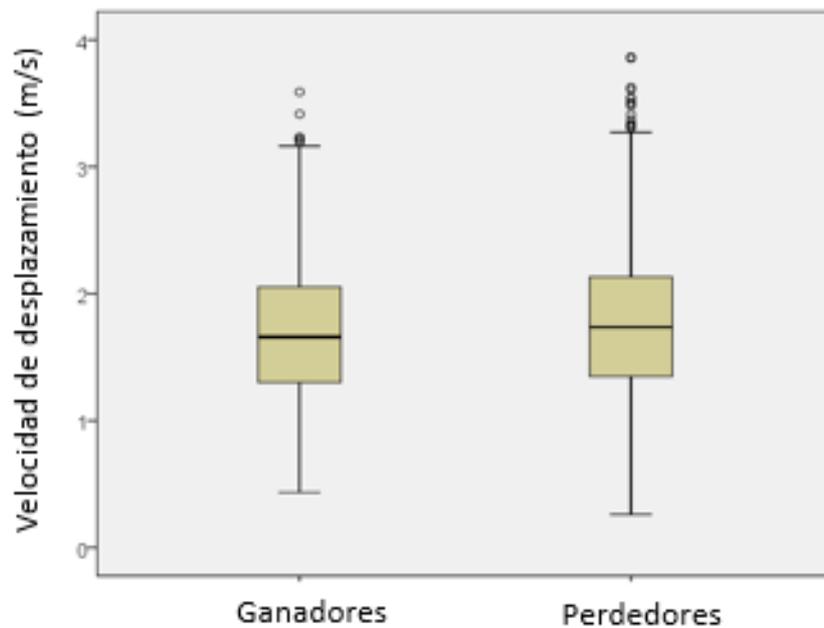
#### 5.1.2.2. Velocidad de desplazamiento

En la Tabla 14 se muestran los resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la velocidad media de desplazamiento entre los ganadores y los perdedores de los puntos. Como puede observarse, los perdedores se

desplazaron a una mayor velocidad (mediana = 1,73 m/s, Gráfico 9) que los ganadores (mediana = 1,66 m/s;  $Z = 4,37$ ,  $p < 0,01$ ).

**Tabla 14. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la velocidad entre los ganadores y perdedores de los puntos.**

	Resultado punto	N	Mediana	Rango intercuartílico	Z	p
Velocidad de desplazamiento (m/s)	Ganadores	1117	1,66	0,75	4,77	<0,01
	Perdedores		1,73	0,78		



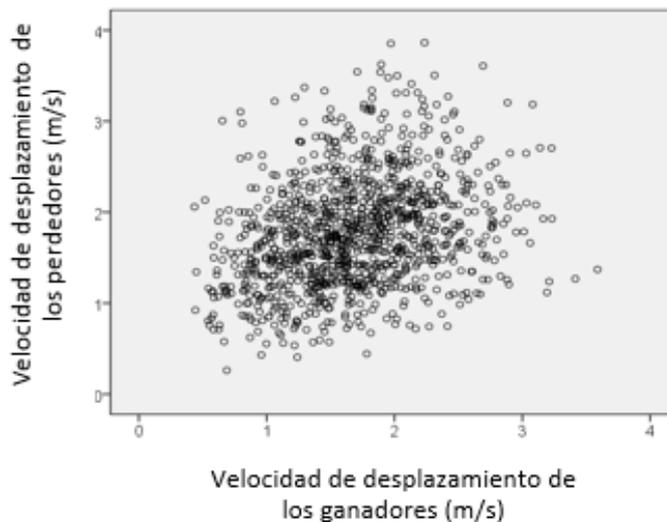
**Gráfico 9. Velocidad de desplazamiento de los ganadores y los perdedores de los puntos**

En la Tabla 15 se muestra la correlación entre ambas variables según el coeficiente de correlación de Spearman, pudiendo observar como existe una baja correlación entre la velocidad de los jugadores ( $r = 0,31$ , Gráfico 10).

**Tabla 15. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la velocidad de los ganadores y los perdedores de los puntos.**

	Ganadores	Perdedores
Ganadores	1	0,31(**)
Perdedores		1

(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,01 bilateral.



**Gráfico 10. Relación entre la velocidad de desplazamiento de los ganadores y de los perdedores de los puntos**

*5.1.3. Resultados relativos al objetivo específico 1.3 (Describir las características de movimiento relativas a la posición, volumen y la intensidad de los desplazamientos de los tenistas en zona ofensiva y en zona defensiva)*

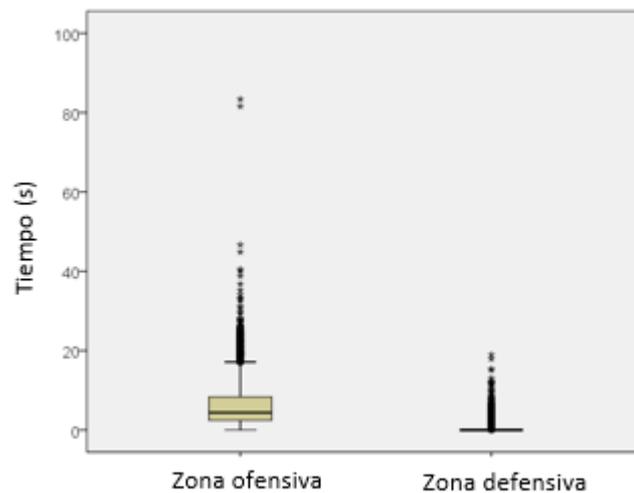
#### 5.1.3.1. Tiempo en zona ofensiva y defensiva.

En la Tabla 16 se muestra como la media de tiempo que los jugadores (n=2234) permanecieron en zona ofensiva fue de 6,49 s, mientras que la mediana ha presentado un valor de 4,4 s. El rango intercuartílico (5,88 s), que supone un 133,64% sobre la mediana, junto con los valores mínimo (0 s) y máximo (83,36 s) nos indican una alta dispersión de los datos para esta variable (Gráfico 11). Por lo que respecta a la zona defensiva, la media de tiempo ha sido de 0,62 s, siendo la

mediana 0 s. El rango intercuartílico (0,05 s), y los valores mínimo (0 s) y máximo (19 s), denotan una menor dispersión que en la zona ofensiva (Gráfico 11).

**Tabla 16. Estadísticos descriptivos para el tiempo en zona ofensiva y defensiva.**

	Zona	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Tiempo (s)	Ofensiva	2234	6,49	4,4	5,88	0	83,36
	Defensiva		0,62	0	0,05	0	19



**Gráfico 11. Tiempo en zona ofensiva y en zona defensiva.**

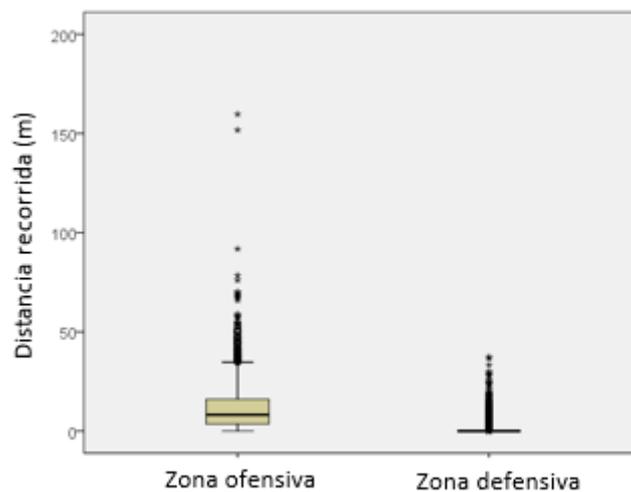
### 5.1.3.2. Distancia recorrida en zona defensiva y ofensiva.

En la Tabla 17 se puede observar como la media de la distancia recorrida por los jugadores ( $n=2234$ ) en zona ofensiva ha sido de 11,84 m, mientras que la mediana ha presentado un valor de 8,24 m. El rango intercuartílico (12,48 m), que supone un 151,46% sobre la mediana, junto con los valores mínimo (0 m) y máximo (159,67 m) nos indican nuevamente una alta dispersión de los datos para esta variable (Gráfico 12). Por lo que respecta a la zona defensiva, la media de tiempo ha sido de 1,30 m, siendo la mediana 0 s. El rango intercuartílico (0 m), y

los valores mínimo (0) y máximo (37,44), denotan una menor dispersión que en la zona ofensiva (Gráfico 12).

**Tabla 17. Estadísticos descriptivos para la distancia recorrida por los jugadores en zona ofensiva y defensiva.**

	Zona	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Distancia recorrida (m)	Ofensiva	2234	11,84	8,24	12,48	0	159,67
	Defensiva		1,30	0	0	0	37,44



**Gráfico 12. Distancia recorrida en zona ofensiva y en zona defensiva**

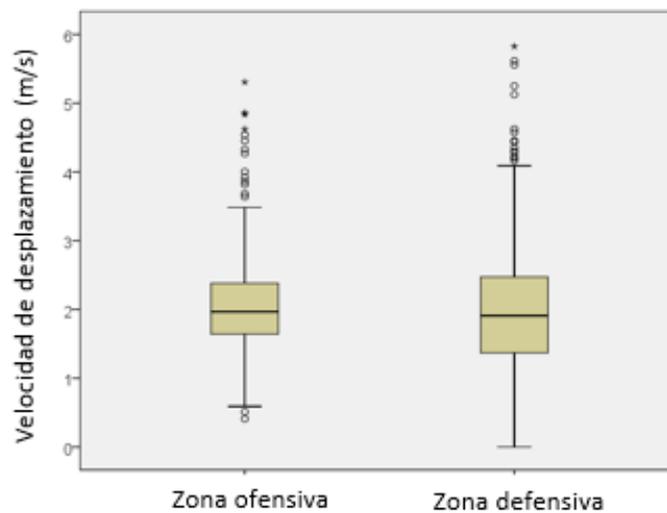
### 5.1.3.3. Velocidad en zona defensiva y ofensiva.

Los estadísticos descriptivos mostrados en la Tabla 18 muestran como la velocidad media de los jugadores ( $n=2234$ ) en zona ofensiva ha sido de 1,74 m/s, mientras que la mediana ha presentado un valor de 1,69 m/s. El rango intercuartílico (0,74 m/s), que supone un 43,79% sobre la mediana, y los valores mínimo (0,26 m/s) y máximo (5,30 m/s) describen el grado de dispersión de los datos (Gráfico x). En cuanto a la zona defensiva, la velocidad media de los jugadores ha sido de 1,93 m/s, siendo la mediana 1,91 m/s. Finalmente, el rango

intercuartílico ha sido de 1,11 m/s, con un valor mínimo de 0 m/s y un valor máximo de 5,82 m/s (Gráfico 13).

**Tabla 18. Estadísticos descriptivos para la velocidad de desplazamiento de los jugadores en zona ofensiva y defensiva.**

	Zona	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Velocidad (m/s)	Ofensiva	2234	1,74	1,69	0,74	0,26	5,30
	Defensiva		1,93	1,91	1,11	0	5,82



**Gráfico 13. Velocidad de desplazamiento en zona ofensiva y en zona defensiva**

A continuación, en la Tabla 19, se muestran los valores del coeficiente de correlación de Spearman para las variables que han sido tratadas en este punto. Se puede observar como la correlación es significativa entre todas ellas, siendo la correlación del tiempo con la distancia recorrida muy alta tanto para la zona ofensiva ( $r= 0,95$ ) como para la zona defensiva ( $r= 0,98$ ), y existiendo también una correlación moderada entre la distancia recorrida y la velocidad en la zona defensiva ( $r= 0,67$ ).

**Tabla 19. Correlaciones bivariadas de Spearman entre el tiempo, la distancia recorrida y la velocidad en zona ofensiva y zona defensiva.**

		Tiempo		Distancia		Velocidad	
		Zona ofensiva	Zona defensiva	Zona ofensiva	Zona defensiva	Zona ofensiva	Zona defensiva
Tiempo	Zona ofensiva	1	0,22(**)	<b>0,95(**)</b>	0,24(**)	0,33(**)	0,16(**)
	Zona defensiva		1	0,30(**)	<b>0,98(**)</b>	0,30(**)	0,35(**)
Distancia	Zona ofensiva			1	0,31(**)	0,58(**)	0,21(**)
	Zona defensiva				1	0,29(**)	<b>0,67(**)</b>
Velocidad	Zona ofensiva					1	0,25(**)
	Zona defensiva						1

(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.

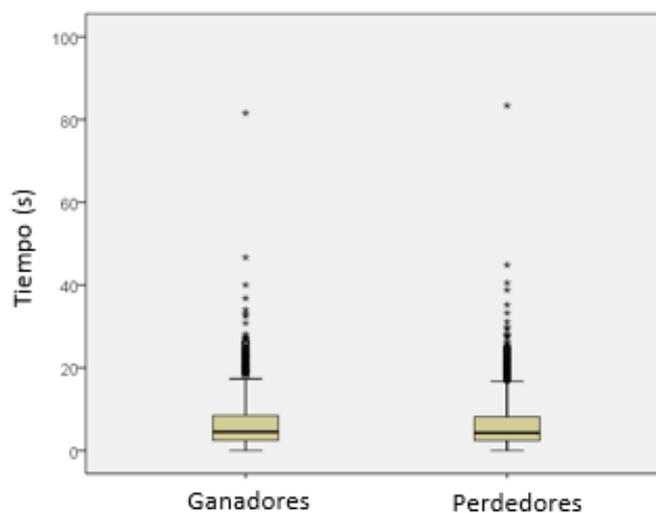
*5.1.4. Resultados relativos al objetivo específico 1.4 (Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores de los puntos en cuanto a las características de movimiento relativas a la posición, volumen y la intensidad de los desplazamientos de los tenistas en zona ofensiva y en zona defensiva)*

#### 5.1.4.1. Tiempo en zona ofensiva y defensiva

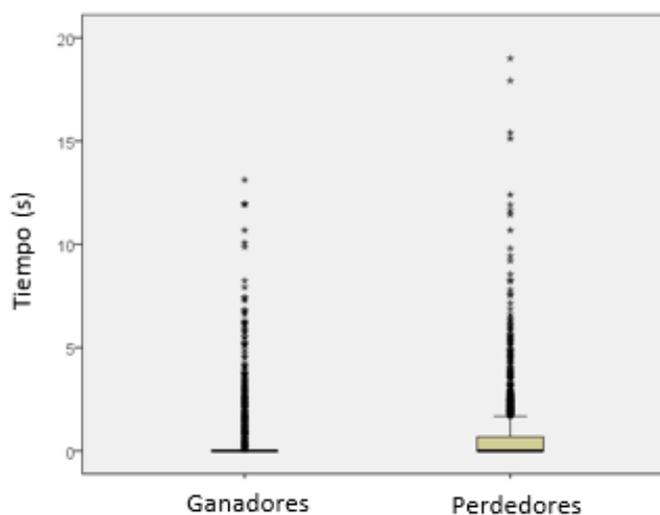
En la Tabla 20 se muestran los resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar el tiempo que permanecieron los ganadores y los perdedores del punto en la zona ofensiva y en la zona defensiva. Como puede observarse, los ganadores permanecieron durante más tiempo en zona ofensiva (mediana= 4,52, Gráfico 14) que los perdedores (mediana= 4,28s,  $Z= 4,95$ ,  $p<0,01$ ), por el contrario, fueron los perdedores los que estuvieron durante más tiempo en zona defensiva (mediana= 0s, Gráfico 15) que los ganadores (mediana= 0 s,  $Z= 4,98$ ,  $p< 0,01$ ),

**Tabla 20. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar el tiempo de los ganadores y perdedores en zona ofensiva y zona defensiva.**

		Resultado punto	N	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Z	p
Tiempo (s)	Zona ofensiva	Ganadores	1117	6,64	4,52	6,02	4,95	<0,01
		Perdedores		6,35	4,28	5,78		
	Zona defensiva	Ganadores	1117	0,48	0	0	4,98	<0,01
		Perdedores		0,77	0	0,68		



**Gráfico 14. Tiempo en zona ofensiva de los ganadores y de los perdedores de los puntos.**



**Gráfico 15. Tiempo en zona defensiva de los ganadores y de los perdedores de los puntos.**

En la Tabla 21 se muestra la correlación entre el tiempo de los ganadores y perdedores de los puntos en cada una de las zonas según el coeficiente de correlación de Spearman. Se puede ver cómo, a excepción del tiempo en zona defensiva para los ganadores y los perdedores, existe una correlación significativa en los demás casos, siendo destacable la muy alta correlación entre el tiempo en zona ofensiva de los ganadores con el tiempo en zona ofensiva de los perdedores ( $r=0,93$ ).

**Tabla 21. Correlaciones bivariadas de Spearman entre el tiempo de los ganadores y perdedores en la zona ofensiva y la zona defensiva.**

		Perdedores	
		Zona ofensiva	Zona defensiva
Ganadores	Zona ofensiva	0,93(**)	0,41(**)
	Zona defensiva	0,46(**)	0,01

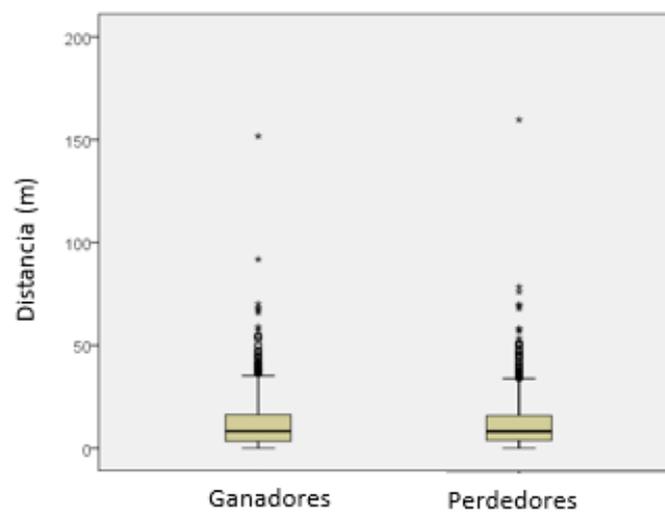
(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.

#### 5.1.4.2. Distancia recorrida en zona ofensiva y defensiva

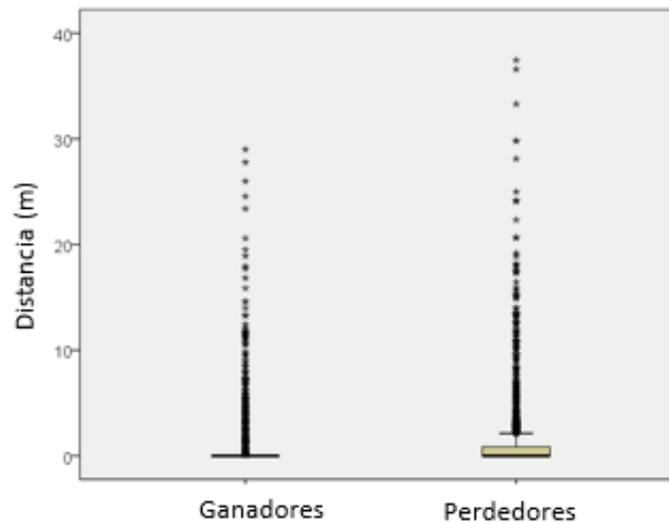
La Tabla 22 muestra los resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la distancia recorrida entre los ganadores y los perdedores de los puntos en la zona ofensiva y en la zona defensiva. Según los datos mostrados, la distancia recorrida en zona ofensiva no presentó diferencias significativas entre los ganadores (mediana= 8,29m, Gráfico 16) y los perdedores (mediana= 8,14 m,  $z=1,29$ ,  $p=0,20$ ). Sin embargo, la distancia recorrida en zona defensiva por ambos jugadores sí presentó diferencias significativas, siendo los perdedores los que recorrieron una mayor distancia en esta zona (mediana= 0 m, Gráfico 17) respecto a los ganadores (mediana= 0m,  $z=5,35$ ,  $p<0,01$ ).

