



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Ergonomía de las raquetas de tenis: relación de características de los tenistas con propiedades de las raquetas en la precisión del saque.

Autor/es

Paula Cervera Sanz

Director/es

Ricardo Ros Mar

Facultad de ciencias de la salud y el deporte/ Ciencias de la actividad física y el deporte

2014/2015

# ÍNDICE

---

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1. ERGONOMÍA.....	2
1.2. TENIS .....	3
1.3. COMPONENTES DEL TENIS .....	5
1.3.1. <i>Implemento (Raqueta)</i> .....	5
1.3.2. <i>Campo</i> .....	11
1.3.3. <i>Jugador</i> .....	14
1.3.4. <i>Pelota</i> .....	15
1.4. ESTADO ACTUAL .....	16
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
<b>3. MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>21</b>
MATERIAL.....	21
MÉTODO .....	22
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>26</b>
<b>5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....</b>	<b>37</b>
<b>8. PERSPECTIVAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES.....</b>	<b>38</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>39</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>44</b>
ANEXO 1.....	44
ANEXO 2: CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPANTES DE INVESTIGACIÓN .....	45
ANEXO 3.....	46

### AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecerle a mi tutor del trabajo de fin de grado, Ricardo Ros, el apoyo y la orientación en la realización del presente trabajo, sin la cual esto no hubiera sido posible.

También me gustaría agradecer a David López, entrenador de tenis en la hípica, la ayuda que me ha ofrecido, tanto en aspectos técnicos del tenis, como por su disposición a ayudarme en la realización del trabajo de campo, poniéndome en disposición de los tenistas necesarios.

Por otra parte, quiero dar las gracias al grupo de tenistas participantes, por su buena disposición y amabilidad.

Y por último, y no por ello menos importante, no puedo dejar de agradecer a mi familia todo el apoyo, no solo en la realización de este trabajo, sino toda la ayuda emocional y económica a lo largo de mi vida y de mi carrera universitaria, que ha hecho posible que llegue a donde estoy. En este punto no puedo dejar de lado a todos mis amigos, en especial a Raquel, Noelia, Beatriz, Pili y Andrea, que me han soportado y aguantado como las mejores. Para finalizar también quiero darle las gracias a Guillermo Rojo, por su ayuda en el trabajo y por su gran apoyo.

### 1. INTRODUCCIÓN

Para comenzar la explicación del presente trabajo me centraré en el motivo de realización del mismo. Como estudiante de cuarto curso del grado universitario Ciencias de la actividad física y el deporte (CCAFD) tenía que realizar un trabajo de fin de grado (TFG). En el momento de pensar qué tipo de estudio realizar y de qué materia, se abrió un gran abanico de posibilidades, por ello resultó un poco complicado seleccionar sólo una opción. Tras mucho reflexionar me decidí por hacerlo de algo del ámbito de la salud-rendimiento, ya que me interesa más esta rama que la de la docencia. Una vez decidido esto, tuve que seguir pensando para concretar el tema. Para esto me ayudó mi tutor del TFG, Ricardo Ros, el cual me descubrió un campo que, la verdad, no hemos tocado mucho en la carrera, pero que me resultó de gran interés. Este campo es el de la ergonomía deportiva. Cuando tuve claro que lo quería hacer de este tema, faltaba por decidir con qué deporte íbamos a desarrollar el trabajo. Se nos ocurrieron múltiples opciones: running, natación etc., pero finalmente decidimos tenis, ya que la accesibilidad a los materiales (raquetas) es más fácil y menos costoso.

Una vez dicho esto, voy a entrar en más detalle en la explicación del estudio haciendo un acercamiento a los conceptos necesarios para el desarrollo y entendimiento del trabajo. De este modo, detallaré que es la ergonomía, que es el tenis y cómo ha evolucionado, y cuáles son los elementos más importantes que intervienen en este deporte de raqueta, así como, una revisión bibliográfica relacionada con la ergonomía y el tenis.

#### 1.1. Ergonomía

Como ya he dicho antes el trabajo es sobre ergonomía y por lo tanto es importante conocer su significado. Según la Asociación Española de Ergonomía<sup>1</sup>, la ergonomía es el conjunto de conocimientos de carácter multidisciplinar aplicados para la adecuación de los productos, sistemas y entornos artificiales a las necesidades, limitaciones y características de sus usuarios, optimizando la eficacia, seguridad y bienestar.

Dado que el deporte es una actividad en la que hay unos sujetos (deportistas), con sus características propias, que se desenvuelven en un entorno empleando ciertos materiales, la ergonomía es una ciencia que se puede aplicar en el ámbito deportivo con el fin de mejorar el rendimiento deportivo y evitando posibles lesiones. De manera que podemos concluir que la ergonomía deportiva son “el conjunto de estudios encaminados a aumentar el rendimiento y la salud del deportista a través de diversos métodos”.<sup>2</sup>

En esta línea, hay distintos tipos de ergonomía deportiva<sup>2</sup> que son los siguientes:

- **Ayudas materiales:** diseño de material deportivo adaptado individualmente al deportista.
- **Ayudas fisiológicas:** hidroterapia, termoterapia, hipoxia, entrenamiento en altura para aumentar la síntesis de glóbulos rojos, etc.
- **Ayudas psicológicas:** consejos de motivación, hipnosis, visualización, terapias...
- **Ayudas farmacológicas:** son las que más se revisan cada año, y destacan la cafeína, los suplementos en los entrenamientos, regulación de niveles nutricionales, etc.

Dicho esto y habiéndonos acercado al ámbito de la ergonomía, a continuación voy a proceder al análisis del tenis, así como de los elementos que intervienen en el desarrollo del mismo: el jugador, la pelota, la cancha y la raqueta.

### 1.2. Tenis

Para empezar a hablar de este deporte considero interesante hacer un breve acercamiento a su historia. En esta línea, me parece interesante el artículo de Martínez<sup>3</sup>, según el cual, los primeros juegos de pelota semejantes al tenis aparecieron en la Antigua Grecia y el Impero Romano, y alcanzaron su máximo auge en la Edad Media, a través del denominado “Jeu de la paume”, en Francia e Inglaterra, antes de que se produjera su declive en el siglo XVIII. Finalmente, la aparición del tenis moderno o “lawn tennis” a finales del siglo XIX y su expansión por Europa, América y Australia, produjo la creación de clubes, torneos y asociaciones destinadas a la difusión y práctica de este deporte, llegando finalmente al siglo XX, momento en el cual se establecieron los eventos más importantes como los torneos de Grand Slam y la Copa Davis.