**Tabla 22. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la distancia recorrida por los ganadores y perdedores de los puntos en zona ofensiva y zona defensiva.**

		Resultado punto	N	Media	Mediana	Rango intercuartílico	z	p
Distancia (m)	Zona ofensiva	Ganadores	1117	11,85	8,29	12,93	1,29	=0,20
		Perdedores		11,84	8,14	12,11		
	Zona defensiva	Ganadores	1117	0,95	0	0	5,35	<0,01
		Perdedores		1,65	0	0,86		



**Gráfico 16. Distancia recorrida en zona ofensiva por los ganadores y los perdedores de los puntos.**



**Gráfico 17. Distancia recorrida en zona defensiva por los ganadores y los perdedores de los puntos.**

La Tabla 23, donde aparecen las correlaciones entre la distancia recorrida por los ganadores y perdedores en cada una de las zonas según el coeficiente de correlación de Spearman, se puede observar cómo, a excepción del tiempo en zona defensiva para los ganadores y los perdedores, existe una correlación significativa en los demás casos, siendo destacable la muy alta correlación entre el tiempo en zona ofensiva de los ganadores con el tiempo en zona ofensiva de los perdedores ( $r=0,90$ ).

**Tabla 23. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la distancia recorrida por los ganadores y perdedores en la zona ofensiva y la zona defensiva.**

		Perdedores	
		Zona ofensiva	Zona defensiva
Ganadores	Zona ofensiva	0,90(**)	0,38(**)
	Zona defensiva	0,40(**)	0,01

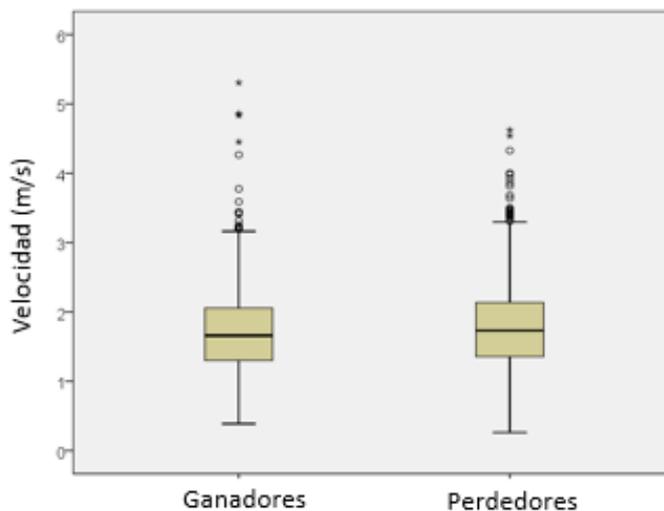
(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.

### 5.1.4.3 Velocidad en zona ofensiva y defensiva

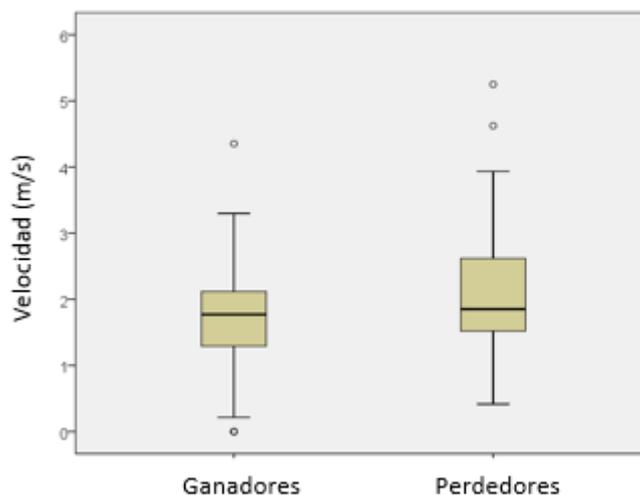
En la Tabla 24 se muestran los resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la velocidad de desplazamiento entre los ganadores y los perdedores de los puntos en la zona ofensiva y en la zona defensiva. Los resultados obtenidos indican que los perdedores se desplazaron a una velocidad significativamente mayor en la zona ofensiva (mediana= 1,79 m/s, Gráfico 18) que los ganadores (mediana= 1,70 m/s,  $z = 3,92$ ,  $p < 0,01$ ). Del mismo modo, la velocidad de desplazamiento en la zona defensiva fue mayor en el caso de los perdedores (mediana= 1,93 m/s, Gráfico 19) que en el de los ganadores (mediana= 1,92 m/s,  $Z = 2,05$ ,  $p < 0,05$ ),

**Tabla 24. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la distancia recorrida por los ganadores y perdedores de los puntos en zona ofensiva y zona defensiva.**

		Resultado punto	N	Media	Mediana	Rango intercuartílico	z	p
Velocidad (m/s)	Zona ofensiva	Ganadores	1117	1,89	1,70	0,64	3,92	<0,01
		Perdedores		1,94	1,79	0,56		
	Zona defensiva	Ganadores	1117	1,73	1,92	0,88	2,05	<0,05
		Perdedores		2,10	1,93	1,12		



**Gráfico 18. Velocidad de desplazamiento en zona ofensiva de los ganadores y los perdedores de los puntos.**



**Gráfico 19. Velocidad de desplazamiento en zona defensiva de los ganadores y los perdedores de los puntos.**

A continuación en la Tabla 25 se muestra la correlación entre la velocidad de los ganadores y perdedores en cada una de las zonas según el coeficiente de correlación de Spearman. En este caso, se puede observar como existe correlación, aunque baja, entre la velocidad de los ganadores en zona ofensiva y

la velocidad de los perdedores en zona ofensiva ( $r=0,31$ ) y en zona defensiva ( $r=0,26$ ).

**Tabla 25. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la velocidad de los ganadores y perdedores de Ispuntos en la zona ofensiva y la zona defensiva.**

		Perdedores	
		Zona ofensiva	Zona defensiva
Ganadores	Zona ofensiva	0,31(**)	0,26(**)
	Zona defensiva	0,06	-0,10

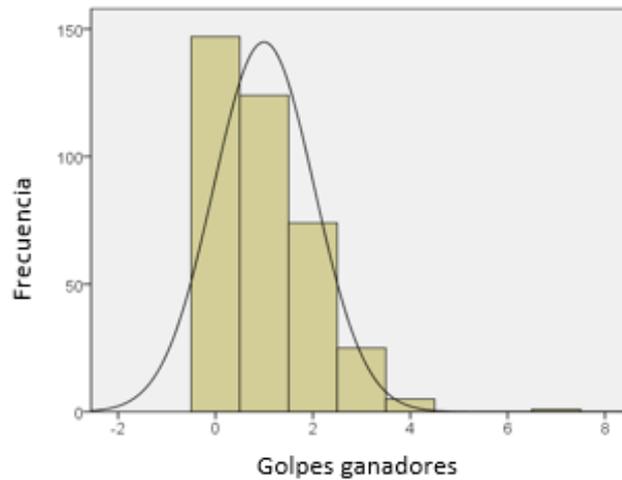
(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.

5.2. Resultados relativos al objetivo general 2 (Describir las características técnico-tácticas en cuanto al número de golpes ganadores y errores no forzados en el tenis de alta competición y establecer si existen diferencias entre los ganadores y los perdedores de los juegos)

*5.2.1. Resultados relativos al objetivo específico 2.1 (Describir el número de golpes ganadores, errores no forzados y eficacia de los tenistas durante los juegos).*

#### 5.2.1.1. Golpes ganadores

Como se puede observar en el Gráfico 20 la distribución del número de golpes ganadores por juego es asimétrica, no ajustándose a la curva normal (ver Tabla 26).



**Gráfico 20. Distribución de los datos para la variable golpes ganadores por juego.**

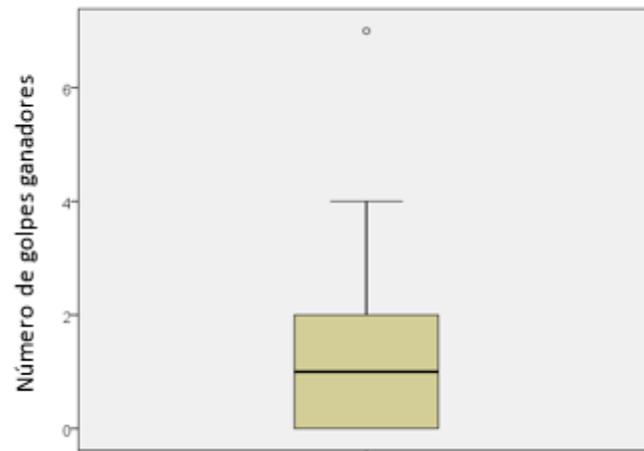
**Tabla 26. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la variable golpes ganadores por juego.**

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	p
Golpes ganadores	0,223	376	<0,001

Los estadísticos descriptivos mostrados en la Tabla 27 indican que, para el total de juegos analizados ( $n=376$ ), la media de golpes ganadores por jugador ha sido de 0,99, mientras que la mediana ha sido de 1, siendo el rango intercuartílico de 2 y los valores mínimo y máximo 0 y 7 respectivamente (Gráfico 21).

**Tabla 27. Estadísticos descriptivos de la variable golpes ganadores.**

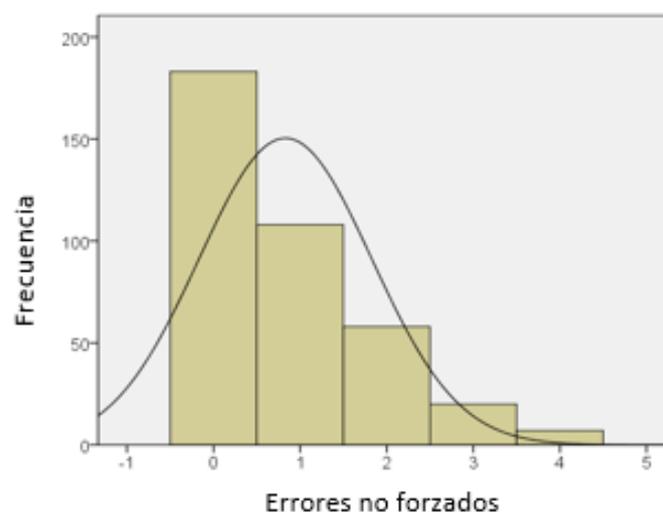
	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Golpes ganadores	376	0,99	1	2	0	7



**Gráfico 21. Número de golpes ganadores por juego.**

#### 5.2.1.2 Errores no forzados.

En el Gráfico 22 se muestra la distribución de los datos para el número de errores no forzados por juego. Tal y como ocurría con el número de golpes ganadores, se puede observar como la distribución no se ajusta a la curva normal (ver Tabla 28).



**Gráfico 22. . Distribución de los datos para la variable errores no forzados por juego.**

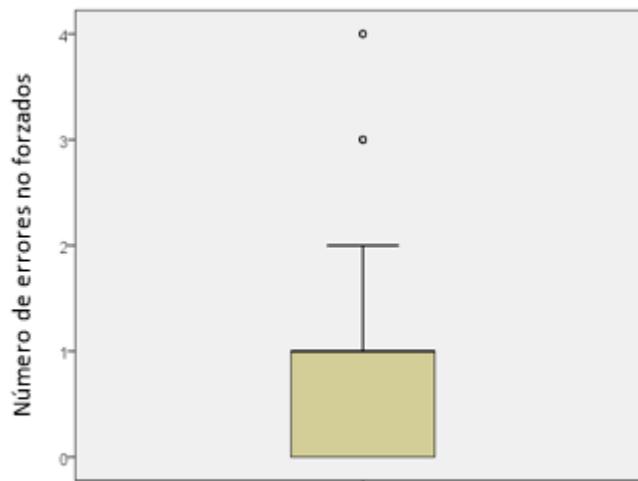
**Tabla 28. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la variable errores no forzados.**

VARIABLE	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	p
Errores no forzados	0,284	376	<0,001

En la tabla 29 se muestra como la media de errores no forzados por juego (n=376) y por jugador ha sido de 0,83, mientras que la mediana ha presentado un valor de 1. El rango intercuartílico obtenido ha sido 1, siendo el mínimo de 0 y el máximo de 4 (Gráfico 23).

**Tabla 29. Estadísticos descriptivos de la variable errores no forzados.**

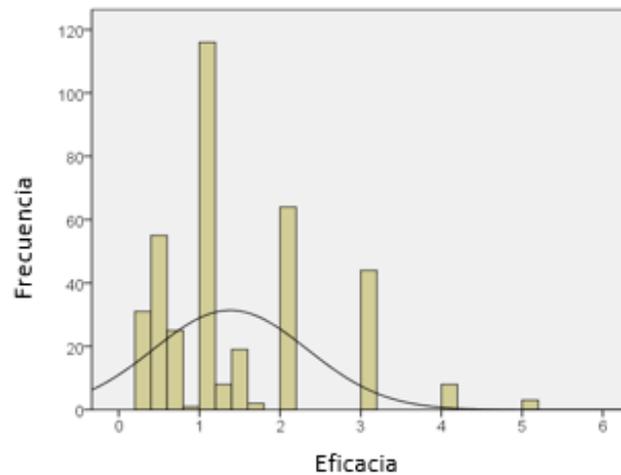
	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Errores no forzados	376	0,83	1	1	0	4



**Gráfico 23. Número de errores no forzados por juego.**

### 5.2.1.3. Eficacia

Como se puede observar en el Gráfico 24 la de la eficacia por juego es asimétrica, no existiendo ajuste alguno a la curva normal (ver Tabla 30).



**Gráfico 24. Distribución de los datos para la variable eficacia por juego.**

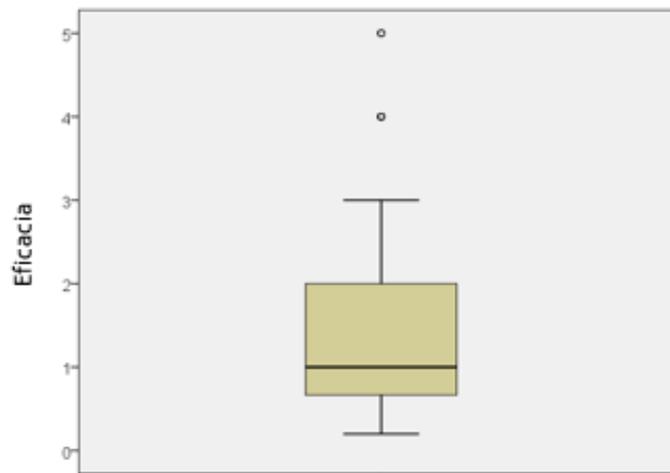
**Tabla 30. Resultados de la prueba K-S de normalidad para la variable eficacia.**

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	p
Eficacia	,262	376	,000

Los estadísticos descriptivos mostrados en la Tabla 31 indican que, para el total de juegos analizados (n=376), la media de eficacia ha sido de 1,38, mientras que la mediana ha sido de 1, siendo el rango intercuartílico de 1,33 y los valores mínimo y máximo 0,20 y 5 respectivamente (Gráfico 25).

**Tabla 31. Estadísticos descriptivos de la variable eficacia.**

	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Eficacia	376	1,38	1	1,33	0,20	5



**Gráfico 25. Eficacia media por juego.**

Finalmente, se muestran las correlaciones para las tres variables tratadas (Tabla 32) a través del coeficiente de correlación de Spearman. Como puede observarse, no existe correlación entre el número de golpes ganadores y el número de errores, pero como era de esperar, sí que existe una alta correlación positiva entre golpes ganadores y eficacia ( $r= 0,70$ ), y un alta correlación negativa entre errores no forzados y eficacia ( $r= -0,69$ ).

**Tabla 32. Correlaciones bivariadas de Spearman entre las variables de análisis del objetivo 2.1.**

VARIABLES	Golpes ganadores por juego	Errores por juego	Eficacia por juego
Golpes ganadores	1	0,15	0,70(**)
Errores		1	-0,69(**)
Efcacia			1

(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.

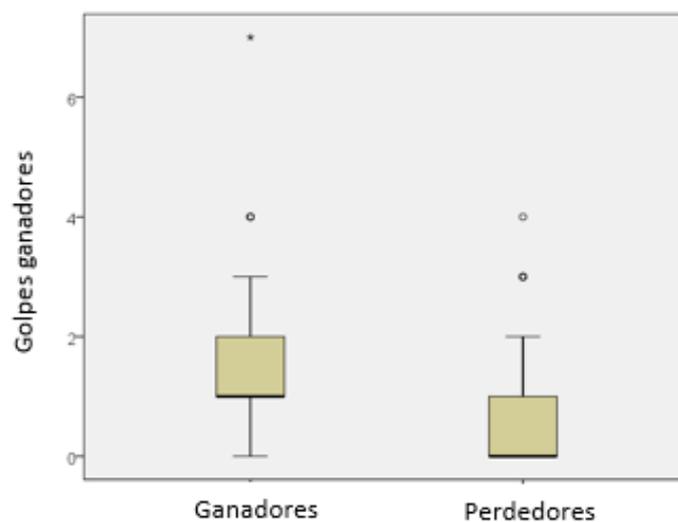
*5.2.2. Resultados relativos al objetivo específico 2.2 (Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores de un juego en cuanto al número de golpes ganadores, errores no forzados y eficacia durante los juegos).*

### 5.2.2.1. Golpes ganadores

Los resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar el número de golpes ganadores realizados por los ganadores y los perdedores de los juegos (Tabla 33) muestran como los ganadores realizaron un mayor número de golpes ganadores por juego (mediana=1, Gráfico 26) que los perdedores (mediana= 0,  $z=6,44$ ,  $p<0,01$ ).

**Tabla 33. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar el número de golpes ganadores realizados por los ganadores y los perdedores del juego**

	Resultado punto	N	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Z	p
Golpes ganadores	Ganadores	188	1,34	1	1	6,44	<0,01
	Perdedores		0,65	0	1		



**Gráfico 26. Golpes ganadores realizados por los ganadores y perdedores del juego**

En la Tabla 34 se muestra la correlación entre ambas variables según el coeficiente de correlación de Spearman, pudiendo observar cómo no existe correlación alguna entre ellas.

**Tabla 34. Correlaciones bivariadas de Spearman entre los golpes ganadores realizados por los ganadores y los perdedores del juego.**

	Ganadores	Perdedores
Ganadores	1	0,06
Perdedores		1

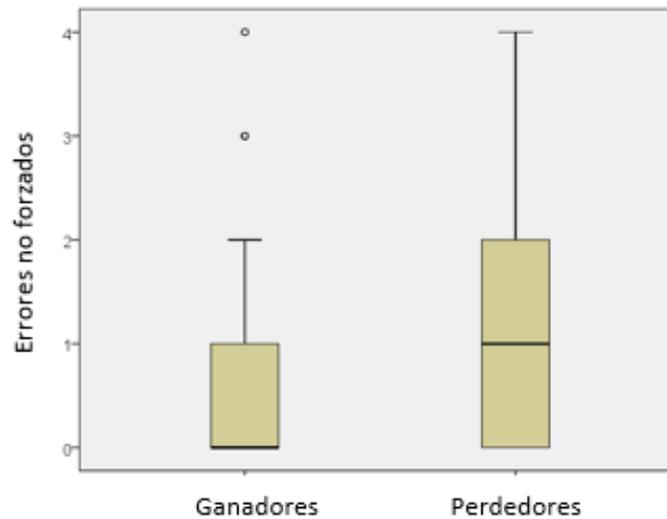
(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.

#### 5.2.2.2. Errores no forzados

En la Tabla 35 se muestran los resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar el número de errores no forzados entre los ganadores y los perdedores de los juegos. Como puede observarse, el número de errores no forzados cometidos por los perdedores (mediana=1, Gráfico 27) fue mayor que el número de errores no forzados cometidos por los ganadores (mediana= 0,  $z=4,96$ ,  $p<0,01$ ).

**Tabla 35. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar el número de errores no forzados entre los ganadores y perdedores del juego.**

	Resultado punto	N	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Z	p
Errores no forzados	Ganadores	188	0,57	0	1	4,96	<0,01
	Perdedores		1,09	1	2		



**Gráfico 27. Errores no forzados realizados por ganadores y perdedores del juego.**

En la tabla 36 se muestra la correlación entre ambas variables según el coeficiente de correlación de Spearman, en ella se puede observar como el número de errores no forzados de los ganadores y perdedores del juego no correlacionan entre sí.

**Tabla 36. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la velocidad de los ganadores y los perdedores.**

	Ganadores	Perdedores
Ganadores	1	0,04
Perdedores		1

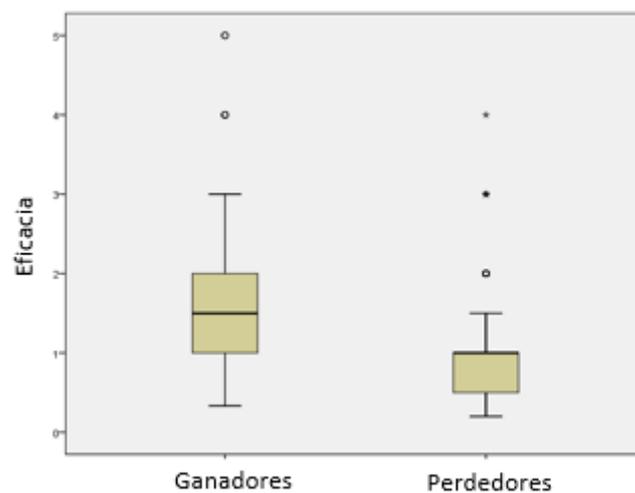
(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.

### 5.2.2.3. Eficacia

Los resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la eficacia de los ganadores y los perdedores del juego (Tabla 37) muestran como los ganadores fueron más eficaces (mediana=1,50, Gráfico 28) que los perdedores (mediana= 1,  $Z= 7,74$ ,  $p<0,01$ ).

**Tabla 37. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la eficacia de los ganadores y los perdedores**

	Resultado punto	N	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Z	p
Eficacia	Ganadores	188	1,75	1,50	1	7,74	<0,01
	Perdedores		1,01	1	0,50		



**Gráfico 28. Eficacia de los ganadores y los perdedores del juego.**

En la Tabla 38 se muestra la correlación entre ambas variables según el coeficiente de correlación de Spearman, pudiendo observar como existe una correlación significativa entre la eficacia de los ganadores y los perdedores aunque ésta es baja ( $r = 0,25$ ).

**Tabla 38. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la eficacia de los ganadores y los perdedores.**

	Ganadores	Perdedores
Ganadores	1	0,25(**)
Perdedores		1

(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.

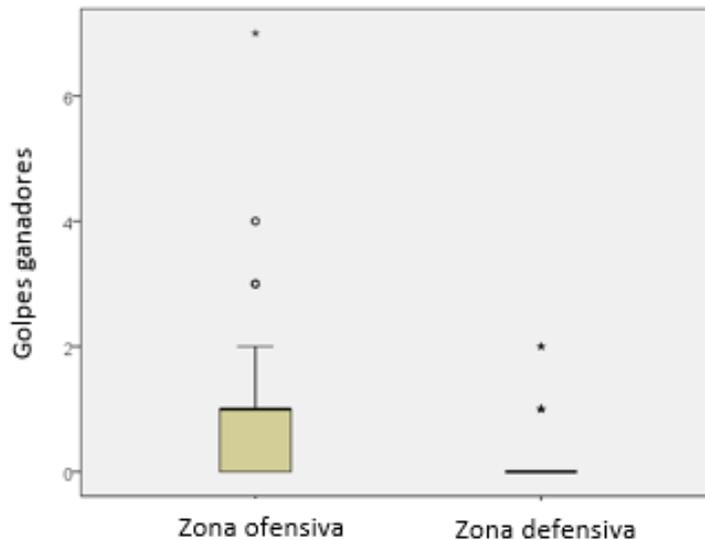
*5.2.3. Resultados relativos al objetivo específico 2.3 (Describir el número de golpes ganadores, errores no forzados y la eficacia en zona ofensiva y defensiva de los tenistas durante los juegos).*

#### 5.2.3.1. Golpes ganadores en zona ofensiva y defensiva por juego.

En la Tabla 39 se muestra como la media de golpes ganadores que los jugadores (n=376) realizaron en zona ofensiva fue de 9,92, mientras que la mediana ha presentado un valor de 1. El rango intercuartílico ha sido de 1, mientras que los valores mínimo y máximo han sido de 0 y 7 respectivamente (Gráfico 29). Por lo que respecta a la zona defensiva, la media de golpes ganadores ha sido de 0,09, siendo la mediana 0 s. El rango intercuartílico obtenido ha sido de 2, con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de 2 (Gráfico 29).

**Tabla 39. Estadísticos descriptivos para los golpes ganadores en zona ofensiva y defensiva por juego.**

	Zona	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Golpes ganadores	Ofensiva	376	0,92	1	1	0	7
	Defensiva		0,09	0	2	0	2



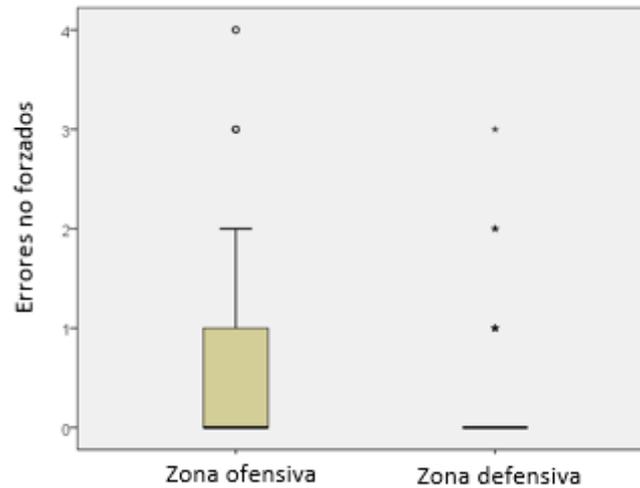
**Gráfico 29. Golpes ganadores en zona ofensiva y zona defensiva por juego.**

### 5.2.3.2. Errores no forzados en zona ofensiva y defensiva por juego.

En la Tabla 40 se puede observar como la media de errores no forzados cometidos en cada juego ( $n=376$ ) en zona ofensiva ha sido de 0,65, mientras que la mediana ha presentado un valor de 0. En cuanto a los descriptivos de dispersión, el rango intercuartílico ha sido de 1, siendo los valores mínimo y máximo de 0 y 4 respectivamente. Por lo que respecta a la zona defensiva, la media de errores no forzados ha sido 0,18, siendo la mediana 0. El rango intercuartílico ha presentado un valor de 0, el mínimo ha sido también 0, mientras que el máximo ha sido de 3 (Gráfico 30).

**Tabla 40. Estadísticos descriptivos para el número de errores no forzados en zona ofensiva y defensiva.**

	Zona	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Errores no forzados	Ofensiva	376	0,65	0	1	0	4
	Defensiva		0,18	0	0	0	3



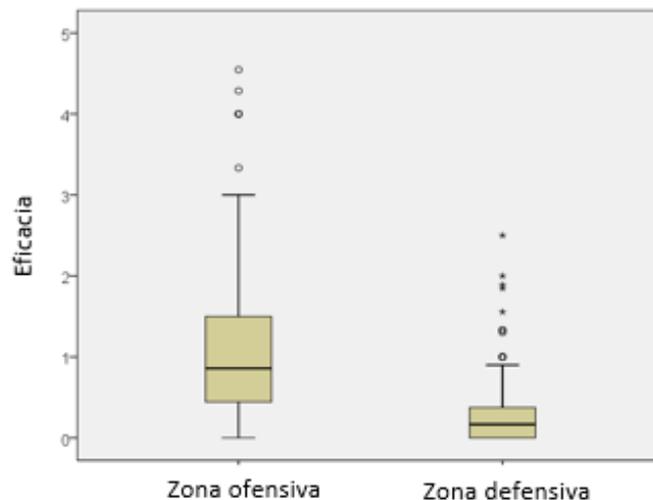
**Gráfico 30. Errores no forzados en zona ofensiva y en zona defensiva por juego.**

#### 5.2.3.3. Eficacia en zona ofensiva y defensiva por juego.

Los estadísticos descriptivos mostrados en la Tabla 41 muestran como la eficacia media de los jugadores en cada juego en zona ofensiva ( $n=366$ ) ha sido de 1,07, mientras que la mediana ha presentado un valor de 0,86. El rango intercuartílico ha sido de 1,06, siendo el mínimo 0 y el máximo 4,55. En cuanto a la zona defensiva ( $n=367$ ), la eficacia media de los jugadores ha sido de 0,27 y la mediana de 0,17. Finalmente, el rango intercuartílico ha sido de 0,38, con un valor mínimo de 0 y un valor máximo de 2,50 (Gráfico 31).

**Tabla 41. Estadísticos descriptivos para la eficacia de los jugadores en zona ofensiva y defensiva.**

	Zona	n	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Mínimo	Máximo
Eficacia	Ofensiva	366	1,07	0,86	1,06	0	4,55
	Defensiva	367	0,27	0,17	0,38	0	2,50



**Gráfico 31. Eficacia en zona defensiva y en zona ofensiva por juego.**

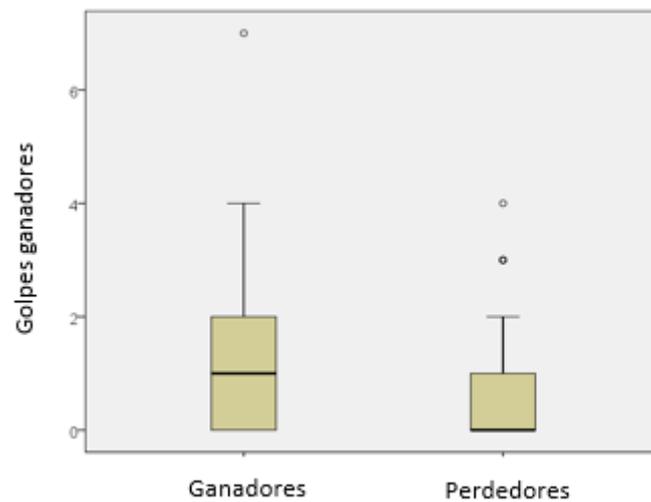
*5.2.4. Resultados relativos al objetivo específico 2.4 (Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores en cuanto al número de golpes ganadores, errores no forzados y la eficacia en zona ofensiva y defensiva durante los juegos).*

#### 5.2.4.1. Golpes ganadores en zona ofensiva y defensiva por juego.

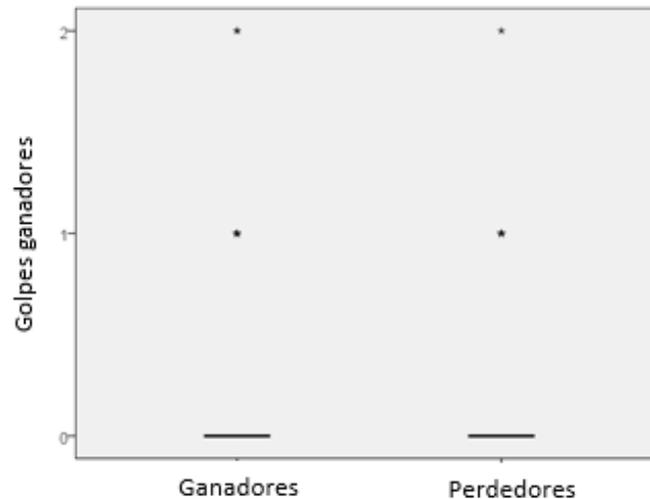
En la Tabla 42 se muestran los resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar el número de golpes ganadores por juego que realizaron los ganadores y los perdedores en la zona ofensiva y en la zona defensiva. Como puede observarse, los ganadores realizaron un mayor número de golpes ganadores en la zona ofensiva (mediana=1, Gráfico 32) que los perdedores (mediana= 0,  $Z=5,84$ ,  $p< 0,01$ ). Sin embargo, no se encontraron diferencias entre ganadores y perdedores en el número de golpes ganadores realizados desde la zona defensiva ( $p=0,11$ ).

**Tabla 42. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar los golpes ganadores realizados por los ganadores y perdedores del juego en zona ofensiva y zona defensiva.**

		Resultado juego	N	Media	Mediana	Rango intercuartílico	Z	p
Golpes ganadores	Zona ofensiva	Ganadores	188	1,22	1	2	5,84	<0,01
		Perdedores		0,62	0	1		
	Zona defensiva	Ganadores	188	0,12	0	0	1,62	=0,11
		Perdedores		0,06	0	0		



**Gráfico 32. Golpes ganadores en zona ofensiva de los ganadores y los perdedores por juego.**



**Gráfico 33. Golpes ganadores en zona defensiva de los ganadores y los perdedores por juego.**

En la tabla 43 se muestra la correlación entre los golpes ganadores realizados por los ganadores y perdedores en cada una de las zonas según el coeficiente de correlación de Spearman. Se puede ver cómo existe una correlación significativa, aunque baja en ambos casos, entre los golpes ganadores realizados por los ganadores en zona ofensiva con los golpes ganadores realizados por los perdedores en zona defensiva ( $r=0,23$ ), así como entre los golpes realizados por los ganadores en zona defensiva y los golpes ganadores realizados por los perdedores en zona ofensiva ( $r=0,17$ )

**Tabla 43. Correlaciones bivariadas de Spearman entre los golpes ganadores realizados por los ganadores y perdedores del juego en la zona ofensiva y la zona defensiva.**

		Perdedores	
		Zona ofensiva	Zona defensiva
Ganadores	Zona ofensiva	-0,01	0,23(**)
	Zona defensiva	0,17(*)	-0,01

(\*) La correlación es significativa a nivel de 0,05 bilateral.

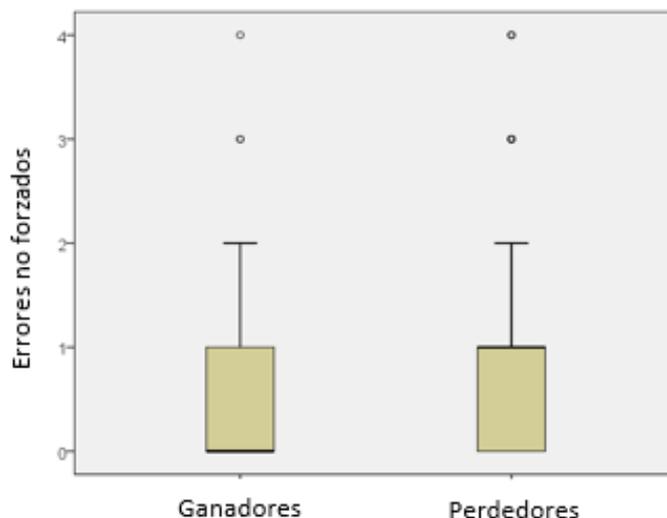
(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,01 bilateral.

#### 5.2.4.2. Errores no forzados en zona ofensiva y defensiva por juego.

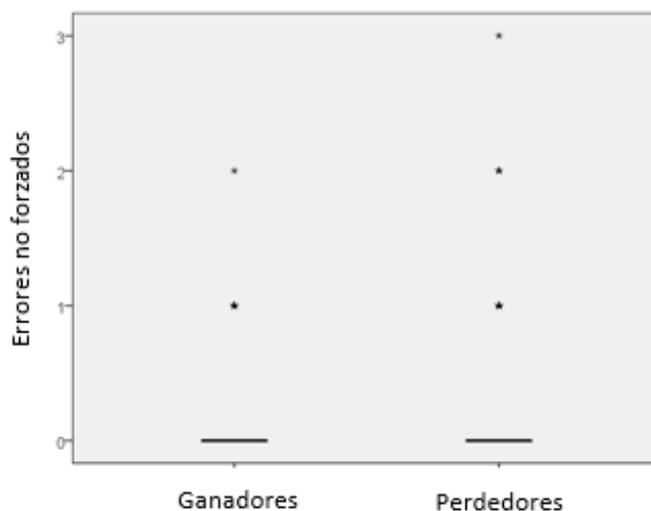
La Tabla 44 muestra los resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar los errores no forzados cometidos por los ganadores y los perdedores en la zona ofensiva y en la zona defensiva por juego. Según los datos mostrados, el número de errores no forzados en zona ofensiva fue mayor para los perdedores (mediana=1, Gráfico 34) que para los ganadores (mediana= 0,  $Z= 5,84$ ,  $p < 0,01$ ). Del mismo modo, en zona defensiva los perdedores también realizaron un mayor número de errores no forzados (mediana=0) que los ganadores (mediana= 0,  $Z= 3,10$ ,  $p= 0,02$ )

**Tabla 44. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar los errores no forzados cometidos por los ganadores y los perdedores del juego en zona ofensiva y zona defensiva.**

		Resultado juego	N	Media	Mediana	Rango intercuartílico	z	p
Errores no forzados	Zona ofensiva	Ganadores	188	0,46	0	1	5,84	<0,01
		Perdedores		0,84	1	1		
	Zona defensiva	Ganadores	188	0,11	0	0	3,10	=0,02
		Perdedores		0,25	0	0		



**Gráfico 34. Errores no forzados en zona ofensiva de los ganadores y los perdedores del juego.**



**Gráfico 35. Errores no forzados en zona defensiva de los ganadores y los perdedores.**

La Tabla 45, donde aparecen las correlaciones entre la distancia recorrida por los ganadores y perdedores en cada una de las zonas según el coeficiente de correlación de Spearman, se puede observar cómo únicamente existe una baja correlación entre el número de errores no forzados cometidos por los ganadores en la zona ofensiva, con el número de errores no forzados cometidos por los

perdedores en zona defensiva, no existiendo ninguna correlación en los demás casos.