Una vez contextualizado el desarrollo del deporte, voy a proceder al análisis del tenis como deporte.

Siguiendo las aportaciones de Parlebas<sup>4</sup>, y como podemos ver en la figura 1, el tenis es un deporte sociomotriz, es decir, hay una comunicación motriz. Ésta varía en las distintas modalidades, ya que hay que tener en cuenta que en el caso del tenis individual únicamente existe contra-comunicación motriz (comunicación con el adversario), y en el caso del tenis en pareja existe también una comunicación motriz (comunicación con el compañero).

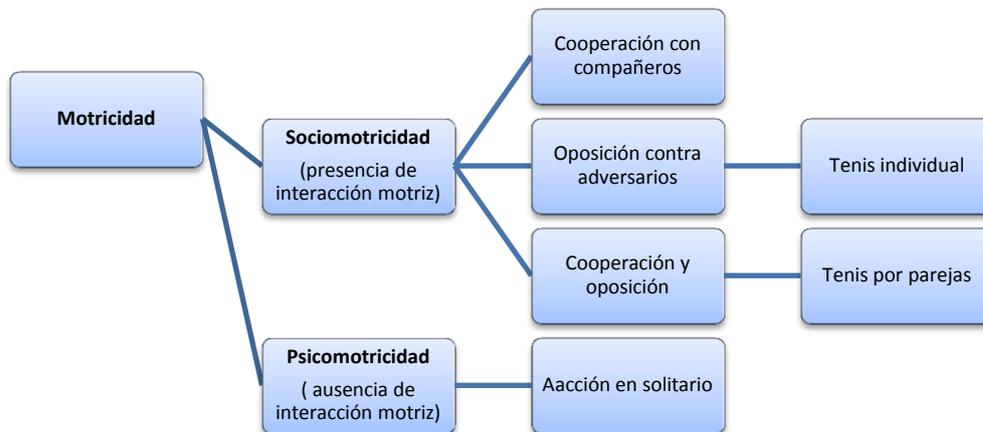


FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS DEPORTES PARLEBAS; EN HERNÁNDEZ MORENO<sup>5</sup>).

Para concretar con mayor detalle las características del tenis haré referencia a la aportación de Hernández y Blázquez<sup>6</sup>, que tomando como base la clasificación expuesta por Parlebás<sup>4</sup>, clasifican los deportes de oposición en base a dos elementos: el espacio y el tipo de participación. Esta clasificación la podemos ver en la figura 2, donde observamos que el tenis es una modalidad deportiva con espacio separado y participación alternativa.

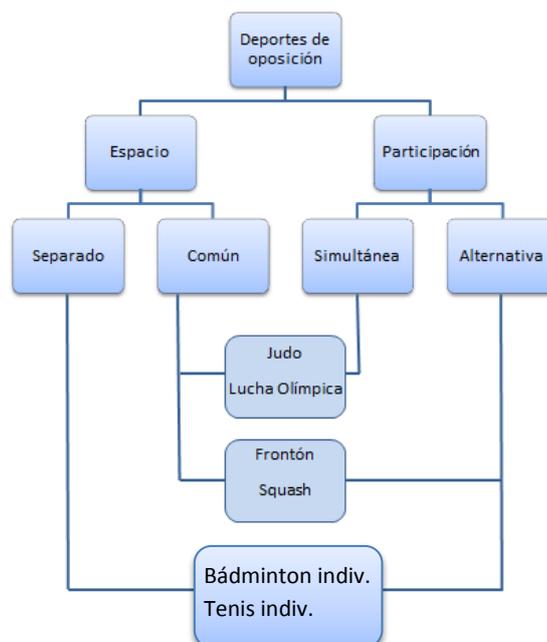


FIGURA 2. CLASIFICACIÓN DE LOS DEPORTES DE OPOSICIÓN. HERNÁNDEZ Y BLÁZQUEZ<sup>6</sup>.

Por otro lado, los factores de rendimiento del tenis son los técnicos, los tácticos, los físicos, los fisiológicos, los psicológicos, los antropométricos, los coordinativos, y los relacionados con los materiales. De todos estos, la técnica es el más importante y el más estudiado, debido a que determina la eficacia del juego.<sup>7</sup>

“La técnica se basa en un patrón motor de golpeo con implemento, en el que se produce la colisión de dos objetos en movimiento (raqueta y pelota) con diferentes características morfológicas y mecánicas entre dos o cuatro jugadores, intentando emplazar la pelota en

un lugar donde se dificulte su devolución y con adaptaciones relacionadas con la cantidad de fuerza, velocidad y sentido del giro de la pelota, y trayectoria a las diversas situaciones del juego”<sup>7</sup>. Estas situaciones de juego son: saque, remate, golpeo a una mano (derecha y revés), y golpeo a dos manos (derecha y revés)<sup>8</sup>. Son acciones realizadas con una elevada velocidad y en un pequeño espacio de tiempo<sup>9</sup>, los cuales precisan de un componente de precisión debido a las limitaciones impuestas por las medidas de la pista<sup>10</sup>. Todo esto nos lleva a considerar al tenis como movimiento deportivo<sup>11</sup>.

Una vez hecha una aproximación a las características básicas del tenis, voy a proceder, como ya he mencionado previamente, al análisis de los elementos que participan en este deporte.

### 1.3. Componentes del tenis

#### 1.3.1. Implemento (Raqueta)

La raqueta es el arma del tenista<sup>7</sup>. Con el paso del tiempo, los avances tecnológicos, el surgimiento de nuevos materiales y las mejoras en fabricación, han permitido una evolución de las raquetas, convirtiéndolas, en un implemento cada vez más tecnológico<sup>12</sup>. Los principales avances de las raquetas en relación con las raquetas más antiguas (madera, acero o aluminio) son: ligereza, mayor resistencia a la deformación<sup>12</sup>, menor rigidez<sup>13</sup>, mayor superficie de golpeo<sup>14</sup>, consecución de una mayor velocidad de salida de la pelota<sup>15</sup>, y mayor control sobre su movimiento<sup>16</sup>. Estos cambios han hecho posible una evolución en la mecánica de golpeo, en el rendimiento, y en las estadísticas del juego<sup>17</sup>.