**Tabla 45. Correlaciones bivariadas de Spearman entre el número de errores no forzados cometidos por los ganadores y perdedores del juego en la zona ofensiva y la zona defensiva.**

		Perdedores	
		Zona ofensiva	Zona defensiva
Ganadores	Zona ofensiva	-0,10	0,15(*)
	Zona defensiva	0,01	0,06

(\*) La correlación es significativa a nivel de 0,05 bilateral.

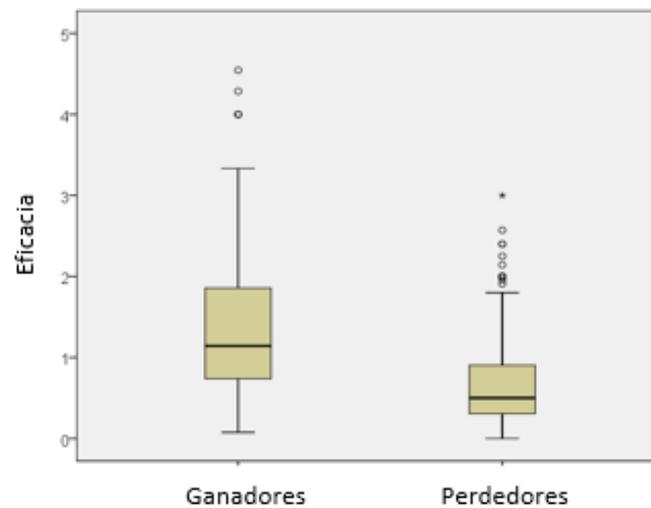
(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.

#### 5.2.4.3. Eficacia de los ganadores y perdedores del juego en zona ofensiva y defensiva.

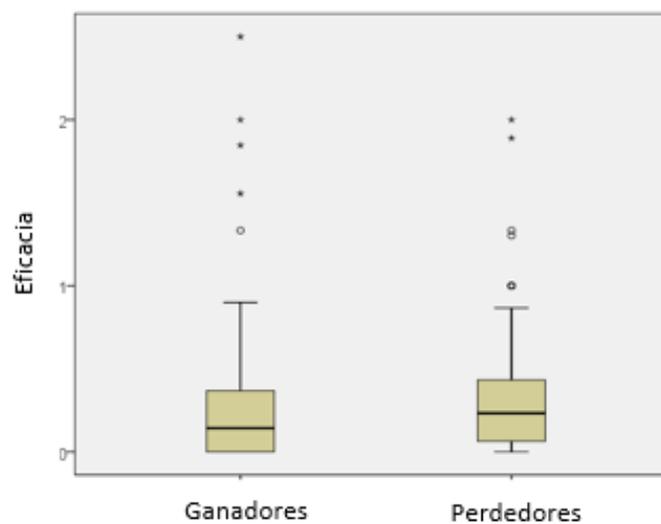
En la Tabla 46 se muestran los resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar la eficacia entre los ganadores y los perdedores del juego en la zona ofensiva y en la zona defensiva. Los resultados obtenidos indican que la eficacia en zona ofensiva, ha sido mayor para los ganadores (mediana= 1,42, Gráfico 36) que para los perdedores (mediana= 0,69,  $z = 7,90$ ,  $p < 0,01$ ). En cambio, por lo que respecta a la zona defensiva, no se han encontrado diferencias entre ganadores y perdedores en cuanto a eficacia ( $p=0,10$ ).

**Tabla 46. Resultados de la prueba de Wilcoxon para comparar eficacia entre los ganadores y los perdedores del juego en zona ofensiva y zona defensiva.**

		Resultado juego	N	Media	Mediana	Rango intercuartílico	z	p
Eficacia	Zona ofensiva	Ganadores	188	1,42	1,18	1,26	7,90	<0,01
		Perdedores		0,69	0,50	0,63		
	Zona defensiva	Ganadores	188	0,24	0,13	0,36	1,65	=0,10
		Perdedores		0,30	0,23	0,38		



**Gráfico 36. Eficacia en zona ofensiva de los ganadores y los perdedores del juego.**



**Gráfico 37. Eficacia en zona defensiva de los ganadores y los perdedores del juego.**

A continuación (Tabla 47), se muestra la correlación entre la eficacia de los ganadores y perdedores en cada una de las zonas según el coeficiente de correlación de Spearman. En este caso, se puede observar como existe una baja

correlación entre la eficacia en la zona ofensiva de los ganadores y la eficacia en zona defensiva de los perdedores ( $r= 0,31$ ), además la eficacia en zona defensiva de los ganadores también correlaciona de forma baja con la eficacia de los perdedores en zona ofensiva ( $r= 0,24$ ) y de forma negativa moderada con la eficacia en zona defensiva de los perdedores ( $r= -0,42$ ).

**Tabla 47. Correlaciones bivariadas de Spearman entre la velocidad de los ganadores y perdedores en la zona ofensiva y la zona defensiva.**

		Perdedores	
		Zona ofensiva	Zona defensiva
Ganadores	Zona ofensiva	0,02	0,31(**)
	Zona defensiva	0,24(**)	-0,42(**)

(\*\*) La correlación es significativa a nivel de 0,001 bilateral.



# DISCUSIÓN

---



## 6. DISCUSIÓN

En este punto se van a discutir cada uno de los objetivos específicos englobados dentro de los dos objetivos generales de este trabajo.

**6.1. Discusión referente al objetivo general 1 (Describir las características de movimiento en el tenis de alta competición, y analizar si existen diferencias entre ganadores y perdedores de los puntos).**

*6.1.1. Discusión referente al objetivo específico 1.1. (Describir las características de movimiento relativas al volumen y la intensidad de los desplazamientos de los tenistas).*

La hipótesis planteada había sido que *“La intensidad de los desplazamientos en superficie rápida de jugadores de alto nivel será mayor que en superficies de juego más lentas y que en niveles de juego más bajos, por el contrario, el volumen será menor que en superficies de juego más lentas, aunque se piensa que seguirá siendo mayor que en niveles de juego inferiores”*.

La duración de los puntos a nivel general se ha establecido en torno a los 6-10 s, aunque parece que en el tenis moderno estos tiempos se han ido reduciendo hasta situarse en duraciones en torno a las 5-7 s (Torres-Luque, Sánchez-Pay, Fernández-García y Palao, 2014).

En la Tabla 48, se muestran las duraciones de los puntos obtenidas en estudios previos, en función del nivel y de la superficie de juego. En todos estos estudios la duración ha sido calculada en función de la media, por lo que a pesar de considerar la mediana un mejor indicador de tendencia central en muestras no distribuidas normalmente, se tomará la media obtenida en este estudio para discutir los resultados.

Una parte de la hipótesis que se había planteado era que el volumen de los desplazamientos sería mayor que en superficies de juego más lentas, y efectivamente, aunque los valores son muy similares, la duración de los puntos obtenida en este trabajo (media= 7,11 s) es ligeramente inferior a la duración obtenida en trabajos previos con jugadores de nivel similar y en superficies de juego más lentas (Fernandez, Fernandez-Garcia, Mendez-Villanueva y Terrados, 2005; Hornery, Farrow, Mujika y Young, 2007; Mendez-Villanueva et al., 2007; O'Donoghue e Ingram, 2010). Las superficies lentas (tierra) tienen un coeficiente de fricción y de restitución más alto que otras superficies, lo que provoca que el bote de la pelota sea más lento (O'Donoghue e Ingram, 2010). Por ello, el ritmo de juego es menor y permite que los jugadores tengan más tiempo para golpear la pelota, lo que disminuye la dificultad en la ejecución de los golpes y provoca que la duración de los puntos sea mayor.

Por lo que respecta al nivel de los jugadores, se hipotetizó que el volumen sería mayor que en estudios con jugadores de menor nivel, pero como se puede observar, salvo en el estudio llevado a cabo por Smekal et al. (2001), donde la duración media fue claramente menor (media= 6,4 s), las diferencias respecto a la duración de los puntos son mínimas (Fernandez-Fernandez et al., 2009), e incluso en algunos casos, con duraciones de punto mayores en jugadores de menor nivel (Fernandez-Fernandez et al., 2009; Girard y Millet, 2004).

**Tabla 48. Duración de los puntos en función del nivel y la superficie**

	ESTUDIO	NIVEL	SUPERFICIE	RESULTADO
	Smekal et al (2001)	Nacional	Tierra	6,4 s
	Girard y Millet (2004)	Juniors regional	Tierra	7,2 s
	Kovacs (2004)	Profesional	Dura	5,99
	Fernandez et al(2005)	Profesional	Tierra	7,5
			Dura	6,7
	Hornery, Farrow, Mujica(2007)	Profesional	Tierra	7,5
	Méndez-Villanueva et al (2007)	Profesional	Tierra	7,5 s
Duración de los puntos		Veteranos		6,3 s
		recreativo		
	Fernández et al (2009)	Veteranos	Tierra	7,6 s
		avanzado		
			Dura	6,3 s
			Tierra	7,7 s
	O'Donoghue y Ingram (2010)	Profesional	Hierba	4,3 s
			Dura	5,8 s
		Jugadoras		6,95
		alto nivel		
	Anderson (2013)	Jugadoras	Dura	7,12
		recreativo		

La otra variable estudiada relacionada con el volumen de los desplazamientos es la distancia recorrida. Por tanto, la parte de la hipótesis que afecta a esta variable es la misma que la que hacía referencia a la duración de los puntos. En este caso, aunque existen algunos estudios previos que han cuantificado la distancia recorrida por jugadores de tenis de distintos niveles (Fernandez-Fernandez et al., 2009; Filipcic et al., 2006; Martínez-Gallego et al., 2013; Suda et al., 2003), no encontramos apenas información que haga referencia a la distancia recorrida durante un punto, por lo que no podemos contrastar los resultados obtenidos en este estudio con otros relativos a distintas superficies o niveles. Únicamente, en un trabajo llevado a cabo por Comellas y López-Viñaspre (2001) se hace referencia a unas estadísticas de jugadores profesionales en las que se estimaba que la distancia recorrida por punto era de entre 8 y 12 m. Estos

valores se aproximan bastante a los obtenidos en este estudio donde la media era de 13,13 m y la mediana de 9,08 m.

Finalmente, por lo que respecta a la intensidad de desplazamientos, se hipotetizó que ésta sería mayor que en superficies de juego más lentas y en niveles de juego más bajos. Al igual que ocurría con la anterior variable, existen muy pocos trabajos que hayan estudiado esta variable en tenis. Fernández-Fernández (2009) registró la velocidad media durante un partido con jugadores veteranos, obteniendo valores medios comprendidos entre 0,88 m/s y 0,99 m/s, por otro lado, en un trabajo preliminar a esta tesis con jugadores profesionales (Martínez-Gallego, Ramón-Llin, Guzmán, Vuckovic y James, 2012) se obtuvieron valores de velocidad comprendidos entre 0,77 m/s y 0,63 m/s para un partido completo. Estos resultados, además de ser contrarios a lo que cabría esperar, ya que no parece normal que jugadores veteranos obtengan velocidades de desplazamiento mayores que jugadores profesionales, no han distinguido entre tiempo activo (tiempo en el que la pelota está en juego) y tiempo pasivo (tiempo en el que la pelota no está en juego), por lo que no pueden ser comparados con los resultados obtenidos en este estudio. En otro trabajo más reciente con jugadores profesionales, en el que únicamente se registró la velocidad durante el tiempo activo (Martínez-Gallego et al., 2013), se obtuvieron medianas de velocidad comprendidas entre 1,33 m/s y 1,38 m/s. Estos valores, aunque siguen siendo inferiores, sí que se aproximan mucho más a los valores de velocidad obtenidos en este trabajo (mediana= 1,70 m/s). Esta diferencia se piensa que puede venir provocada al no considerar en este trabajo tiempo activo, al tiempo transcurrido desde la ejecución del primer servicio hasta la ejecución del segundo, cuando el primer servicio se había fallado.

*6.1.2. Discusión referente al objetivo específico 1.2. (Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores de los puntos en cuanto a las características de movimiento relativas al volumen y la intensidad de los desplazamientos).*

La hipótesis que se había planteado era que “Los perdedores recorrerán una mayor distancia y a una mayor velocidad que los ganadores”.

Tal y como se hipotetizó, los perdedores recorrieron una mayor distancia (mediana= 9,45 m) que los ganadores (mediana= 8,87 m). A pesar de que en estudios previos no se habían encontrado diferencias o incluso se había encontrado que la distancia recorrida era mayor en los ganadores (Filipic et al., 2006; Martínez-Gallego, 2012), en todos los trabajos previos se emplearon unidades de análisis mayores a la utilizada en este trabajo, como son partidos (Filipic et al., 2006; Martínez-Gallego et al., 2012), sets (Martínez-Gallego, 2012) o juegos (Martínez-Gallego et al., 2013). En algunos de estos trabajos (Martínez-Gallego, 2012; Martínez-Gallego et al., 2013) se recomendaba emplear el punto como unidad de análisis, argumentando que las unidades escogidas en éstos había dificultado que se pudieran encontrar diferencias, y es que el propio sistema de puntuación del tenis provoca que en la mayoría de los casos el perdedor del partido, del set o incluso del juego haya resultado ganador en muchos de los puntos.

Del mismo modo, los perdedores se desplazaron a una mayor velocidad (mediana= 1,73 m/s) que los ganadores (mediana= 1,66 m/s), cumpliéndose la hipótesis planteada. En este caso sí que encontramos un trabajo previo que coincide con los resultados obtenidos en este (Martínez-Gallego et al., 2013), pero al igual que ocurre con la distancia recorrida, la mayoría obtuvieron resultados diferentes (Martínez-Gallego, 2012; Martínez-Gallego et al., 2012), por la misma razón relativa a la unidad de análisis expuesta anteriormente.

Estos resultados obtenidos están en consonancia con las recomendaciones aportadas por los manuales para entrenadores y jugadores, donde una de las

principales tácticas aconsejadas es mover al rival siempre que sea posible, dirigiendo la pelota a los espacios libres, buscando un golpe ganador u obligando al oponente a correr hacia la pelota dificultando su devolución (Crespo y Miley, 1999; United States Tennis Association, 2004). Por tanto, estos resultados nos indican que, efectivamente, el jugador que fue capaz de desplazar al rival, obligándolo a recorrer una mayor distancia y a una mayor velocidad, obtuvo un mejor rendimiento y un mayor éxito.

*6.1.3. Discusión referente al objetivo específico 1.3 (Describir las características de movimiento relativas a la posición, volumen y la intensidad de los desplazamientos de los tenistas en zona ofensiva y en zona defensiva).*

La hipótesis planteada había sido que *“La mayor parte del tiempo los jugadores permanecerán en zona ofensiva, recorriendo una mayor distancia que en zona defensiva, pero con una velocidad media menor”*.

Tal y como se puede observar en los resultados, efectivamente el tiempo que los jugadores estuvieron en zona ofensiva (media= 6,49 s) fue claramente superior al tiempo que estuvieron en zona defensiva (media= 0,62 s). Concretamente, el tiempo en zona ofensiva supone un 91,28 % del tiempo total. Del mismo modo, los valores de distancia recorrida por punto en zona ofensiva (media= 11,84 m) son ampliamente superiores a los valores en zona defensiva (media= 1,30 m), suponiendo la distancia recorrida en la zona ofensiva un 90,18 % del total. Finalmente, por lo que respecta a la velocidad de desplazamiento, los resultados obtenidos no cumplen la hipótesis planteada, con unos valores de velocidad en la zona ofensiva (media= 1,74 m/s) inferiores a los valores de velocidad en la zona defensiva (media= 1,93 m/s).

Los resultados relativos al tiempo y la distancia recorrida confirman las conclusiones de algunos trabajos previos, donde se indicaba que en superficies rápidas, como la de este estudio, es más frecuente emplear estrategias de juego ofensivas (Fernández, Méndez-Villanueva y Pluim, 2006; O'Donoghue e Ingram,

2010). Por otro lado, los resultados que conciernen a la velocidad de desplazamiento confirman que cuando el jugador ocupa posiciones dentro de la zona ofensiva se encuentra en una situación de superioridad, y por tanto realizando desplazamientos menos forzados.

*6.1.4. Discusión referente al objetivo específico 1.4 (Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores de los puntos en cuanto a las características de movimiento relativas a la posición, volumen y la intensidad de los desplazamientos de los tenistas en zona ofensiva y en zona defensiva).*

La hipótesis que se había planteado era que *“Los ganadores de los puntos permanecerán durante más tiempo y recorrerán una mayor distancia en zona ofensiva, pero a una menor velocidad. Los perdedores de los puntos permanecerán durante más tiempo en zona defensiva, recorrerán una mayor distancia y a una mayor velocidad”*.

Los resultados que hacen referencia al análisis de movimiento en la zona ofensiva, cumplen la hipótesis enunciada en lo que respecta a que los ganadores pasaron más tiempo en la zona ofensiva (mediana= 4,52 s) que los perdedores (mediana= 4,28 s) y su velocidad de desplazamiento fue menor (mediana= 1,70 m/s) que la de los perdedores (mediana= 1,79 m/s), sin embargo no se cumple la hipótesis respecto a la distancia recorrida, ya que pese a haber hipotetizado que los ganadores recorrerían una mayor distancia en esta zona, no se han encontrado diferencias entre ganadores (mediana= 8,29 m) y perdedores (mediana= 8,14 m). Estos resultados obtenidos, excepto la variable distancia recorrida, coinciden con los obtenidos en un trabajo preliminar a esta tesis en el que se utilizó la misma muestra, pero empleando el juego como unidad de análisis (Martínez-Gallego et al., 2013), en este trabajo sí que se encontró que los ganadores recorrían una mayor distancia en la zona ofensiva que los perdedores. Los resultados referentes al análisis de la zona defensiva han cumplido la hipótesis en su totalidad, mostrando como los perdedores permanecieron más tiempo (mediana= 0 s, media= 0,77 s) que los ganadores (mediana= 0 s, media=

0,48 s) en esta zona, recorrieron una mayor distancia (mediana= 0 m, media= 1,65 m) que los ganadores (mediana= 0 m, media= 0,95 m) y a una mayor velocidad (mediana= 1,93 m/s) que éstos últimos (mediana= 1,92 m/s). Los resultados relativos a esta zona sí que coinciden con los obtenidos en el trabajo preliminar citado anteriormente.

El hecho de que los ganadores permanezcan durante más tiempo en la zona ofensiva y menos en la zona defensiva coincide con los resultados de trabajos previos en otros deportes de raqueta como el squash, donde se ha mostrado como los ganadores estaban más tiempo en zona ofensiva, permitiéndoles mover al oponente lejos del centro de la pista (Vuckovic et al., 2009).