Dicho esto, la Federación internacional de tenis (ITF)<sup>18</sup> establece un reglamento en base a las características y dimensiones de las raquetas en los siguientes cuatro apartados:

1. La raqueta consistirá en un marco y cuerdas. El marco consistirá en un mango y una cabeza, y puede que también tenga una garganta. La cabeza se define como la parte de la raqueta donde se conecta el encordado. El mango se define como la parte de la raqueta conectada a la cabeza que el jugador agarra para jugar. La garganta, cuando la haya, es la parte de la raqueta que une el mango con la cabeza.
2. La superficie de golpeo, que se define como el área principal del encordado rodeada por los puntos de entrada de las cuerdas a la cabeza será plana y consistirá en un encordado de cuerdas cruzadas, que serán entrelazadas o adheridas alternativamente donde se cruzan. El cordaje será generalmente uniforme y en particular, tendrá la

misma densidad en el centro que en cualquier otra área. La raqueta será diseñada y encordada de tal forma que las características de juego sean idénticas en ambas caras.

3. El marco de la raqueta no excederá de 73.7 cm de longitud total y de 31.7 cm de anchura total. La superficie de golpeo o encordado no excederá de 39.4 cm de longitud total cuando se mida paralelamente al eje longitudinal del mango, y de 29.2 cm de ancho total, cuando se mida perpendicularmente al eje longitudinal del mango.
4. La raqueta estará libre de cualquier objeto adherido, protuberancia o dispositivo que haga posible cambiar materialmente la forma de la raqueta, o que pudiese alterar el momento de inercia en torno a un eje principal, o cambiar cualquier propiedad física que pueda afectar el funcionamiento de la raqueta durante el juego de un punto. Se permite utilizar objetos adheridos, protuberancias o dispositivos que se consideren Tecnología de Análisis del Jugador, o que se utilicen para limitar o prevenir deterioros y desgarros o vibración, o en el caso del marco, para distribuir el peso. Todos los objetos, protuberancias y dispositivos permitidos para tales propósitos deben ser razonables en tamaño y ubicación. No se construirá o pegará a la raqueta ninguna fuente de energía que pueda cambiar o afectar sus características de juego.

Como podemos ver, cumpliendo las medidas y características complementarias, pueden fabricarse gran variedad de raquetas, con características muy diferenciadas que van a otorgar al implemento unas propiedades u otras. A continuación voy a analizar cada una de las partes de la raqueta y las diferentes dimensiones y propiedades de cada una de ellas.

En la figura 3 podemos ver la clasificación de las partes de la raqueta de Crespo<sup>19</sup>. Según este autor hay varios factores relacionados con la raqueta que pueden afectar a la calidad del juego, que son los siguientes:

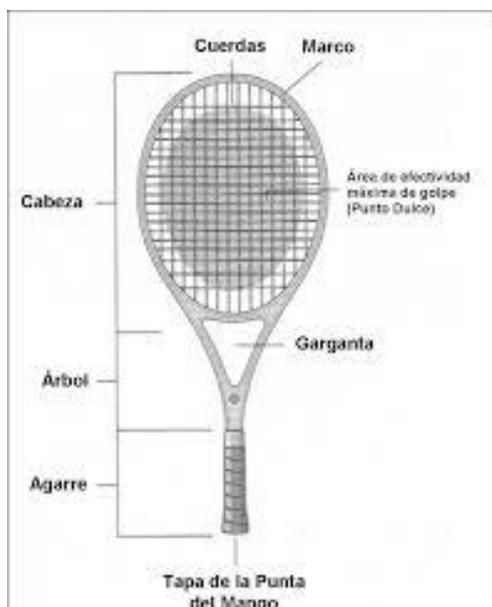


FIGURA 3. PARTES DE LA RAQUETA. CRESPO<sup>19</sup>.

### - El tamaño de la cabeza

El tamaño de la cabeza es un factor importante ya que un mayor tamaño proporcionará más potencia y un punto dulce más amplio, mientras que una cabeza de menor tamaño proporciona mayor control.

Para entender mejor el párrafo anterior, es importante entender el concepto de punto dulce, que es el área de la raqueta, con el que al golpear

la pelota hay una reducción de la amplitud de la vibración<sup>20</sup>, de modo que el golpeo sale a mayor velocidad, ya que la raqueta absorbe menos energía de la pelota<sup>15</sup>, lo que lleva a una reducción del riesgo de lesiones<sup>21</sup>.

El emplazamiento en el que se encuentra el punto dulce está determinado por varios factores entre los que se incluyen el peso, el equilibrio, la longitud, el tamaño de la cabeza y la tensión del cordaje de la raqueta<sup>22</sup>.

No existe una clasificación oficial de las raquetas en función del tamaño de su cabeza, de modo que voy a emplear la más común a todas las fuentes<sup>22</sup>, que es la que aparece en la siguiente tabla:

Tamaño de la cabeza	Centímetros cuadrados
Midsize	548-593
Midplus	594-677
Oversize(OS)	678-741
Super OS	Más de 742

**TABLA 1: CLASIFICACIÓN RAQUETAS SEGÚN EL TAMAÑO DE LA CABEZA<sup>22</sup>.**

- Grosor del marco

El marco no incrementa el tamaño pero si la “profundidad” de la raqueta. Las raquetas de marcos más gruesos pueden ayudar a aumentar la potencia de los golpes, pero reducen el control.

- La garganta

Hoy en día se emplean las raquetas con gargantas de diseño abierto, eliminando las gargantas de diseño cerrado. Esto es debido a que el diseño abierto estabiliza mejor la cabeza y agranda la superficie del punto dulce. Otro elemento importante de la garganta es la rigidez relativa del asta (el punto donde convergen los dos lados curvos de la garganta y luego se extiende hasta el agarre), ya que afecta a las propiedades de juego de la raqueta. De manera que cuanto más rígida sea, el control incrementará.

- El agarre o puño

El agarre (grip) del mango es la parte que se encuentra al final del asta de la garganta. Según Armiñana<sup>23</sup>, el grosor del agarre es en función la mano del tenista. En Europa vienen catalogados por números desde el 0 al 5, mientras que en Estados Unidos las tallas van desde 4 1/8 a 4 5/8. A continuación se observa una tabla con la relación entre las tallas de Europa y Estados Unidos, así como su equivalencia en centímetros.