Además, de forma más específica dentro del tenis, uno de los factores que nos pueden ayudar a entender estos resultados es la superficie de juego. Ésta es un factor con una gran influencia en la táctica llevada a cabo por los jugadores, de forma que los jugadores de élite no basan sus estrategias de juego únicamente en sus debilidades y fortalezas sino que existen estrategias específicas que se dan con mayor frecuencia en función de la superficie de juego (O'Donoghue e Ingram, 2010). Los partidos que componen la muestra de este estudio fueron disputados sobre superficie dura, donde estudios previos han mostrado una mayor frecuencia en el empleo de estrategias ofensivas, en comparación con superficies más lentas como la tierra batida (Fernández et al., 2006; O'Donoghue e Ingram, 2010), además estos estudios apoyan la creencia general y los consejos aportados por los manuales para entrenadores donde se recomienda emplear estrategias ofensivas en este tipo de superficies (Crespo y Miley, 1999). Por tanto los resultados obtenidos confirman que ciertamente, una estrategia de juego de ataque permaneciendo durante más tiempo en la zona ofensiva, obligando al oponente a permanecer en zona defensiva, haciéndolo recorrer una mayor distancia y a una mayor velocidad se asocia con un mejor rendimiento. Por otro lado, el hecho de no haber encontrado diferencias en cuanto a la distancia

recorrida en zona ofensiva, se piensa que puede estar provocado porque, a pesar de que los perdedores están menos tiempo en esta zona, su velocidad de desplazamiento es mayor, por lo que recorren una mayor distancia en un menor tiempo. Esto nos indica que realmente, y a pesar de que los perdedores se encuentran en una zona de la pista definida como ofensiva, la situación de juego para ellos no es tal, sino que están siendo dominados por el rival obligándolos a desplazarse a una gran velocidad.

## 6.2. Discusión referente al objetivo general 2 (Describir las características técnico-tácticas en cuanto al número de golpes ganadores y errores no forzados en el tenis de alta competición y establecer si existen diferencias entre ganadores y perdedores de los juegos).

### *6.2.1. Discusión referente al objetivo específico 2.1. (Describir el número de golpes ganadores, errores no forzados y eficacia de los tenistas durante los juegos).*

La hipótesis que se había establecido era que *“En pista rápida y para jugadores de alto nivel, el número de golpes ganadores y la eficacia será mayor que en superficies de juego más lentas, siendo el número de errores no forzados menor”*

A pesar de que existen varios trabajos que han estudiado previamente estas variables (Filipcic et al., 2008; Katic, Milat, Zagorac y Djurovic, 2011), todos ellos las han calculado utilizando como unidad de análisis el set o el partido, no existiendo ninguna referencia previa donde se haya utilizado como unidad de análisis el juego. Por ello, para poder verificar la hipótesis establecida se necesita calcular el número de golpes ganadores y errores no forzados por set y por partido, teniendo presente que estas unidades de análisis no son las más indicadas debido a su alto grado de variabilidad. La media de juegos por partido en este trabajo fue de 23,5 por lo que la media de golpes ganadores por partido

fue de 23,27 y la media de errores no forzados de 19,51, por set, la media de juegos fue de 9,89, por lo que la media de golpes ganadores por set fue de 9,79 y la media de errores no forzados fue de 8,21.

Los valores obtenidos por partido en un estudio previo realizado por Katic et al. (2011) con jugadores profesionales en superficie de tierra, oscilaron entre 31,48 y 41,60 para el número de golpes ganadores, y entre 28,56 y 31,76 para el número de errores no forzados, valores ampliamente superiores a los obtenidos en este trabajo, tanto en el número de golpes ganadores como en el de errores no forzados. Por otro lado, Filipcic et al. (2008) analizaron estas mismas variables, también en superficie de tierra y con jugadores profesionales, pero utilizando como unidad de análisis el set. El número de golpes ganadores por set osciló entre 9,38 y 10,6 y el número de errores no forzados entre 11,59 y 15,14, siendo en este caso valores similares por lo que respecta al número de golpes ganadores y valores sustancialmente superiores en cuanto al número de errores no forzados.

En vista de estos resultados parece evidente que la hipótesis establecida no se cumple por lo que respecta al número de golpes ganadores, sin embargo, existen ciertos aspectos que se deben tener en cuenta antes de realizar dicha afirmación. Además de los problemas ya citados relativos a la unidad de análisis, por un lado, en ambos estudios se incluye el servicio, por lo que es muy probable que este golpe incremente de forma clara el número de golpes ganadores, y por otro, que en estos estudios previos se analizaron partidos de Roland Garros, disputados al mejor de 5 sets, por lo que en el estudio de Katic et al. (2011) la duración de los partidos pudo llegar a ser mucho mayor.

Finalmente, lo que sí que parece claro es que en superficies de juego más lentas el número de errores no forzados es mayor, y es que, como ya apuntaba O'Donoghue et al. (2010) la mayor duración de los puntos en superficie de tierra, incrementa la fatiga de los jugadores provocando un mayor número de errores.

*6.2.2. Discusión referente al objetivo específico 2.2. (Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores de un juego en cuanto al número de golpes ganadores, errores no forzados y eficacia durante los juegos).*

La hipótesis que se había planteado era que “*Los ganadores de los juegos realizarán un mayor número de golpes ganadores, un menor número de errores y serán más eficaces*”.

Efectivamente, los resultados obtenidos confirmaron la hipótesis establecida, siendo los ganadores de los juegos los que lograron un mayor número de golpes ganadores (mediana= 1) respecto a los perdedores (mediana= 0), y los perdedores los que cometieron un mayor número de errores no forzados (mediana= 1) respecto a los ganadores (mediana= 0). Además, como consecuencia de estas variables, también se confirma que los ganadores fueron más eficaces (mediana= 1,50) que los perdedores (mediana= 1).

Ya en algunos trabajos previos se había comparado a los ganadores y perdedores en cuanto al número de errores y golpes ganadores (sin incluir errores forzados del oponente e incluyendo el servicio y el resto en el análisis) (Filipic et al., 2008; Katic et al., 2011), coincidiendo todos ellos con los resultados de este trabajo. Sin embargo, los resultados obtenidos por Katic et al. (2011) cuando analizaron únicamente los partidos disputados sobre tierra batida, no mostraron diferencias en cuanto al número de errores no forzados.

Según Brody (2006), los errores no forzados son la principal causa por la que finalizan los puntos en tenis, además el porcentaje de errores que se comete en superficies duras es mayor que en otro tipo de superficies como hierba (Hughes y Clarke, 1995). Por tanto, aunque es cierto que en el tenis de alto nivel el número de golpes ganadores se aproxima mucho más a los errores que en niveles de juego más bajos (Brody, 2006), y que el tenis ha evolucionado hacia estilos de juego más ofensivos (Filipic et al., 2008), los resultados obtenidos respecto a las diferencias en los errores no forzados entre ganadores y

perdedores, nos indican que esta variable sigue teniendo una alta influencia en el rendimiento.

Por otro lado, como se acaba de indicar, las tácticas empleadas en el tenis actual de alto nivel son cada vez más ofensivas, caracterizándose por estilos de juego agresivos desde el fondo de la pista (Filipic et al., 2008), por tanto el hecho de que los ganadores logran un mayor número de golpes ganadores demuestra que efectivamente, aquellos jugadores que son más agresivos y logran forzar al rival a cometer errores o consiguen más puntos directos, obtienen un mejor resultado. Además, estos resultados también son congruentes con los obtenidos en el análisis de movimiento, donde el ganador era aquel que conseguía estar más tiempo en zona ofensiva, obligando al rival a realizar mayores desplazamientos y permanecer en zona defensiva.

*6.2.3. Discusión referente al objetivo específico 2.3. (Describir el número de golpes ganadores, errores no forzados y la eficacia en zona ofensiva y defensiva de los tenistas durante los juegos).*

La hipótesis planteada había sido que *“En zona ofensiva los jugadores realizarán más golpes ganadores, errores no forzados y serán más eficaces que en zona defensiva”*.

Por lo que respecta a los golpes ganadores, tal y como se había hipotetizado, en zona ofensiva se produjo un número mayor (media= 0,92, mediana= 1) que en zona defensiva (media= 0,09, mediana= 0). Por un lado, como ya se ha citado anteriormente, los jugadores permanecieron durante más tiempo en zona ofensiva que en zona defensiva, por lo que la probabilidad de que se produzca un número de mayor de golpes ganadores es superior a la de la zona defensiva. Por otro lado, parece evidente que cuando los jugadores se encuentran en posición ofensiva, las oportunidades de ejecutar un golpe ganador se incrementen, por ello todos los jugadores tienden a ocupar esta zona durante más tiempo.

Del mismo modo, en cuanto al número de errores no forzados, aunque la diferencia es mucho menor que en el caso de los golpes ganadores, también se cumple la hipótesis, con un mayor número de errores en la zona ofensiva (media= 0,65, mediana= 0) que la defensiva (media= 0,18, mediana= 0). Al igual que se indicaba para la variable anterior, el hecho de que los jugadores permanezcan durante más tiempo en la zona ofensiva hace que se produzcan también más errores no forzados, y además, el encontrarse en una situación de ventaja lleva a los jugadores a atacar más buscando el golpe ganador e incrementando el riesgo de error.

Finalmente, por lo que respecta a la eficacia, los resultados obtenidos también confirman la hipótesis plantada, siendo la zona ofensiva en la que los jugadores tienen una mayor eficacia (mediana= 0,86) con respecto a la zona defensiva (mediana= 0,17). Este hecho confirma que, efectivamente, independientemente del tiempo que los jugadores permanezcan en cada una de las zonas, los jugadores tienen una mayor eficacia en la zona ofensiva que en la defensiva, a pesar de que el número de errores no forzados en esta zona sea mayor.

*6.2.4. Discusión referente al objetivo específico 2.4. (Establecer si existen o no diferencias entre ganadores y perdedores en cuanto al número de golpes ganadores, errores no forzados y la eficacia en zona ofensiva y defensiva durante los juegos).*

La hipótesis que se había planteado era que *“Tanto en zona ofensiva como en zona defensiva, los ganadores de los juegos ejecutarán un mayor número de golpes ganadores, un menor número de errores y serán más eficaces”*.

Tal y como se esperaba, en zona ofensiva los ganadores lograron un mayor número de puntos ganadores (mediana= 1) que los perdedores (mediana= 0), cometieron menos errores (mediana= 0) que los perdedores (mediana= 1) y fueron más eficaces (mediana= 1,18) que los perdedores (mediana= 0,5). Sin

embargo, en zona defensiva, aunque los ganadores cometieron menos errores (mediana= 0, media= 0,11) que los perdedores (mediana= 0, media= 0,25), no hubo diferencias en cuanto a golpes ganadores entre ganadores (mediana= 0, media= 0,12) y perdedores (mediana= 0, media= 0,06) ni a eficacia entre los primeros (mediana= 0,13, media= 0,24) y los segundos (mediana= 0,23, media= 0,30).

En un estudio preliminar a esta tesis (Martínez-Gallego et al., 2013) en el que se analizó la misma muestra, se comparó a los ganadores y perdedores de los juegos, correlacionando el tiempo que los jugadores estaban en zona ofensiva y el número de golpes ganadores y errores. Los resultados que se obtuvieron coinciden plenamente con los obtenidos en el presente trabajo para esta zona, mostrando una correlación positiva para los ganadores entre el tiempo en la zona ofensiva y el número de puntos ganadores, mientras que para los perdedores el tiempo en zona ofensiva correlacionó con el número de errores no forzados. En este mismo estudio se sugirió que para una mejor comprensión de la relación entre la posición de los jugadores y la finalización de los puntos se analizaran los golpes ejecutados en cada zona por separado, tal y como se ha hecho en esta tesis.

Los resultados obtenidos sugieren que a pesar de que cuando los jugadores están en la zona ofensiva, se encuentran en una mejor posición, el resultado para los ganadores y perdedores del punto es diferente. Cuando los ganadores se encuentran en esta zona aprovechan la ventaja posicional para forzar al rival a cometer un error o realizar un golpe ganador, en cambio, cuando los perdedores se encuentran en esta situación de ventaja posicional, cometen un mayor número de errores perdiendo sus opciones de ganar el punto. Por tanto, como no podía ser de otra forma, la eficacia de los ganadores en esta zona ha sido mayor que para los perdedores.

Por otro lado, llegados a este punto, también parece evidente que no se hayan encontrado diferencias en cuanto a golpes ganadores en la zona defensiva, ya que la propia definición de la zona nos indica que es una posición en la que el jugador se encuentra defendiéndose, y por lo tanto la posibilidad de realizar golpes ganadores en este tipo de situaciones es escasa. Además, este hecho unido a que los jugadores tratan de realizar la mayoría de sus golpes en la zona ofensiva, se piensa que ha provocado el que no aparezcan diferencias en cuanto a la eficacia.

En relación con los resultados de los anteriores análisis, se sigue confirmado el hecho de que en este tipo de pistas las diferencias en el rendimiento van a estar muy relacionadas con el juego en la zona ofensiva, obteniendo un mayor éxito aquellos jugadores que, además de estar durante más tiempo en esta zona, sean más eficaces.

Finalmente, se considera importante confirmar que efectivamente la distancia elegida para diferenciar entre la zona ofensiva y defensiva parece adecuada ya que ha permitido, según los resultados obtenidos en este estudio, discriminar los aspectos tratados en éste. Es por ello que se piensa que esta distribución por zonas, es una aportación relevante de este trabajo que merece ser resaltada para ser tomada en cuenta en trabajos posteriores. Dicho esto, también hay que tener en cuenta que la muestra de este estudio ha sido partidos disputados sobre superficie rápida, por lo que posiblemente habría que reconsiderar esta distancia en otro tipo de superficies.



# CONCLUSIONES

---



## 7. CONCLUSIONES

**7.1. Conclusiones relativas al objetivo general 1 (Describir las características de movimiento en el tenis de alta competición, y analizar si existen diferencias entre ganadores y perdedores de los puntos).**

La duración media de los puntos en este trabajo (media= 7,11 s) sólo es ligeramente inferior a la duración de los puntos en superficies de juego más lentas para jugadores profesionales (media= 7,55 s), según los estudios mostrados en la discusión de este trabajo en la Tabla 48. Del mismo modo, según los trabajos presentados previamente en esta misma tabla, las diferencias en cuanto a duración con respecto a jugadores de niveles inferiores también han sido mínimas (media= 6,92 s).

Respecto a la distancia recorrida por punto, es difícil establecer comparaciones con otros estudios previos ya que no existe prácticamente información al respecto, en cualquier caso, los valores obtenidos en este estudio (media= 13,13 m) se aproximan bastante a los pocos datos previos existentes. En cuanto a las diferencias en la distancia recorrida entre ganadores y perdedores, los perdedores recorrieron una mayor distancia (mediana= 9,45 m) por punto que los ganadores (mediana= 8,87 m).

Por lo que respecta a la velocidad de desplazamiento, los resultados obtenidos (media= 1,70 m/s) son ligeramente superiores a los obtenidos en estudios previos con jugadores de nivel similar, pensando que estas diferencias pueden deberse a diferentes criterios a la hora de haber cuantificado el tiempo activo y pasivo. Se encontraron diferencias en la velocidad de desplazamiento entre ganadores y perdedores, siendo los perdedores los que se desplazaron a una mayor velocidad (mediana= 1,73 m/s) que los ganadores (mediana= 1,66 m/s).

Las diferencias en cuanto a distancia recorrida y velocidad, con valores superiores para los perdedores, se atribuyen a que el rendimiento en este tipo de superficies está asociado con dominar al oponente, obligándolo a recorrer una mayor distancia y a una mayor velocidad.

En cuanto al análisis por zonas, el tiempo que los jugadores estuvieron en zona ofensiva (mediana= 4,4 s, media= 6,49 s) fue claramente superior al tiempo que estuvieron en zona defensiva (mediana= 0, media= 0,62 s), recorriendo en zona ofensiva (mediana= 8,24 m, media= 11,84 m) una mayor distancia que en zona defensiva (mediana= 0 m, media= 1,30 m), pero con una velocidad media menor en la zona ofensiva (mediana= 1,69 m/s, media= 1,74 m/s) que en la zona defensiva (mediana= 1,91 m/s, media= 1,93 m/s). Esto parece indicar que, en esta superficie, todos los jugadores buscan permanecer el mayor tiempo posible en posiciones ofensivas buscando dominar el punto, y por tanto, realizando desplazamientos menos forzados.

Respecto a las diferencias entre ganadores y perdedores de los puntos por zonas, fueron los ganadores los que estuvieron más tiempo en la zona ofensiva (mediana= 4,52 s, media= 6,64 s) que los perdedores (mediana= 4,28 s) y su velocidad de desplazamiento en esta zona fue menor (mediana= 1,70 m/s) que la de los perdedores (mediana= 1,79 m/s), no encontrando diferencias en cuanto a distancia recorrida entre ganadores (mediana= 8,29 m) y perdedores (mediana= 8,14 m). Por lo que respecta a la zona defensiva, los perdedores permanecieron más tiempo (mediana= 0 s, media= 0,77 s) que los ganadores (mediana= 0 s, media= 0,48 s) en esta zona, recorrieron una mayor distancia (mediana= 0 m, media= 1,65 m) que los ganadores (mediana= 0 m, media= 0,95 m) y a una mayor velocidad (mediana= 1,93 m/s) que éstos últimos (mediana= 1,92 m/s).

Estos resultados confirman que una estrategia de juego de ataque permaneciendo durante más tiempo en la zona ofensiva, obligando al oponente a permanecer en zona defensiva, haciéndolo recorrer una mayor distancia y a una

mayor velocidad se asocia con un mejor rendimiento. Por otro lado, el hecho de no haber encontrado diferencias en cuanto a la distancia recorrida en zona ofensiva nos indica que los perdedores aun encontrándose en una zona de la pista definida como ofensiva, en muchas situaciones están siendo dominados por el rival obligándolos a desplazarse a una gran velocidad, y por tanto a pesar de permanecer menos tiempo en esta zona que los ganadores, recorren distancias similares.

## 7.2. Conclusiones relativas al objetivo general 2 (Describir las características técnico-tácticas en cuanto al número de golpes ganadores y errores no forzados en el tenis de alta competición y establecer si existen diferencias entre ganadores y perdedores de los juegos).

Al igual que ocurría con algunas variables del objetivo anterior, es difícil comparar el número de golpes ganadores y errores no forzados con estudios previos, ya que no existen estudios que hayan empleado el juego como unidad de análisis. A pesar de ello, parece claro que el número de errores no forzados en superficies de juego más lentas es mayor, pudiendo deberse a la mayor duración de los puntos y por tanto una mayor fatiga de los jugadores O'Donoghue et al. (2010).

En cuanto a las diferencias entre ganadores y perdedores de los juegos, fueron los ganadores los que lograron un mayor número de golpes ganadores (mediana= 1) respecto a los perdedores (mediana= 0), y los perdedores los que cometieron un mayor número de errores no forzados (mediana= 1) respecto a los ganadores (mediana= 0). Además, como consecuencia de estas variables, también se confirma que los ganadores fueron más eficaces (mediana= 1,50) que los perdedores (mediana= 1). Estos resultados nos confirman, por un lado, que aunque es cierto que en el tenis de alto nivel el número de golpes ganadores se aproxima mucho más a los errores que en niveles de juego más bajos (Brody,

2006), y que el tenis ha evolucionado hacia estilos de juego más ofensivos (Filipic et al., 2008), los errores no forzados siguen teniendo una alta influencia en el rendimiento. Y por otro lado, el hecho de que los ganadores logran un mayor número de golpes ganadores demuestra que efectivamente, aquellos jugadores que son más agresivos y logran forzar al rival a cometer errores o consiguen más puntos directos, obtienen un mejor resultado.

Por lo que respecta al análisis por zonas, en la zona ofensiva se produjo un número mayor de golpes ganadores por juego (media= 0,92, mediana= 1) que en la zona defensiva (media= 0,09, mediana= 0). Esto puede ser debido, por un lado, a que los jugadores permanecieron durante más tiempo en esta zona, por lo que la probabilidad de que se produzca un número de mayor de golpes ganadores es superior a la de la zona defensiva, y por otro, a que cuando los jugadores se encuentran en posición ofensiva, las oportunidades de ejecutar un golpe ganador se incrementan.

Del mismo modo, en cuanto al número de errores no forzados por juego, también se produce un mayor número en la zona ofensiva (media= 0,65, mediana= 0) que la defensiva (media= 0,18, mediana= 0). Al igual que se indicaba para la variable anterior, el hecho de que los jugadores permanezcan durante más tiempo en la zona ofensiva hace que se produzcan también más errores no forzados, y además, el encontrarse en una situación de ventaja lleva a los jugadores a atacar más buscando el golpe ganador e incrementando el riesgo de error.

Por lo que respecta a la eficacia en zona ofensiva o defensiva por juego, es en la zona ofensiva en la que los jugadores tienen una mayor eficacia (mediana= 0,86) con respecto a la zona defensiva (mediana= 0,17). Este hecho confirma que, efectivamente, independientemente del tiempo que los jugadores permanezcan en cada una de las zonas, los jugadores tienen una mayor eficacia en la zona

ofensiva que en la defensiva, a pesar de que el número de errores no forzados en esta zona sea mayor.

Finalmente, en cuanto a diferencias en las zonas entre ganadores y perdedores del juego, en zona ofensiva los ganadores lograron un mayor número de puntos ganadores (mediana= 1) que los perdedores (mediana= 0), cometieron menos errores (mediana= 0) que los perdedores (mediana= 1) y fueron más eficaces (mediana= 1,18) que los perdedores (mediana= 0,5).

Los resultados obtenidos sugieren que cuando los ganadores del juego se encuentran en zona ofensiva aprovechan la ventaja posicional para forzar al rival a cometer errores o realizar un golpe ganador, en cambio, cuando los perdedores se encuentran en esta situación de ventaja posicional, cometen un mayor número de errores perdiendo sus opciones de ganar el punto, y por tanto, reduciendo su eficacia.

Sin embargo, en zona defensiva, aunque los ganadores del juego cometieron menos errores (mediana= 0, media= 0,11) que los perdedores (mediana= 0, media= 0,25), no hubo diferencias en cuanto a golpes ganadores entre ganadores (mediana= 0, media= 0,12) y perdedores (mediana= 0, media= 0,06) ni a eficacia entre los primeros (mediana= 0,13) y los segundos (mediana= 0,23).

Respecto a los resultados obtenidos para esta zona, parece evidente que no se hayan encontrado diferencias en cuanto a golpes ganadores, ya que la propia definición de la zona nos indica que es una posición en la que el jugador se encuentra defendiéndose, y por lo tanto la posibilidad de realizar golpes ganadores en este tipo de situaciones es escasa. Además, a esto hay que unir que los jugadores tratan de realizar la mayoría de sus golpes en la zona ofensiva, lo que aun dificulta más que se produzcan diferencias.

Finalmente, y en relación con las conclusiones anteriores, se sigue confirmado el hecho de que en este tipo de pistas las diferencias en el

rendimiento van a estar muy relacionadas con el juego en la zona ofensiva, obteniendo un mayor éxito aquellos jugadores que, además de estar durante más tiempo en esta zona, sean más eficaces.

LIMITACIONES DEL  
ESTUDIO Y PROSPECTIVAS  
DE INVESTIGACIÓN

---



## 8. LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y PROSPECTIVAS DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se indican las limitaciones que presenta este estudio y algunas posibles líneas de investigación que podrían llevarse a cabo relacionadas con dichas limitaciones.

La primera limitación a la que se hace referencia está relacionada con la muestra del estudio, la cual está compuesta por un total de 8 partidos disputados por 11 jugadores profesionales en pista rápida. El tamaño de esta muestra obliga a ser cautos a la hora de considerar la validez externa del estudio sobre todo en otro tipo de superficies, ya que como se ha indicado a lo largo del trabajo, la superficie es un aspecto que tiene una gran influencia en la táctica empleada por los jugadores, y por tanto los resultados podrían variar de forma notable. Además, los resultados presentados hacen referencia a valores medios de los jugadores que componen la muestra, sin tener en cuenta los perfiles de rendimiento individuales de cada jugador, por lo que este tamaño de muestra con jugadores diferentes con perfiles de rendimiento distintos, también podría hacer que variaran los resultados. En estudios futuros que siguieran la misma línea que el que se ha presentado, se podría utilizar como muestra partidos disputados en otro tipo de superficies. Además, podría ser interesante utilizar una mayor muestra de jugadores, considerando el perfil de rendimiento de cada uno de ellos, pudiendo establecer diferentes estilos de juego o diferentes niveles.

Otra limitación de este estudio es la definición de las zonas ofensiva y defensiva. Aunque, como ya se ha mencionado durante el trabajo, se considera que esta definición permite discriminar de forma correcta los aspectos estudiados, se piensa que puede resultar demasiado simplista para aportar un conocimiento preciso de la estrategia de juego empleada. Por tanto, podrían resultar interesantes estudios que consideraran un mayor número de zonas,

incluyendo por ejemplo, una zona neutral entre la zona ofensiva y la zona defensiva.

Finalmente, podría ser interesante considerar otras variables que permitieran definir con una mayor precisión las estrategias ofensivas y defensivas, teniendo en cuenta los movimientos en función del tipo de golpe, considerando secuencias de golpes, o realizando un análisis más profundo de cada golpe, no limitándose únicamente a considerar golpes ganadores y errores sino teniendo en cuenta aspectos como la velocidad o la intención táctica.

# IMPLICACIONES PARA EL ENTRENAMIENTO

---



## 9. IMPLICACIONES PARA EL ENTRENAMIENTO

La información aportada en este trabajo tiene una clara aplicación práctica, por lo que se considera importante poner de manifiesto las posibles implicaciones que dicha información puede tener a la hora de ser aplicada en el entrenamiento. Existen tres áreas del entrenamiento donde esta información puede ser de especial interés, como son: la planificación de la temporada, el planteamiento estratégico de los partidos y el diseño de ejercicios para el entrenamiento.

### 9.1. Planificación de la temporada.

Uno de los principales principios del entrenamiento es la planificación, donde a través de un proceso metódico basado en conocimientos científicos se busca ayudar a los jugadores a obtener el máximo rendimiento, considerando las diferentes fases de periodización, las semanas de entrenamiento y de torneo, o la duración de las sesiones de entrenamiento (Roetert, Reid y Crespo, 2005). Junto a la planificación, otro principio importante del entrenamiento es el principio de especificidad de la carga de entrenamiento (Grosser et al. 1988), que como ya se indicaba en la justificación de este trabajo, hace referencia a la necesidad de aplicar entrenamientos que se asemejen lo máximo posible a las situaciones de competición.

Por tanto, la información aportada por este trabajo, relativa tanto a aspectos técnico-tácticos como a aspectos de movimiento, puede resultar de gran ayuda a la hora de poder planificar de forma específica los entrenamientos y las competiciones que vayan a disputar los jugadores en pista rápida.

De todos los datos aportados por este estudio, algunos de ellos van a tener una especial importancia a la hora de planificar el entrenamiento de aspectos condicionales, relacionados con el esfuerzo físico que implica el tipo de juego que

se desarrollará durante la competición, en este caso, sobre superficie rápida. Concretamente, la duración de los puntos (7, 11 s) y la distancia recorrida por punto (13,13 m) son variables relacionadas directamente con el volumen de trabajo de los tenistas en competición, por lo que deben ser tenidas en cuenta a la hora de planificar el entrenamiento de cualidades físicas como, por ejemplo la resistencia específica, durante el periodo de preparación para la competición. Del mismo modo, la velocidad de desplazamiento durante los puntos (1,70 m/s), es una variable directamente relacionada con la intensidad del esfuerzo, siendo por sí misma una cualidad física básica importante durante el juego, y por tanto debe ser planificada correctamente atendiendo a esta información. Además, conocer la distancia recorrida tanto en la zona ofensiva (11,84 m) como en la zona defensiva (1,30 m) por punto, así como la velocidad media por punto en cada una de las zonas (zona ofensiva: 1,69 m/s, zona defensiva: 1,91), permite establecer las demandas físicas concretas en las diferentes posiciones de la pista, permitiendo una planificación del entrenamiento aún más específica.

Por otro lado, esta tesis también aporta información de tipo técnico-táctico, que puede resultar de gran ayuda a la hora de llevar a cabo una periodización táctica con jugadores de tenis profesionales. En este tipo de periodización, tal y como indica Crespo (2011), la planificación de todos los aspectos (técnico, táctico, físico y mental) estará condicionada por la táctica del juego, y por tanto, las sesiones de entrenamiento se deben planificar atendiendo a objetivos tácticos.

Algunos de los datos de movimiento aportados por este trabajo, tienen una clara aplicación táctica. Por ejemplo, saber que los jugadores permanecen en zona ofensiva durante 6,49 s y en zona defensiva 0,62 s de media en cada punto, indica que los jugadores buscan pasar el mayor tiempo de juego en zona ofensiva, por lo que a la hora de planificar debe de tenerse en cuenta este aspecto, planificando entrenamientos que presten especial atención al juego en la zona ofensiva y ejercicios que tengan como objetivo el entrenamiento de las diferentes

situaciones que se puedan dar en esta zona durante un partido. Además, las diferencias entre los ganadores y los perdedores de los puntos en cuanto a distancia recorrida (ganadores: 8,87 m, perdedores: 9,45 m) y velocidad media de desplazamiento por punto (ganadores: 1,66 m/s, perdedores: 1,73 m/s), así como las diferencias en la zona ofensiva, donde los ganadores permanecieron más tiempo (ganadores: 4,52 s, perdedores: 4,28) y su velocidad de desplazamiento fue menor (ganadores: 1,70 m/s, perdedores: 1,79 m/s), confirman que efectivamente a la hora de planificar habrá que tener en cuenta que adoptar estrategias de juego ofensivas, obligando al rival a realizar mayores desplazamientos y a una mayor velocidad, está relacionado con un mejor rendimiento en este tipo de superficie, por lo que sería interesante que se priorizasen este tipo de estrategias en las sesiones y ejercicios programados.

Del mismo modo, los datos puramente técnico-tácticos referentes al número de golpes ganadores y errores no forzados, también nos proporcionan una información muy útil que debe ser tenida en cuenta a la hora de planificar. En primer lugar, el hecho de que los ganadores de los juegos fueran aquellos que cometieron un menor número de errores por juego (ganadores: 0, perdedores: 1) y un mayor número de golpes ganadores por juego (ganadores: 1, perdedores: 0), debería ser tenido en cuenta a la hora de planificar, dándole especial importancia al entrenamiento de los golpes de ataque y a la consistencia. Por otro lado, el hecho de que en la zona ofensiva se produzca un mayor número de golpes ganadores por juego (0,92) y de errores no forzados por juego (0,65), que en la zona defensiva (golpes ganadores: 0,09, errores: 0,18), indica que sería conveniente aplicar entrenamientos donde se fomente un estilo de juego agresivo en las situaciones en las que los jugadores se encuentran en la zona ofensiva. Además, los resultados obtenidos respecto a las diferencias entre ganadores y perdedores de los juegos en cada zona, indican que los ganadores de los juegos en la zona ofensiva lograron un mayor número de puntos ganadores (1) que los perdedores (0), cometieron menos errores (0) que los perdedores (1)

y fueron más eficaces (1,18) que los perdedores (0,5). Sin embargo, en la zona defensiva aunque los ganadores del juego cometieron menos errores (0) que los perdedores (0), no hubo diferencias en cuanto a golpes ganadores entre ganadores (0) y perdedores (0), ni a eficacia entre los primeros (0,13) y los segundos (0,23). Estos resultados siguen indicando la importancia de entrenar el juego en la zona ofensiva que es donde más diferencias se producen respecto al rendimiento, pero además indican la importancia de cometer menos errores en la zona defensiva, por lo que sería interesante establecer como un objetivo dentro de la planificación la consistencia en la zona defensiva.

## 9.2. Planteamiento estratégico de los partidos.

Como ya se ha indicado previamente en este trabajo, la estrategia puede ser considerada como el plan establecido previo a la competición que busca maximizar las fortalezas y reducir las debilidades del jugador o el equipo, a la vez que minimiza las fortalezas del contrario y aprovecha sus debilidades (O'Donoghue, 2010). Por tanto, según esta definición, a la hora de plantear estratégicamente un partido hay que considerar tanto el estilo de juego del propio jugador como el del rival. Sin embargo, los resultados obtenidos en esta tesis y los de algunos trabajos anteriores (Fernández, et. al, 2006; O'Donoghue e Ingram, 2010), ponen de manifiesto la importancia que tiene la superficie de juego en las tácticas empleadas por los jugadores, siendo más frecuente emplear estrategias de juego ofensivas en pistas rápidas. Es por ello, que algunas de las conclusiones extraídas en esta tesis pueden resultar importantes en el planteamiento estratégico de partidos en pista rápida, sea cual sea el estilo de juego del propio jugador o del oponente.

A continuación, en el Cuadro 6 se exponen las conclusiones más relevantes aportadas por este trabajo, indicando las implicaciones que pueden tener a la hora de plantear la estrategia de un partido en pista rápida.

**Cuadro 6. Conclusiones e implicaciones para el planteamiento estratégico de los partidos**

Conclusiones de la investigación	Implicaciones estratégicas
Los perdedores de los puntos recorrieron una mayor distancia y a una mayor velocidad.	Intentar mover al oponente, obligándolo a realizar desplazamientos lo más forzados posible.
Los jugadores estuvieron más tiempo en zona ofensiva que en zona defensiva.	Estar situado en la zona ofensiva, siempre que la situación lo permita.
Los ganadores de los puntos estuvieron más tiempo en la zona ofensiva y su velocidad de desplazamiento en esta zona fue menor, mientras que los perdedores estuvieron más tiempo en zona defensiva y su velocidad de desplazamiento fue mayor.	Tomar la iniciativa de los puntos, ocupando posiciones en zona ofensiva, dando menos tiempo al oponente para golpear a la pelota y obligándolo a situarse en la zona defensiva.
Los ganadores de los juegos realizaron un mayor número de golpes ganadores y un menor número de errores no forzados.	Realizar golpes ofensivos manteniendo un alto nivel de consistencia.
En la zona ofensiva, los ganadores de los juegos realizan un mayor número de golpes ganadores y un menor número de errores que los perdedores, siendo por tanto más eficaces.	En la zona ofensiva ser agresivo, sin tomar un excesivo riesgo.
En la zona defensiva los ganadores de los juegos realizaron un menor número de errores no forzados, no habiendo diferencias en el número de golpes ganadores.	En zona defensiva ser consistente, no buscando ganar el punto directamente sino tratando de recuperar la zona ofensiva.

### 9.3. Diseño de ejercicios para el entrenamiento.

Una vez vistas las aplicaciones que pueden tener los datos aportados por esta tesis para la planificación del entrenamiento y el planteamiento estratégico de los partidos, en este punto se van a proponer diversos ejercicios basados en las conclusiones citadas en los puntos anteriores.

Crespo y Miley (1999) definen los ejercicios como las diversas actividades que realizan los jugadores durante las sesiones de entrenamiento, indicando que existen millares de ejercicios, y que uno de los aspectos clave para saber si un ejercicio es bueno o no, es el objetivo específico del entrenador. Además, según Reid, Duffield, Dawson, Baker y Crespo (2007), la falta de datos cuantitativos

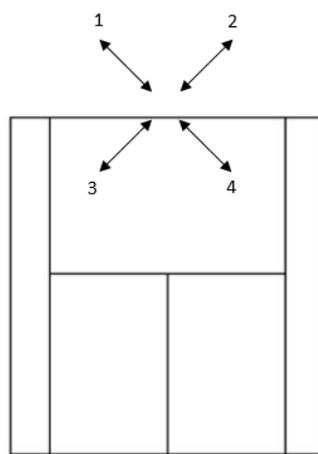
basados en datos científicos sobre los ejercicios llevados a cabo en los entrenamientos, hacen que la aplicación de éstos se realice de forma intuitiva en función de las creencias del entrenador, lo que puede provocar que los ejercicios llevados a cabo no cumplan de forma eficiente los objetivos para los que se habían planteado.

A continuación, se expone una batería de ejercicios con objetivos físicos y técnico-tácticos basados en la información aportada por este trabajo. Con ello se pretende aportar algunos ejercicios que pueden ser directamente aplicados por los entrenadores en sus sesiones de entrenamiento durante los períodos de preparación específica para torneos en pista rápida, o bien pueden servir de base para el desarrollo de otros muchos ejercicios.

### Ejercicio 1

**Objetivo:** Entrenamiento de la resistencia y la velocidad específicas.

**Descripción:** El jugador parte desde el centro de la pista, 0,5 m aproximadamente detrás de la línea de fondo. Durante 15 s el jugador golpeará las pelotas lanzadas por el entrenador, en el orden y la posición que se indica en la Figura 8.



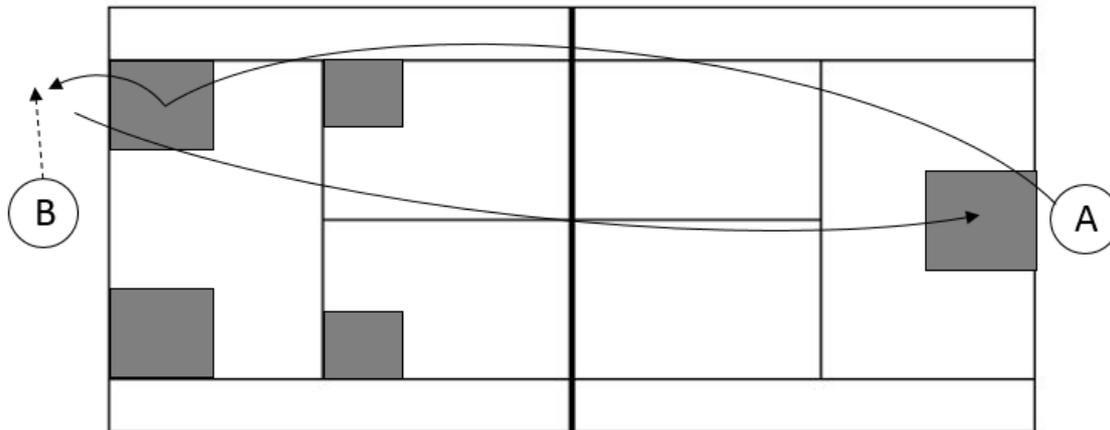
**Figura 8. Ejercicio1.**

**Justificación:** Este ejercicio está basado en el ejercicio “Star” propuesto por Roetert et al. (2007) en el que se plantean 8 posiciones de golpeo en lugar de las 4 propuestas aquí, y con una distancia entre la zona de partida y las de golpeo de 1 m aproximadamente, la mitad de la distancia propuesta en este ejercicio. Estos autores indican que para una duración de 30 s la distancia media recorrida por el jugador es de 34 m y la velocidad media es de 1,08 m/s. Con las modificaciones propuestas en el ejercicio planteado, se reduce el tiempo, acercándose más a la duración media de los puntos obtenida en esta tesis de 7,11 s. Esta reducción del tiempo reducirá también la distancia recorrida, aproximándose a valores similares a los 13 m que los jugadores recorren de media por punto. Finalmente, el aumento de la distancia de los desplazamientos, provocará un aumento de la velocidad de desplazamiento de los jugadores, aproximándose a 1,70 m/s de velocidad media por punto. También es importante señalar que en función de los tiempos de descanso entre repeticiones y/o series predominará más el trabajo de resistencia o de velocidad.