Europa	EEUU	CM
#1	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	10,3- 10,6
#2	4 <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	10,6- 10,9
#3	4 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>	10,9- 11,2
#4	4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	11,2- 11,5
#5	4 <sup>5</sup> / <sub>8</sub>	11,5- 11,8

TABLA 2. TALLAS DE PUÑO DE LAS RAQUETAS DE TENIS<sup>24</sup>.

- La longitud de la raqueta

Las raquetas de mayor longitud y tamaño ofrecen mayor alcance y un poco más de potencia en los tiros, especialmente en el servicio, pero esa mayor longitud también hace a la raqueta un poco más difícil de controlar.

Por lo tanto, utilizar una raqueta de mayor longitud manteniendo la velocidad de golpeo produce como resultado un golpe más potente pero menos preciso debido a la dificultad de manejo, por esta razón, la eficacia con una longitud de raqueta u otra dependerá del deportista. Si este es capaz de mantener la mecánica de golpeo se beneficiará de raquetas de mayor longitud<sup>7</sup>.

Las raquetas de tenis vienen en una amplia variedad de longitudes diseñadas para diferentes tipos de jugadores<sup>25</sup>.

- Raquetas de tenis infantiles: las raquetas infantiles van desde 54cm hasta 66cm.
- Raquetas de tenis standard: las raquetas tamaño standard suelen medir 68cm de largo, pero pueden llegar en algunos casos hasta los 71cm.
- Raquetas de tenis largas: esta raquetas largas que miden entre 72-73cm, permiten llegar más lejos y ofrecen un poco más de potencia que las de medida standard.

#### - El peso de la raqueta

Las raquetas de hoy en día son cada vez más livianas, debido a la disponibilidad de nuevos materiales. La mayoría de las raquetas actuales sólo pesan entre 255 y 312 gramos, sin el encordado.

Es de interés saber que, cuanto más pesada es una raqueta aportará un mayor control al golpeo, y por el contrario, cuanto más ligera sea mayor será el nivel de potencia<sup>24</sup>. De este modo se hace una clasificación<sup>19</sup> de las raquetas en función de sus pesos, que es la siguiente:

- Más de 320 gramos: raqueta muy pesada
- Entre 300 y 319 gramos :raqueta pesada
- Entre 280 y 299 gramos :raqueta de peso estándar
- Entre 260 y 279 gramos: raqueta algo ligera
- Entre 240 y 259 gramos: raqueta ligera
- Entre 220 y 239 gramos : raqueta muy ligera
- Menos 220 gramos : raqueta súper ligera

Esta clasificación de las partes de la raqueta y de las propiedades que aportan al implemento en función de sus características es de mucha utilidad. Sin embargo considero importante explicar otros conceptos como son el equilibrio, el encordado y los distintos materiales de las raquetas.

#### - El equilibrio:

El equilibrio viene determinado por la distribución del peso en cada raqueta. Se empieza a medir desde el puño hacia la cabeza<sup>26</sup>.

Si el punto de equilibrio se halla desplazado hacia la cabeza, la raqueta es de balance largo. Las raquetas de tenis de este tipo, generan mayor potencia porque hay más peso en la zona de impacto, por lo tanto será más manejable, despedirá mucho más la bola, pero proporcionará un menor control. Normalmente las raquetas de tenis con balances largos (entre 33-38 cm) suelen ser de peso ligero.

Por el contrario si el punto de equilibrio se halla desplazado hacia el puño, la raqueta es de balance corto (entre 30-32cm). Este tipo de raquetas generan mayor control, y suelen ser más pesadas.

Es decir, tal y como dice Brody<sup>27</sup> cuanto mayor es la cantidad y la distancia de la masa respecto a la empuñadura (eje de giro), mayor es el momento inercia, y viceversa. El mayor momento inercia se traduce en una mayor demanda energética para realizar el movimiento de la raqueta y un menor retroceso tras el golpeo que produce un incremento de la potencia debido a la mayor inercia de rotación. Por lo tanto raquetas con un equilibrio largo van a favorecer una mayor potencia, sin embargo las raquetas con el equilibrio más cercano al puño van a permitir un mayor control.

#### - Encordado

Otro elemento importante a la hora de conseguir precisión y velocidad en los golpes es el encordado de la raqueta, la función de este es absorber una gran parte de la energía cinética de la pelota, para más tarde, retomar una fracción de esa energía de vuelta a la pelota<sup>28</sup>. Por otro lado, algunas investigaciones han considerado que encordados flojos absorben más potencia y encordados más tensos permiten más control y precisión sobre la pelota<sup>29</sup>.

Dentro del encordado un elemento es el patrón del encordado, que se trata del número de cuerdas verticales y horizontales que conforman la superficie del marco. El patrón es cerrado: (raquetas de control) Si el espacio entre cuerdas es pequeño porque hay mayor número de cuerdas. El patrón es abierto: (raquetas de potencia) si el espacio entre las cuerdas es más ancho, y hay un menor número de cuerdas. En este caso la raqueta generará más potencia, será capaz de transmitir más efectos a la bola y proporcionará una sensación de confort al jugador<sup>26</sup>.

Otro elemento del encordado es el material con el que está fabricado, en este punto Cross<sup>30</sup> dice que existen cuatro tipos de materiales en el mercado: cuerda natural, nylon, polyester y kevlar, en orden creciente de su rigidez dinámica. El tipo de encordado más común en el mercado es el nylon, que está disponible en diversas formas dependiendo de si es construido como un único filamento o por diversos filamentos de pequeño diámetro, y por si contiene otros materiales o resinas es su composición. Los diferentes métodos de construcción de los encordados de nylon cuentan con una pequeña variedad en sus propiedades, Sin embargo, al comparar este material con la cuerda natural o el polyester nos encontramos con que no existe ninguna coincidencia. En la misma línea, Los encordados de kevlar, presentan grandes diferencias, ya que es un material muy rígido y sufre una mayor pérdida de tensión que otros materiales. Desde este punto de vista, las diferencias entre los dos tipos de encordado de nylon son relativamente pequeñas en comparación con la gran diferencia entre los encordados de nylon y los demás tipos.