## Ejercicio 2

**Objetivo:** Mover al oponente obligándolo a realizar desplazamientos lo más forzados posible.

**Descripción:** El entrenador lanzará la pelota al jugador A, que tratará de dirigir sus cuatro primeros golpes a una de las cuatro zonas sombreadas, sin poder dirigir dos golpes seguidos a la misma zona. El jugador B dirigirá sus cuatro primeros golpes a la zona central sombreada. A partir del quinto golpe del jugador A, ambos jugadores disputarán el punto de forma libre. Cada cierto número de puntos los jugadores deberán cambiar el rol.



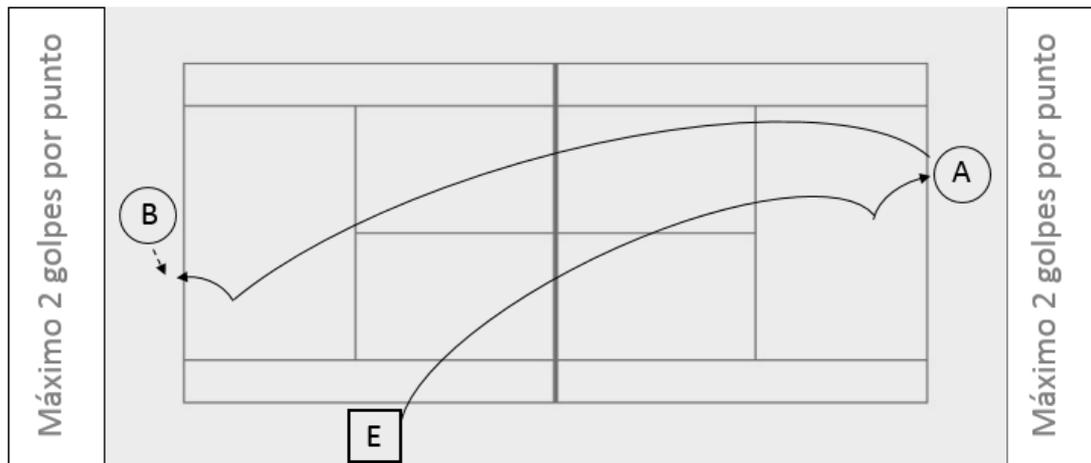
**Figura 9. Ejercicio 2.**

**Justificación:** Una de las conclusiones extraídas en este trabajo ha sido que los perdedores de los puntos recorrieron una mayor distancia y a una mayor velocidad que los ganadores. A través de este ejercicio se busca que el jugador A trate de desplazar al jugador B, dirigiendo sus golpes a diferentes zonas de la pista, provocando que recorra una mayor distancia y sus desplazamientos tengan que ser más rápidos. Finalmente, se permite que ambos jugadores jueguen libremente, de forma que tengan una mayor autonomía en la toma de decisiones.

### Ejercicio 3

**Objetivo:** Estar situado en la zona ofensiva, siempre que la situación lo permita.

**Descripción:** El entrenador (E) lanzará la pelota a uno de los jugadores para que disputen el punto, con el condicionante de que únicamente pueden golpear a la pelota como máximo dos veces en la zona defensiva durante todo el punto.



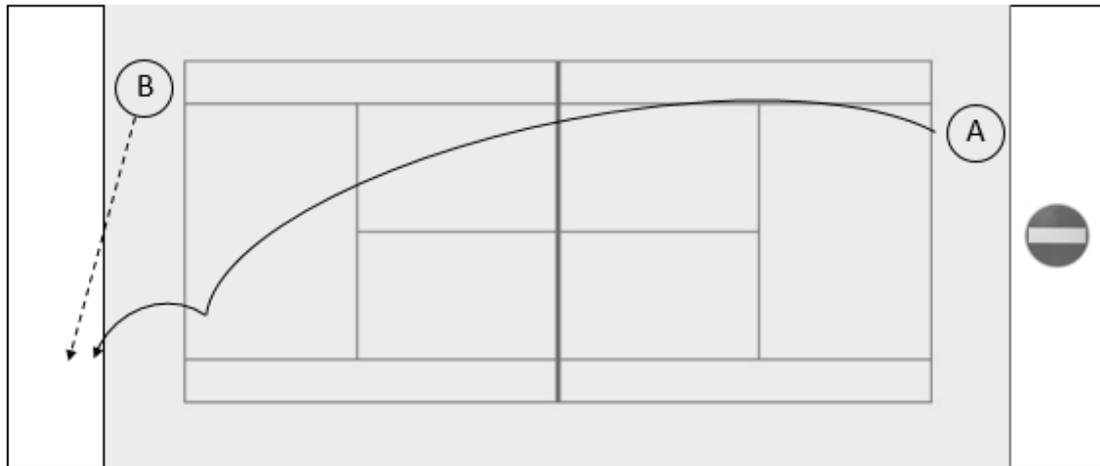
**Figura 10. Ejercicio 3.**

**Justificación:** Según los resultados de este estudios, los jugadores estuvieron más tiempo en zona ofensiva que en zona defensiva, por lo que limitando el número de golpes que se pueden realizar en la zona defensiva a dos, se obligará a los jugadores a que se sitúen en la zona ofensiva salvo en situaciones muy comprometidas.

#### Ejercicio 4

**Objetivo:** Tomar la iniciativa de los puntos, ocupando posiciones en zona ofensiva, dando menos tiempo al oponente para golpear a la pelota y obligándolo a situarse en la zona defensiva.

**Descripción:** Los jugadores A y B parten de las posiciones mostradas en el Figura 11. El entrenador lanza la pelota hacia la posición en la que se encuentra A, en el momento en que este golpea a la pelota el jugador B puede comenzar a moverse y se disputa el punto. El jugador A no puede salir de la zona ofensiva. Cada cierto número de puntos los jugadores deberán cambiar el rol.



**Figura 11. Ejercicio 4.**

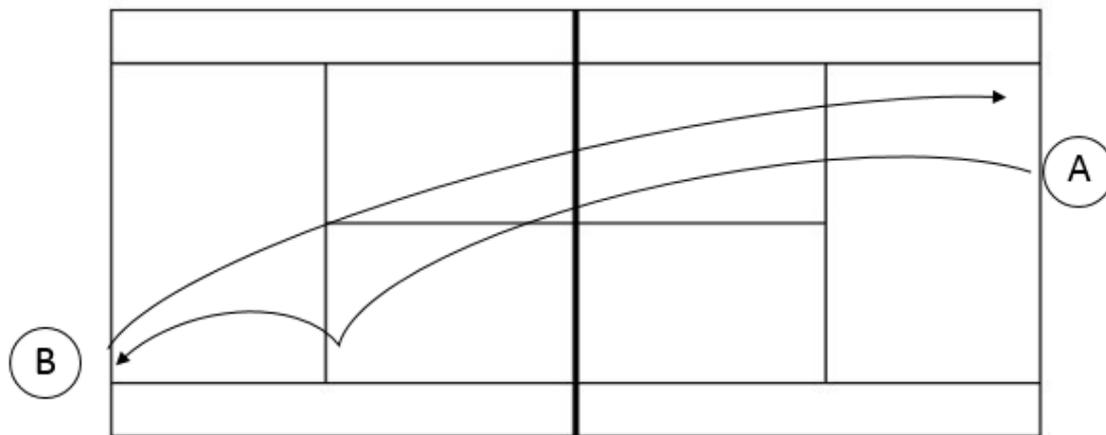
**Justificación:** Una de las conclusiones extraídas en esta tesis hace referencia a que los ganadores de los puntos estuvieron más tiempo en la zona ofensiva y su velocidad de desplazamiento en esta zona fue menor, mientras que los perdedores estuvieron más tiempo en zona defensiva y su velocidad de desplazamiento fue mayor. La posición de partida en este ejercicio facilitará que el jugador A inicie el punto en la zona ofensiva, obligando desde el primer golpe a que el jugador B tenga que desplazarse hacia la zona defensiva rápidamente. Por tanto, se induce a que el jugador A tome la iniciativa del punto, sin salir de la zona ofensiva intentando mantener a B en la zona defensiva.

#### Ejercicio 5

**Objetivo:** Realizar golpes ofensivos manteniendo un alto nivel de consistencia.

**Descripción:** Los jugadores A y B juegan puntos alternando el servicio, hasta llegar a la puntuación marcada por el entrenador. El sistema de puntuación será el siguiente:

- Golpe ganador: +3 puntos para el ganador del punto.
- Error no forzado: -1 punto para el perdedor del punto, +1 punto para el ganador.
- Resto de las situaciones: +1 para el ganador del punto.



**Figura 12. Ejercicio 5.**

**Justificación:** El hecho de que los ganadores de los juegos realizaran un mayor número de golpes ganadores y un menor número de errores no forzados, indica que para obtener un buen rendimiento en este tipo de pistas, los jugadores deben buscar golpes ofensivos pero manteniendo un alto nivel de consistencia. Con el sistema de puntuación planteado se premia la consecución de golpes ganadores, pero a la vez se penaliza, en menor medida, el cometer errores. Por tanto, se está incentivando a los jugadores a ser ofensivos con sus golpes, sin tomar un excesivo riesgo.

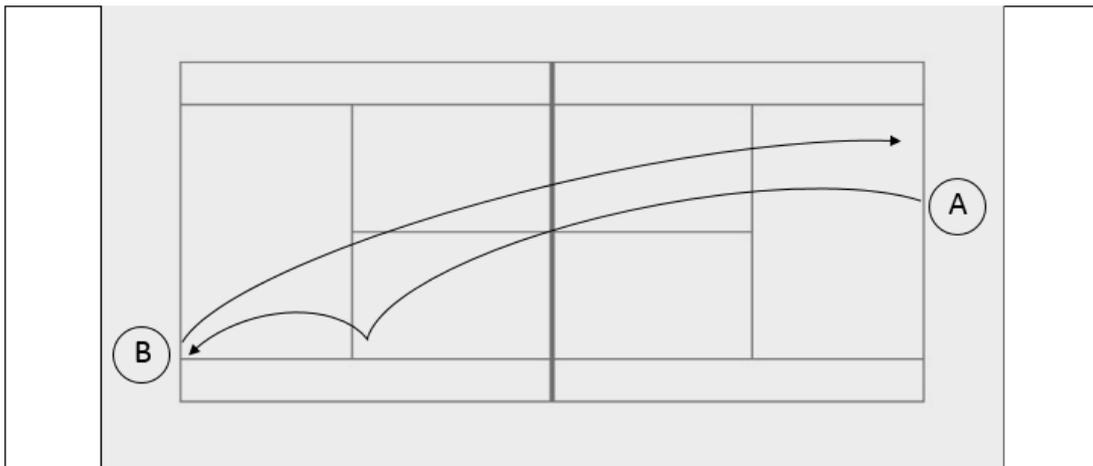
### Ejercicio 6

**Objetivo:** Ser agresivo en la zona ofensiva, sin tomar un excesivo riesgo, y ser consistente en la zona defensiva.

**Descripción:** Este ejercicio es una variante del Ejercicio 5, modificando el sistema de puntuación, en función de la zona en la que se haya realizado el último golpe del punto:

- Golpe ganador en la zona ofensiva: +3 puntos para el ganador del punto.

- Error no forzado en la zona ofensiva: -1 punto para el perdedor del punto, +1 punto para el ganador.
- Error no forzado en la zona defensiva: -2 puntos para el perdedor del punto, +1 para el ganador.
- Resto de las situaciones: +1 para el ganador del punto.



**Figura 13. Ejercicio 6.**

**Justificación:** La base de este ejercicio es que, en la zona ofensiva, los ganadores de los juegos realizaron un mayor número de golpes ganadores y un menor número de errores que los perdedores, siendo por tanto más eficaces, mientras que en la zona defensiva los ganadores de los juegos realizaron un menor número de errores no forzados. Por ello, el sistema de puntuación propuesto premia el que los jugadores realicen golpes ganadores en la zona ofensiva, pero penaliza que se cometan errores, sobre todo en la zona defensiva.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---



## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alderson, J. y McKinnon, G. (1985). A computerised system for analysing squash.

Presented at the BANC/NCF Workshop on Notational Analysis, Sheffield.

Altman, D. G. (1990). *Practical statistics for medical research*. New York: CRC Press.

Anderson, L. M. (2013). A comparison of the movement demands within high level and recreational female tennis. *Journal of Sports Performance Analysis*, 1, 1–16.

Barnett, T., Meyer, D. y Pollard, G. (2008). Applying match statistics to increase serving performance. *Medicine and Science in Tennis*, 13(2), 24–27.

Barris, S. y Button, C. (2008). A review of vision-based motion analysis in sport. *Sports Medicine*, 38(12), 1025–1043.

Bloomfield, J., Polman, R. y O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 63–70.

Brimberg, J., Hurley, W. J. y Lior, D. U. (2004). Allocating energy in a first-to-n match. *IMA Journal of Management Mathematics*, 15(1), 25–37.

Brody, H. (2006). Unforced errors and error reduction in tennis. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 397–400. doi:10.1136/bjsm.2005.023432

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46.

- Comellas, J. y López-Viñaspre, P. (2001). Análisis de los requerimientos metabólicos en tenis. *Educación Física Y Deportes*, 65, 60–63.
- Crespo, M. (2009). Le tennis mondial. Le regard de l'ITF. Quelles perspectives au xxième siècle. In L. Crognier y E. Bayle (Eds.), *Le tennis dans la société de demain* (pp. 19–30). Montpellier: Afraps.
- Crespo, M. (2011). La periodización táctica en el tenis: Introducción. *ITF Coaching and Sport Science Review*, 53(19), 16–18.
- Crespo, M. y Miley, D. (1999). *Manual para entrenadores avanzados*. London: ITF.
- Downey, J. C. (1973). *The Singles Game*. London: E.P. Publications.
- Edgecomb, S. J. y Norton, K. (2006). Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian Football. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9, 25–32.
- Fernandez-Fernandez, J., Sanz-Rivas, D., Sanchez-Muñoz, C., Pluim, B. M., Tiemessen, I. y Mendez-Villanueva, A. (2009). A comparison of the activity profile and physiological demands between advanced and recreational veteran tennis players. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 23(2), 604–610.
- Fernandez, J., Fernandez-Garcia, B., Mendez-Villanueva, A. y Terrados, N. (2005). Activity patterns, lactate profiles and ratings of perceived exertion (RPE) during a professional tennis singles tournament. In *Quality coaching for the future. 14th ITF worldwide coaches workshop*. London: ITF. Retrieved

from

[http://www.researchgate.net/publication/239535033\\_Activity\\_Patterns\\_Lactate\\_Profiles\\_and\\_Ratings\\_of\\_Perceived\\_Exertion\\_\(RPE\)\\_During\\_a\\_Professional\\_Tennis\\_Singles\\_Tournament/file/72e7e52933a0856acb.pdf](http://www.researchgate.net/publication/239535033_Activity_Patterns_Lactate_Profiles_and_Ratings_of_Perceived_Exertion_(RPE)_During_a_Professional_Tennis_Singles_Tournament/file/72e7e52933a0856acb.pdf)

Fernández, J., Méndez-Villanueva, A. y Pluim, B. (2006). Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 387–391. doi:10.1136/bjism.2005.023168

Filipicic, A., Pers, J. y Klevisar, A. (2006). Comparison between young male and female tennis players in terms of time and movement characteristics. In *Proceedings of 4th World Congress of Science and Racket Sports* (pp. 87–90). Madrid.

Filipicic, T., Filipicic, A. y Berendijas, T. (2008). Comparison of game characteristics of male and female tennis players at Roland Garros 2005. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 38(3), 21–28.

Franks, I. M. (1993). The effects of experience on the detection and location of performance differences in a gymnastic technique. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64, 227–231.

Franks, I. M. (1996). Use of feedback by coaches and players. In T. Reilly, J. Bangsbo y M. Hughes (Eds.), *Science and Football III*. London: E. and F. N. Spon.

Franks, I. M., Goodman, D. y Miller, G. (1983). *Analysis of performance: Qualitative or Quantitative*. Ottawa: Sports, March.

- Franks, I. M. y Miller, G. (1991). Training coaches to observe and remember. *Journal of Sports Science*, (9), 285–297.
- Franks, I. M., Sinclair, G. D., Thomson, W. y Goodman, D. (1986). Analysis of the coaching process. *Science Periodical on Research and Technology in Sport January*.
- Fuller, N. y Alderson, G. J. K. (1990). The development of match analysis in game sports. En *Match Analysis in Sport: A state of the art review*. Leeds: National Coaching Foundation.
- Fullerton, H. S. (1912). The inside game: the science of baseball. *The American Magazine*, 70, 2–13.
- Furlong, J. D. . (1995). The service in lawn tennis: how important is it? En T. Reilly, M. Hugues y A. Lees (Eds.), *Science and Racket Sports* (pp. 266–271). London: E. and F. N. Spon.
- Gale, D. (1971). Optimal Strategy for Serving in Tennis. *Mathematics Magazine*, 44(4), 197. doi:10.2307/2689074
- García Ferrando, M. y Llopis, R. (2010). *Encuesta sobre los hábitos deportivos en España*. Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.
- George, S. L. (1973). Optimal Strategy in Tennis: A Simple Probabilistic Model. *Applied Statistics*, 22(1), 97. doi:10.2307/2346309
- Gillet, E., Leroy, D., Thouvarecq, R. y Stein, J.-F. (2009). A Notational Analysis of Elite Tennis Serve and Serve-Return Strategies. *Journal of Strength and*

*Conditioning Research*, 23(2), 532–539.

doi:10.1519/JSC.0b013e31818efe29

Gillman, L. (1985). Missing more serves may win more points. *Mathematics Magazine*, 58(4), 222–224.

Girard, O. y Millet, G. P. (2004). Effects of the ground surface on the physiological and technical responses in young tennis players. En A. Lees, J.F. Khan y I. Mainard (Eds.), *Science and Racket Sports III* (pp. 43–48). London: E. and F. N. Spon.

Grosser, J., Starischka, S. y Zimmermann, S. (1988). *Principios del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Martínez Roca, S.A.

Hannan, E. L. (1976). An analysis of different serving strategies in tennis. En S. P. Ladany, R. E. Machol y D. G. Morrison (Eds.), *Management Science in Sports* (pp. 139–141). Amsterdam: North–Holland Publishing Company.

Hernández, F. J. M., Romero, F. Á., Vaíllo, R. R. y del Campo, V. L. (2006). Análisis del comportamiento visual de entrenadores de tenis en situaciones de pista y videoproyección. RICYDE. Revista Internacional de Ciencias Del Deporte. Doi: 10.5232/ricyde, 2(5), 29–41.

Hizan, H., Whipp, P. y Reid, M. (2011). Comparison of serve and serve return statistics of high performance male and female tennis players from different age-groups. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 11(2), 365–375.

- Hornery, D. J., Farrow, D., Mujika, I. y Young, W. (2007). An integrated physiological and performance profile of professional tennis. *British Journal of Sports Medicine*, 41(8), 531–536. doi:10.1136/bjism.2006.031351
- Hughes, M. (1985). A comparison of patterns of play of squash. *International Ergonomics*, 85, 139–141.
- Hughes, M. (1995). Computerised notation of racket sports. En T. Reilly, M. Hugues y A. Lees (Eds.), *Science and Racket Sports* (pp. 249–256). London: E. and F. N. Spon.
- Hughes, M. y Bartlett, R. (2007). What is performance analysis? En M. Hugues (Ed.), *Basics of Performance Analysis*. Cardiff: Centre for Performance Analysis, UWIC.
- Hughes, M. y Clarke, S. (1995). Surface effect on elite tennis strategy. In T. Reilly, M. Hughes y A. Lees (Eds.), *Science and Racket Sports* (pp. 272–278). London: E. and F. N. Spon.
- Hughes, M., Evans, S. y Wells, J. (2001). Establishing normative profiles in performance analysis. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 1(1), 1–26.
- Hughes, M. y Feery, M. (1986). Notational Analysis of Basketball. Presented at the BASS Conference, Birmingham.
- Hughes, M. y Franks, I. M. (1997). *Notational analysis of sport*. London: E. and F. N. Spon.

- Hughes, M. y Franks, I. M. (2007). The need for objective feedback. En M. Hughes (Ed.), *Basics of Performance Analysis* (pp. 6–11). Cardiff: Centre for Performance Analysis, UWIC.
- Hughes, M., Franks, I. M. y Nagelkerke, P. (1989). A video system for the quantitative motion analysis of athletes in competitive sport. *Journal of Human Movement Studies*, 17, 212–227.
- Hughes, M., Hughes, M. T. y Behan, H. (2007). The evolution of computerised notational analysis through the example of racket sports. *International Journal of Sports Science and Engineering*, 1(1), 3–28.
- Hughes, M. y Meyers, R. (2005). Movement patterns in elite men's singles tennis. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 5(2), 110–134.
- Hughes, M. y Moore, P. (1998). Movement analysis of elite level male “serve and volley” tennis players. En A. Lees, I. Maynard, M. Hughes y T. Reilly (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 254–259). London: E. and F. N. Spon.
- Hughes, M. D. (1994). A time-based model of the activity cycles in squash, with different scoring systems, and tennis, on different surfaces. *Journal of Sports Science*, 13, 85.
- Hughes, M. D. y Bartlett, R. M. (2002). The use of performance indicators in performance analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 739–754.  
doi:10.1080/026404102320675602
- Hughes, M. D. y McGarry, T. (1989). Computerised notational analysis of squash. Presented at the Science in Squash Conference, Liverpool.

- James, N., Jones, N. M. . y Hollely, C. (2002). Reliability of selected performance analysis systems in football and rugby. En *Proceedings of the 4th International Conference on Methods and Techniques in Behavioural Research* (pp. 116–118). Amsterdam, The Netherlands.
- James, N., Taylor, J. y Stanley, S. (2007). Reliability procedures for categorical data in performance analysis. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(1), 1–11.
- Johnson, C. D. (2006). Performance demands of professional male tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(8), 696–699. doi:10.1136/bjism.2005.021253
- Katic, R., Milat, S., Zagorac, N. y Djurović, N. (2011). Impact of Game Elements on Tennis Match Outcome in Wimbledon and Roland Garros 2009. *Collegium Antropologicum*, 35(2), 341–346.
- Laban, R. (1975). *Laban's principles of Dance and Music Notation*. London: McDonald y Evans Ltd.
- Laird, P. y Waters, L. (2008). Eye-witness recollection of sports coaches. *International Journal of Performance Analysis of Sport*, 8(1), 76–84.
- Loffing, F., Hagemann, N. y Strauss, B. (2009). The serve in professional men's tennis: Effects of players' handedness. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(2), 255–274.

- Martínez-Gallego, R. (2012). *Distancia recorrida, posición en la pista, tipo de golpe y resultado en tenis (Estudio Open 500 Valencia)*. Trabajo fin de máster. Universidad de Valencia, Valencia.
- Martínez-Gallego, R., Guzmán, J. F., James, N., Pers, J., Ramón-Llin, J. y Vuckovic, G. (2013). Movement Characteristics of Elite Tennis Players on Hard Courts with Respect to the Direction of Ground Strokes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 12, 275–281.
- Martínez-Gallego, R., Guzmán, J. F., James, N., Ramón-Llin, J., Crespo, M. y Vuckovic, G. (2013). The relationship between the incidence of winners/errors and the time spent in different areas of the court in elite tennis. *Journal of Human Sport and Exercise*, 8(3), 601–607. doi:10.4100/jhse.2013.8.Proc3.05
- Martínez-Gallego, R., Guzmán, J. F., James, N., Ramón-Llin, J., Crespo, M. y Vuckovic, G. (2013). The relationships between the incidence of winners/errors and the time spent in different areas of the court in elite tennis (pp. 24–25). Presented at the Performance Analysis Workshop, Alicante.
- Martínez-Gallego, R., Ramón-Llin, J., Guzmán, J. F., Vuckovic, G. y James, N. (2012). Analysis of distance covered and speed of movement in a Valencia Open 500 elite tennis match. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 12(3), 814.

- Mendez-Villanueva, A., Fernandez-Fernandez, J., Bishop, D., Fernandez-Garcia, B., Terrados, N. y Ferrauti, A. (2007). Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived exertion during a professional singles tennis tournament. *British Journal of Sports Medicine*, 41(5), 296–300. doi:10.1136/bjism.2006.030536
- Messersmith, L. L. y Corey, S. M. (1931). Distance traversed by a basketball player. *Research Quarterly*, 2(2), 57–60.
- Muñoz, J. (2013). *Análisis de los indicadores del rendimiento competitivo en goalball*. Universidad de Extremadura, Cáceres.
- Murray, S., Hughes, M. T., White, C. y Locke, D. (2007). Analysis of performance. En M. Hughes (Ed.), *Basics of Performance Analysis* (pp. 21–31). Cardiff: Centre for Performance Analysis, UWIC.
- Murray, S., Maylor, D. y Hughes, M. (1998). The effect of computerised analysis as feedback on performance of elite squash players. En A. Lees, M. Maynard, M. Hugues y T. Reilly (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 235–240). London: E. and F. N. Spon.
- Norman, J. M. (1985). Dynamic programming in tennis-when to use a fast serve. *The Journal of the Operational Research Society*, 36(1), 75–77.
- O'Donoghue, P. (2002). Performance models of ladies' and men's singles tennis at the Australian Open. *International Journal of Performance Analysis of Sport*, 2(1), 73–94.

- O'Donoghue, P. (2008). Time-motion analysis. En M. Hughes y I. M. Franks (Eds.), *Essentials of Performance Analysis: An introduction* (pp. 180–205). London: Routledge.
- O'Donoghue, P. (2010). *Research methods for sports performance analysis*. London: Routledge.
- O'Donoghue, P. (2012). Break points in Grand Slam men's singles tennis. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 12(1), 156–165.
- O'Donoghue, P. y Ingram, B. (2010). A notational analysis of elite tennis strategy. *Journal of Sports Sciences*, 19(2), 107–115.
- O'Donoghue, P. y Liddle, D. (1998a). A match analysis of elite tennis strategy for ladies' singles on clay and grass surfaces. En A. Lees, I. Maynard, M. Hughes y T. Reilly (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 247–253). London: E. and F. N. Spon.
- O'Donoghue, P. y Liddle, D. (1998b). A notational analysis of time factors of elite men's and ladies' singles tennis on clay and grass surfaces. En A. Lees, I. Maynard, M. Hughes y T. Reilly (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 241–246). London: E. and F. N. Spon.
- Pereira, P., Wells, J. y Hughes, M. (2001). Notational analysis of elite women's movement patterns in squash. En *Notational Analysis of Sport V*, (pp. 223–236). Cardiff: CPA, University of Wales Institute.
- Preston-Dunlop, V. (1967a). *Readers in Kinetography Laban. Motif writing For Dance: Effort Graphs. Series B, Book 4*. London: McDonald y Evans Ltd.

- Preston-Dunlop, V. (1967b). *Readers in Kinetography Laban. Motif writing For Dance: Introducing the Symbols. Series B, Book 1*. London: McDonald y Evans Ltd.
- Preston-Dunlop, V. (1967c). *Readers in Kinetography Laban. Motif writing For Dance: More about the Symbols. Series B, Book 2*. London: McDonald y Evans Ltd.
- Preston-Dunlop, V. (1967d). *Readers in Kinetography Laban. Motif writing For Dance: Moving with a partner. Series B, Book 3*. London: McDonald y Evans Ltd.
- Ramón-Llin, J. (2013). *Análisis de la distancia recorrida y velocidad de desplazamiento en pádel*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia, Valencia.
- Reid, M., Duffield, R., Dawson, B., Baker, J., & Crespo, M. (2007). Quantification of the physiological and performance characteristics of on-court tennis drills. *British Journal of Sports Medicine*, 42(2), 146–151.
- Reilly, T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of Sports Sciences*, 15, 257–263.
- Reilly, T. y Thomas, V. (1976). A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies*, 2, 87–97.
- Richers, T. A. (1995). Time–motion analysis of the energy systems in elite and competitive singles tennis. *Journal of Human Movement Studies*, 28, 73–86.

- Roetert, P., Reid, M. y Crespo, M. (2005). Introducción a la periodización en el tenis actual. *ITF Coaching and Sport Science Review*, 36(13), 2–3.
- Sánchez-Alcaraz, B. J. (2013). Historia y evolución del tenis. *Materiales Para La Historia Del Deporte*, 11, 52–56.
- Sanderson, F. H. (1983). A notation system for analysing squash. *Physical Education Review*, 6, 19–23.
- Sanderson, F. H. y Way, K. I. (1979). The development of of objective methods of game analysis in squash rackets. *British Journal of Sports Medicine*, 11(4), 188.
- Sanz-Rivas, D. y Terroba, A. (2012). Aplicación de las nuevas tecnologías al análisis de la táctica en el tenis. *ITF Coaching and Sport Science Review*, 56(20), 23–25.
- Sharp, R. (1986). Presentation: Notation Workshop. Presented at the VIII Commonwealth and International Conference on Sport, Physical Education, Dance, Recreation and Health, Glasgow.
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P., Baron, R., Bachl, N. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 999–1005.
- Suda, K., Michikami, S., Sato, Y. y Umebayashi, K. (2003). Automatic measurement of running distance during tennis matches using computer-based trace analysis. En M. Crespo, M. Reid y D. Miley (Eds.), *Applied Sport Science for High Performance Tennis* (p. 151). London: ITF.

- Takahashi, H., Wada, T., Maeda, A., Kodama, M. y Nishizono, H. (2009). An analysis of time factors in elite male tennis players using the computerised scorebook for tennis. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 9(3), 314–319.
- Takahashi, H., Wada, T., Maeda, A., Kodama, M., Nishizono, H. y Kurata, H. (2006). The relationship between court surface and tactics in tennis using a computerized scorebook. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(2), 15–25.
- Taylor, M. y Hughes, M. (1998). A comparison of patterns of play between the top under 18 junior tennis players in Britain and in the rest of the world. En A. Lees, M. Maynard, M. Hugues y T. Reilly (Eds.), *Science and Racket Sports II* (pp. 260–265). London: E. and F. N. Spon.
- Taylor, S. y Hugues, M. D. (1988). Computerised notational analysis: a voice interactive system. *Journal of Sports Science*, 6, 255.
- Torres-Luque, G., Sánchez-Pay, A., Fernández-García, A. I. y Palao, J. M. (2014). Características de la estructura temporal en tenis. Una revisión. *Journal of Sport and Health Research*, 6(2), 117–128.
- Treadwell, P. J. (1988). Computer aided match analysis of selected ball-games (soccer and rugby union). En T. Reilly, A. Lees, K. Davis y W. Murphy (Eds.), *Science and Football* (pp. 282–287). London: E. and F. N. Spon.
- United States Tennis Association. (2004). *Tácticas del tenis. Jugadas ganadoras*. Madrid: Tutor.

- Vuckovic, G., Dezman, B., Erculj, F., Kovacic, S. y Pers, J. (2002). Computer tracking of players at squash matches. *Akta Kinesiologica*, 7, 216–220.
- Vuckovic, G. y James, N. (2010). The distance covered by winning and losing players in elite squash matches. *Kineziolosia Slovenica*, 16(1-2), 44–50.
- Vuckovic, G., Pers, J., James, N. y Hughes, M. (2008). Automated tracking system assessments of player distances from the T at the moment the ball is hit for winners and losers of games in elite squash. En A. Hökelmann y M. Brummund (Eds.), *Book of proceedings of the World Congress of Performance Analysis of Sport VIII* (pp. 161–164). Magdeburg: Otto-von-Guericke Universität.
- Vuckovic, G., Pers, J., James, N. y Hughes, M. (2009). Tactical use of the T area in squash by players of differing standard. *Journal of Sports Sciences*, 27(8), 863–871. doi:10.1080/02640410902926412
- Vuckovic, G., Pers, J., James, N. y Hughes, M. (2010). Measurement error associated with the SAGIT/Squash computer tracking software. *European Journal of Sport Science*, 10(2), 129–140.
- Walker, M. y Wooders, J. (2001). Minimax play at Wimbledon. *American Economic Review*, 91(5), 1521–1538.



# ANEXOS

---



## 11. ANEXOS

### ANEXO 1: Consulta a base de datos para análisis de movimiento

```
SELECT t1.frames AS frames, t1.seconds AS seconds, (t2.frames-t1.frames)/25
AS RallyLength, (t2.Winner_Path-t1.Winner_Path) AS Winner_Distance,
(t2.Winner_Path-t1.Winner_Path)/((t2.frames-t1.frames)/25) AS
WinnerAVGVelocity, (t2.Loser_Path-t1.Loser_Path) AS Loser_Distance,
(t2.Loser_Path-t1.Loser_Path)/((t2.frames-t1.frames)/25) AS LoserAVGVelocity,
(t2.Def_WinnerTime-t1.Def_WinnerTime)/25 AS Time_defWinner,
(t2.Def_WinnerPath-t1.Def_WinnerPath) AS Def_Winner, (t2.Of_WinnerPath-
t1.Of_WinnerPath) AS Of_Winner, (t2.Def_LoserTime-t1.Def_LoserTime)/25 AS
Time_defLoser, (t2.Def_LoserPath-t1.Def_LoserPath) AS Def_Loser,
(t2.Of_LoserPath-t1.Of_LoserPath) AS Of_Loser, t2.Def_WinnerTime AS
TimeWinnerDef, t2.Def_WinnerPath AS DistWinnerDef, t2.Of_WinnerPath AS
DistWinnerOf, t2.Def_LoserTime AS TimeLoserDef, t2.Def_LoserPath AS
DistLoserDef, t2.Of_LoserPath AS DistLoserOf, t2.frames AS frame_final

FROM match33_1_problem3_cleaned AS t1 INNER JOIN
match33_1_problem3_cleaned AS t2 ON t1.ID+1=t2.ID

WHERE (t1.Team_state='A');
```

## ANEXO 2: Consultas a base de datos para análisis técnico-táctico

### *Winners del ganador en zona ofensiva*

```
SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Winner_Shot<>' ') And (t2.Winner_Shot<>'SRV') And
(t1.Loser_Shot<>'SRV') And (t2.Winner_Outcome='W') AND
(t2.Winner_position>8.4) And (t2.Winner_position<35.4)
GROUP BY t2.Game;
```

### *Winners del ganador en zona defensiva*

```
SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Winner_Shot<>' ') And (t2.Winner_Shot<>'SRV') And
(t1.Loser_Shot<>'SRV') And (t2.Winner_Outcome='W') And
((t2.Winner_position<8.4) Or (t2.Winner_position>35.4))
GROUP BY t2.Game;
```

### *Winners del perdedor en zona ofensiva*

```
SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Loser_Shot<>' ') And (t2.Loser_Shot<>'SRV') And
(t1.Winner_Shot<>'SRV') And (t2.Loser_Outcome='W') And
(t2.Loser_position>8.4) And (t2.Loser_position<35.4)
GROUP BY t2.Game;
```

### *Winners del perdedor en zona defensiva*

```
SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
```

```

FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Loser_Shot<>' ') And (t2.Loser_Shot<>'SRV') And
(t1.Winner_Shot<>'SRV') And (t2.Loser_Outcome='W') And
((t2.Loser_position<8.4) Or (t2.Loser_position>35.4))
GROUP BY t2.Game;

```

*Errores no forzados del ganador en zona ofensiva*

```

SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Winner_Shot<>' ') And (t2.Winner_Shot<>'SRV') And
(t1.Loser_Shot<>'SRV') And (t2.Winner_Outcome='UE') And
(t2.Winner_position>8.4) And (t2.Winner_position<35.4)
GROUP BY t2.Game;

```

*Errores no forzados del ganador en zona defensiva*

```

SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Winner_Shot<>' ') And (t2.Winner_Shot<>'SRV') And
(t1.Loser_Shot<>'SRV') And (t2.Winner_Outcome='UE') And
((t2.Winner_position<8.4) Or (t2.Winner_position>35.4))
GROUP BY t2.Game;

```

*Errores no forzados del perdedor en zona ofensiva*

```

SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Loser_Shot<>' ') And (t2.Loser_Shot<>'SRV') And
(t1.Winner_Shot<>'SRV') And (t2.Loser_Outcome='UE') And
(t2.Loser_position>8.4) And (t2.Loser_position<35.4)
GROUP BY t2.Game;

```

*Errores no forzados del perdedor en zona defensiva*

```
SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Loser_Shot<>' ') And (t2.Loser_Shot<>'SRV') And
(t1.Winner_Shot<>'SRV') And (t2.Loser_Outcome='UE') And
((t2.Loser_position<8.4) Or (t2.Loser_position>35.4))
GROUP BY t2.Game;
```

*Errores forzados del ganador en zona ofensiva*

```
SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Winner_Shot<>' ') And (t2.Winner_Shot<>'SRV') And
(t1.Loser_Shot<>'SRV') And (t2.Winner_Outcome='FE') And
(t1.Loser_position>8.4) And (t1.Loser_position<35.4)
GROUP BY t2.Game;
```

*Errores forzados del ganador en zona defensiva*

```
SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Winner_Shot<>' ') And (t2.Winner_Shot<>'SRV') And
(t1.Loser_Shot<>'SRV') And (t2.Winner_Outcome='FE') And
((t1.Loser_position<8.4) Or (t1.Loser_position>35.4))
GROUP BY t2.Game;
```

*Errores forzados del perdedor en zona ofensiva*

```
SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Loser_Shot<>' ') And (t2.Loser_Shot<>'SRV') And
(t1.Winner_Shot<>'SRV') And (t2.Loser_Outcome='FE') And
(t1.Winner_position>8.4) And (t1.Winner_position<35.4)
GROUP BY t2.Game;
```

*Errores forzados del perdedor en zona defensiva*

```
SELECT t2.Game AS GameNumber, Count(*) AS NumShots
FROM Golpes_cleaned AS t1 INNER JOIN Golpes_cleaned AS t2 ON t1.Id+1=t2.Id
WHERE (t2.Loser_Shot<>' ') And (t2.Loser_Shot<>'SRV') And
(t1.Winner_Shot<>'SRV') And (t2.Loser_Outcome='FE') And
((t1.Winner_position<8.4) Or (t1.Winner_position>35.4))
GROUP BY t2.Game;
```