#### Materiales de las raquetas

En cuanto a los materiales empleados para fabricar las raquetas, cabe decir que han sufrido una notable evolución. Las primeras raquetas estaban hechas de madera hasta que en 1967 Wilson Sporting Goods introdujo las primeras y populares raquetas metálicas T2000, más fuertes y ligeras que las de madera, a partir de entonces fueron surgiendo nuevos materiales que ofrecían mayores posibilidades a los tenistas. De ese modo, en 1980 únicamente se distinguían 2 tipos de raquetas: por un lado las más baratas fabricadas de aluminio y por otro las más caras de grafito o compuestos. La madera ya no podía ofrecer nada que otros materiales no pudieran mejorar<sup>31</sup>.

La evolución de los materiales ha llevado a que hoy en día exista una gran variedad de materiales que ofrecen diversas propiedades a las raquetas, permitiendo así una mayor especificidad para las características de cada tenista, Hoy en día los materiales empleados son los siguientes<sup>19</sup>:

- Acero
- Aluminio y aleaciones de Aluminio
- Aramis (Reblar)
- El grafito
- Titanio
- Vidrio

#### **1.3.2. Campo**

En cuanto al espacio donde se lleva a cabo este deporte encontramos diferentes terrenos, que varían en el material con el que están construidas, los cuales les aportarán a las pistas unas características u otras. Aun así, todas ellas tienen las mismas dimensiones reglamentarias, que tal y como dice la ITF<sup>18</sup> son las siguientes:

La pista o cancha será un rectángulo de 23.77 m de largo por 8.23 m de ancho. Para los partidos de dobles la pista será de 10.97 m de ancho.

La pista estará dividida en su mitad por una red suspendida de una cuerda o un cable metálico cuyos extremos estarán fijados a la parte superior de dos postes o pasarán sobre la parte superior de dos postes a una altura de 1.07 m. La red estará totalmente extendida de manera que llene completamente el espacio entre los dos postes de la red y la malla debe ser de un entramado lo suficientemente pequeño para que no pase la pelota de tenis. La altura en el centro de la red será de 0.914 m, en donde estará sostenida mediante una faja. Habrá una banda cubriendo la cuerda o el cable metálico y la parte superior de la red. La faja y la banda serán blancas por todas partes.

- El diámetro máximo de la cuerda o cable metálico será de 0.8 cm.
- La anchura máxima de la faja será de 5 cm.
- La banda será de entre 5 cm y 6.35 cm de anchura a cada lado.

Para los partidos de dobles, los centros de los postes de la red estarán situados a 0.914 m afuera de cada lado de la línea de dobles.

Para los partidos de individuales, si se usa una red de individuales, los centros de los postes de la red estarán a 0.914 m afuera de cada lado de la línea de individuales. Si se usa una red de dobles, entonces la red se sostendrá a una altura de 1.07 m mediante soportes denominados palos de individuales, cuyos centros estarán a 0.914 m afuera de cada lado de la línea de individuales.

- Los postes de la red no serán de más de 15 centímetros de diámetro.
- Los palos de individuales no serán mayores que un cuadrado de 7.5 cm por lado o 7.5 cm de diámetro.
- Los postes de la red y los palos de individuales no sobresaldrán más de 2.5 cm por encima de la cuerda de la red.

Las líneas que limitan los extremos de la pista se denominan líneas de fondo y las líneas que limitan los costados de la pista se denominan líneas laterales. A cada lado de la red y paralela a ella, se trazarán dos líneas entre las líneas laterales a una distancia de 6.40 m a partir de la red. Estas líneas se llaman líneas de saque o de servicio. A cada lado de la red, el área entre la línea de servicio y la red será dividida por una línea central de servicio en dos partes iguales llamadas cuadros de servicio. La línea central de servicio se trazará paralelamente a las líneas laterales de individuales y equidistante a ellas.

Cada línea de fondo será dividida en dos por una marca central de 10 cm de largo, que se trazará dentro de la pista y será paralela a las líneas laterales de individuales.

- La línea central de servicio y la marca central serán de 5 cm de ancho.
- Las otras líneas de la pista serán de entre 2.5 cm y 5 cm de ancho, excepto las líneas de fondo que podrán ser de hasta 10 cm de ancho.

En la siguiente figura (5) se detalla de manera muy esquemática todo lo explicado anteriormente, por lo que lo considero de gran utilidad

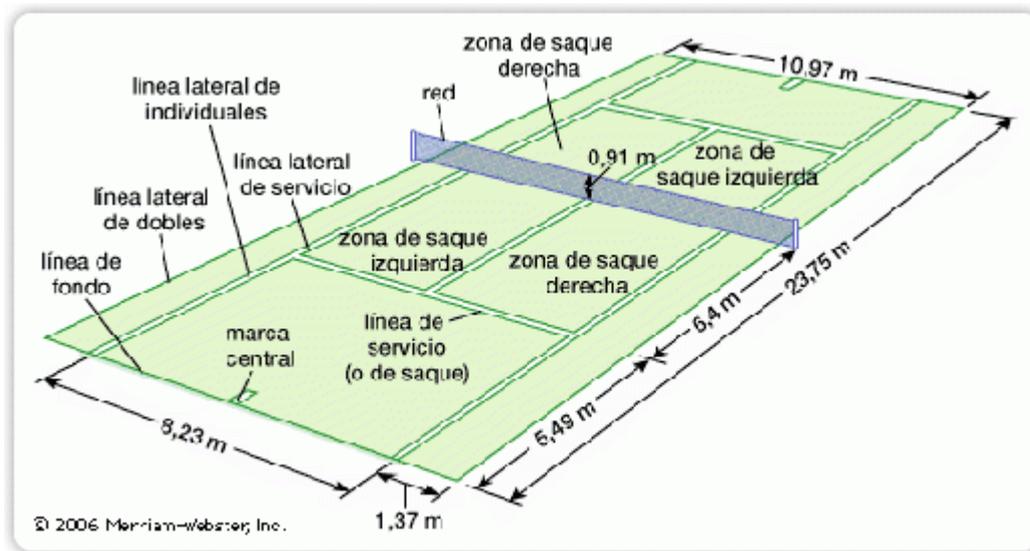


FIGURA 4: CANCHA DE TENIS<sup>32</sup>.

La red que divide la pista en dos campos se encuentra a una altura de 0,914 m. al centro y 1,07 m. en los postes que la sostienen y está suspendida de un cable metálico de un diámetro máximo de 0,8 cm., recubierto por una banda de color blanco de entre 5 y 6,3 cm. de anchura. La malla debe ser lo suficientemente densa para impedir que la pelota la traspase. Los postes sobre los que está fijada la red deben estar situados a una distancia de 914 cm. de la línea de dobles, no tener más de 15 cm. de diámetro y no sobrepasar los 2,3 cm. de altura por encima de la red. Los palos de individuales, utilizados sólo en esta modalidad, tienen un diámetro de 7,5 cm.

Una vez definidas las medidas reglamentarias y las características comunes de las pistas de tenis, voy a explicar brevemente cada tipo de terreno en función de su material:

- De moqueta, sintéticas de interiores o pistas de indio:

Este tipo de terreno está realizado con materiales sintéticos especiales en los que varían el grosor, los materiales y las texturas. La mayoría son superficies bastante rápidas, más que las duras y, en ocasiones, también que las de hierba.

- De césped o hierba:

Son pistas muy rápidas y los botes son irregulares, lo cual es la característica principal de este terreno, pues no significa solo que la pelota bota bastante bajo y de forma rápida si no que cambia bastante de altura y direcciones. Es una superficie cada vez menos de moda pero con gran valor tradicional.

- Duras o de cemento:

Este tipo de pistas están proliferando de manera considerable en el tenis moderno. Su creación y mantenimiento es bastante barato y el clima deja de ser un factor determinante en ellas pero, por contra, tienen más posibilidad de lesionarse los tenistas. En cuanto a rapidez suponen el punto medio entre la lentitud de las de arcilla y la velocidad de las de hierba.

- De tierra batida o arcilla:

Es el terreno más lento, con un bote donde la pelota va más despacio, y sobre el que los jugadores pueden patinar sin resbalarse para llegar a todos los tiros de pelota. Requiere bastante trabajo de mantenimiento.

### 1.3.3. Jugador

El jugador y sus características son sin duda un elemento fundamental en el desarrollo del tenis, por lo tanto, en este punto del trabajo voy a hacer un breve acercamiento a estos aspectos.

En esta línea, es de gran importancia conocer el perfil funcional de los tenistas, ya que esto permitirá seleccionarlos y, a través de un correcto entrenamiento, la mejora de su rendimiento. De este modo, según las aportaciones de Kovacs<sup>33</sup> y como se observa en la figura 6 podemos ver que las aptitudes físicas que influyen en el rendimiento de estos deportistas son: la velocidad (speed), la agilidad (agility), la fuerza (strenght), la potencia (power), la resistencia muscular (muscular endurance), la resistencia aeróbica (aerobic endurance), el equilibrio dinámico (dynamic balance), la flexibilidad (flexibility) y el tiempo de reacción (time reaction).

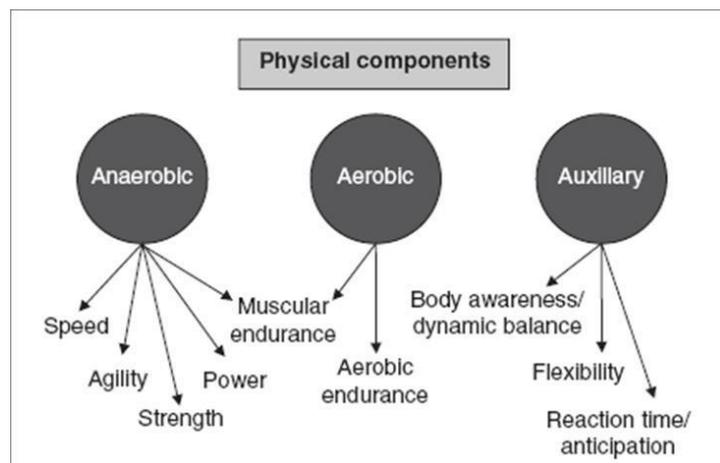


FIGURA 5. APTITUDES FÍSICAS PARA LA EJECUCIÓN DEL TENIS<sup>33</sup>.

Siguiendo con el tema, también es importante conocer otras características de los tenistas, un elemento relevante es el somatotipo, que nos permite conocer su configuración morfológica. De modo que, a continuación, emplearé la somatocarta para situar a los jugadores de tenis en un somatotipo determinado (endomorfo: obesidad

relativa; mesomorfo: robustez músculo-esquelética relativa; ectomorfo: linealidad relativa).

Tal y como podemos observar en la figura 7, el somatotipo general de los tenistas es cercano a la zona central de la somatocarta y se identifica como ectomesomórfico donde la mesomorfia es dominante y la ectomorfia es mayor que la endomorfia. Si hacemos referencia al sexo masculino, éste también es ectomesomórfico. El somatotipo medio femenino también limita con el somatotipo central pero siendo endomesomórfico donde la mesomorfia es dominante y la endomorfia es mayor que la ectomorfia<sup>34,35</sup>.

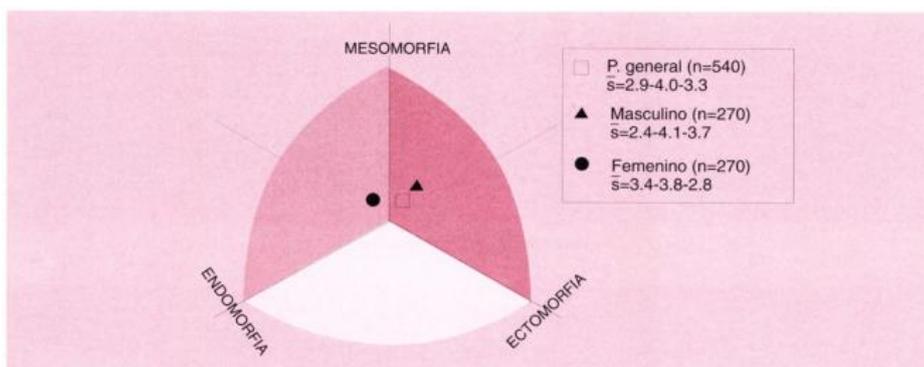


FIGURA 6. SOMATOTIPO DE LA MUESTRA GENERAL DE TENISTAS<sup>34</sup>.

Por otro lado, otra característica de los tenistas es la asimetría de los volúmenes del brazo y antebrazo entre el lado dominante y el no dominante. Esta diferencia se va agrandando conforme aumenta la práctica y la madurez de los jugadores, es decir que es el resultado de jugar al tenis<sup>36</sup>.

Como todo deportista, los tenistas también sufren lesiones, las más frecuentes son musculares de hombro y pierna, tendinitis de hombro y de codo, y esguinces de tobillo. Respecto a la gravedad de las lesiones, las leves y moderadas son musculares y tendinitis, y las graves son esguinces y tendinitis<sup>37</sup>.

#### 1.3.4. Pelota

Según la ITF<sup>18</sup>, las características y medidas reglamentarias de la pelota de tenis son las siguientes:

- a) La pelota tendrá una superficie exterior uniforme que consistirá en una tela, excepto en las pelotas de espuma de Etapa 3 (Roja). En el caso de que tenga costuras, deberán ser sin rebordes.
- b) La pelota se ajustará a uno de los tipos especificados en la tabla de abajo o en la tabla incluida en el párrafo (d).

	TIPO 1(RÁPIDA)	TIPO 2 (MEDIA)	TIPO 3 (LENTA)	ALTITUD
PESO (MASA)	56,0-59,4 g	56,0-59,4 g	56,0-59,4 g	56,0-59,4 g
TAMAÑO	6,54-6,86 cm	6,54-6,86 cm	7,00-7,30cm	6,54-6,86 cm
REBOTE	135-147 cm	135-147 cm	135-147 cm	122-135 cm
DEFORMACIÓN HACIA DELANTE	0,50-0,60 cm	0,56-0,74 cm	0,56-0,74 cm	0,56-0,74 cm
DEFORMACIÓN DE RETROCESO	0,67-0,91 cm	0,80-1,08cm	0,80-1,08 cm	0,80-1,08 cm
COLOR	Blanco o amarillo	Blanco o amarillo	Blanco o amarillo	Blanco o amarillo

**TABLA 3: TIPOS DE PELOTA Y CARACTERÍSTICAS<sup>18</sup>.**

c) Además, todos los tipos de pelota incluidos en el párrafo (b) tendrán que conformarse a los requisitos de durabilidad(El mayor cambio permisible en las propiedades especificadas) que se muestran en la tabla siguiente:

	PESO(MASA)	REBOTE	DEFORMACIÓN HACIA DELANTE	DEFORMACIÓN DE RETROCESO
CAMBIO MÁXIMO	0,4 g	4,0 cm	0,08 cm	0,10 cm

**TABLA 4: REQUISITOS DE DURABILIDAD DE LAS PELOTAS DE TENIS<sup>18</sup>.**

#### 1.4. Estado actual

Para el desarrollo de este estudio he tenido que realizar una búsqueda profunda de bibliografía, que me permitiera conocer lo que se ha estudiado hasta ahora y como se ha estudiado. En primer lugar, aunque he detallado previamente aspectos de todos los elementos que intervienen en el sistema ergonómico del tenis, este estudio va a estar enfocado a la relación entre la raqueta y el jugador, de modo que la búsqueda se ha centrado en esta dirección.

En primer lugar me planteo que tipo de golpeo de tenis podría emplear para desarrollar mi estudio, de manera que busque trabajos y estudios que relacionaran un tipo de golpeo con características de los tenistas.

En este momento descubrí, que sin duda alguna la mayoría de los estudios de estas características empleaban el saque, lo cual se debe a la gran importancia de este golpeo,

ya que es el que da comienzo al juego. Además, se considera una acción cerrada, ya que su ejecución depende principalmente del ejecutante<sup>38</sup>. Debido a la gran relevancia de este gesto técnico dentro del deporte, ha sido uno de los más estudiados y entrenados<sup>39</sup>.

En esta línea, una vez recalcada la importancia del saque, también es relevante conocer que este movimiento es probablemente el gesto que produce más lesiones en los deportistas, especialmente en la espalda y en el codo, lo que parece estar relacionado con la producción de altísimas fuerzas internas (en los músculos y en las articulaciones), especialmente si van acompañados de una técnica pobre y una alta aceleración de las extremidades. Por lo tanto, evitando un entrenamiento excesivo del gesto, y con una preparación física adecuada y una técnica correcta, en la que no se produzcan fuerzas excesivas, se conseguirá reducir en gran medida la probabilidad de lesionarse<sup>40</sup>.

Elliott et al<sup>41</sup>, que también estudiaron la intervención del codo y del hombro durante el saque, concluyeron que la carga en el hombro y en el codo es mayor en los tenistas de sexo masculino que en las de sexo femenino, lo que explica la mayor velocidad en los saques de los varones. Además, llegan a la conclusión de que todos los tenistas deberían flexionar las rodillas durante la fase del swing en el saque ya que se consigue el mismo rendimiento evitando una excesiva rotación interna del hombro, y consecuentemente, evitando lesiones.

En este sentido, cabe destacar las aportaciones de Girard et al<sup>42</sup> que establecen que el movimiento de la rodilla es un contribuyente importante en la eficacia del saque sea cual sea el nivel de rendimiento. Sin embargo, los jugadores expertos realizan saques más rápidos que los jugadores menos cualificados debido, en parte, a que tienen un tren inferior más desarrollado.

Son muchos los estudios y trabajos que estudian el saque de tenis<sup>38,39,40,41,42,46,47</sup>, tanto para mejorar el rendimiento de los tenistas, como para evitar lesiones, por lo tanto no cabe duda de la gran importancia de este golpeo en tenis.

Todos estos estudios me hicieron ver la gran importancia del saque, tanto para el rendimiento deportivo, como para la salud de los deportistas, por lo tanto es el golpeo que voy a emplear.

Una vez determinado el golpeo a utilizar, quería conocer la manera de medir la eficacia de los saques. En este punto me fue de gran ayuda el trabajo de Van de Tillar y Ettema<sup>43</sup> que determinan que las variables que tienen una mayor influencia en el rendimiento de las acciones de lanzamiento son la velocidad del móvil y la precisión.

En la misma línea es interesante la siguiente afirmación:

“Tradicionalmente se ha relacionado el incremento de la velocidad con una menor precisión”<sup>44</sup>.

Sin embargo, recientes estudios destacan que aumentos o disminuciones en la velocidad del lanzamiento, no implican ni mejoras ni pérdidas en la precisión<sup>38, 45</sup>.

Por lo tanto, tanto la precisión como la velocidad son los dos elementos determinantes en el rendimiento del tenis. Por ello, me planteé emplear ambas variables para el desarrollo de este trabajo, sin embargo por la escasez de recursos solo ha sido posible medir la precisión, ya que la potencia requiere de radares de difícil acceso.

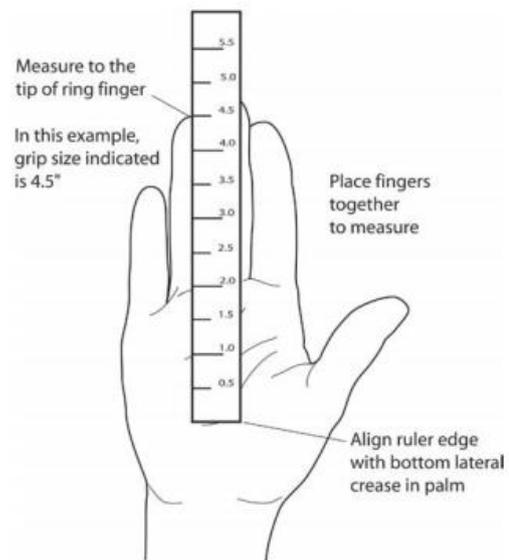
Por otro lado, en cuanto a las características de las raquetas, aunque ya las he explicado previamente me parece interesante recalcar algunos estudios.

Llamas y Suárez<sup>46</sup> miden la eficacia de diversas raquetas con jugadores de diferentes niveles. Para esto emplean 5 raquetas con diferentes características, empleando como variables: El tamaño de la cabeza, la tensión del cordaje y el material de la propia raqueta. Estos autores concluyen que en todos los niveles la eficiencia se va incrementando con el paso de la raqueta de madera a la de metal, de esta a la normal y por último a la súper, y que por lo tanto el cambio en el material de la raqueta y en su tamaño influye en la velocidad del servicio y en el porcentaje de aciertos (precisión), pero siempre considerando el nivel de los jugadores.

Mavvidis et al<sup>47</sup> estudian la precisión y la velocidad del servicio de tenis dependiendo de la posición de agarre de la mano. Estos llegan a la determinación de que los jugadores avanzados tienen mejores resultados usando su agarre personal. Sin embargo los jugadores intermedios, tienen mejores resultados cogiendo el puño de manera que la muñeca se coloque 2 cm hacia el exterior del mango, probablemente debido a la libertad de esta articulación y que permite un mayor movimiento de palanca.

En cuanto a la relación entre de las características antropométricas de los jugadores de tenis y las características de las raquetas no hay muchos estudios, y los que hay están basados sobre todo en la talla del puño adecuada a la hora de evitar lesiones.

Nirschl y Ashman<sup>48</sup> consideran que usando la correcta talla de puño, el deportista reduce el esfuerzo para sujetar la raqueta, incrementando la eficiencia de los músculos del antebrazo y la mano, y, de ese modo, se disminuye la probabilidad de sufrir lesiones en las extremidades superiores. El mismo autor en diversos estudios<sup>48,49,50</sup> describe una técnica de medida de la mano de los deportistas para obtener el tamaño adecuado de la empuñadura para cada individuo. Esto se realiza midiendo la distancia desde la punta del dedo anular hasta el pliegue de la mano más próximo al deportista, esta medida determinará el tamaño de puño de cada tenista.



**FIGURA 7: TÉCNICA DE NIRSCI PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE PUÑO ADECUADO<sup>51</sup>.**

Por ello la correcta talla del puño es un factor importante, ya que parece ser un factor significativo a la hora de reducir la carga en el tendón extensor (factor potencial en las lesiones de codo)<sup>52</sup>. Una de las lesiones producidas por la excesiva carga en el tendón extensor es la epicondilitis lateral, la cual va a disminuir la fuerza de agarre, la amortiguación y la rigidez<sup>53</sup>.

Por todo esto, la elección de una correcta talla del puño no sólo va a ser importante a la hora de evitar lesiones, sino que el no tener lesiones nos va a permitir un mejor rendimiento al poder conservar la fuerza de agarre, la rigidez y la amortiguación.

En lo que respecta a la relación de otros parámetros antropométricos con otras variables de las raquetas, no hay más investigaciones, por lo tanto es un campo muy amplio en el que queda mucho por investigar, por ello este estudio puede ser un buen comienzo, con el fin de conocer cómo se adaptan estos dos elementos componentes del tenis, y con el objetivo de obtener un mayor conocimiento que permita a los tenistas una elección óptima de la raqueta, tanto a la hora de tener una mayor eficacia en su juego, como a la hora de evitar lesiones.

### 2. OBJETIVOS

El objetivo principal del estudio es el siguiente

- Valorar como algunas características antropométricas de los sujetos o de las raquetas intervienen en la efectividad de un servicio de tenis.

Por otra parte para llegar a este objetivo es necesario cumplir otros objetivos, los cuales tenemos a continuación:

1. Valorar las características técnicas de las raquetas
2. Valorar las características antropométricas de los jugadores
3. Valorar la eficacia del saque, a través de la precisión, en cada jugador con los diferentes tipo de raqueta
4. Establecer la relación entre estos parámetros

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

#### Material

En el estudio han participado voluntariamente 10 tenistas varones. Estos jugadores tenían una experiencia de práctica deportiva mínima de 3 años, pero no estaban federados. Los datos fueron tratados de forma anónima.

A estos sujetos se les recogió diferentes datos en una tabla (anexo 1), en la cual se anotará nombre, código, edad y años de entrenamiento. Por otro lado también se les tomará algunas medidas antropométricas, que son las siguientes:

- Talla
- Longitud mano
- Anchura mano
- Grosor mano
- Longitud antebrazo
- Longitud brazo
- Perímetro brazo
- Perímetro antebrazo

Para realizar estas mediciones serán necesarios un metro y un pie de rey. Con el metro mediremos la altura, las longitudes de la mano, brazo y antebrazo, los diámetros del brazo y del antebrazo. Con el pie de rey mediremos el grosor y la anchura de la mano.

Por otro lado, como ya he dicho, se van a emplear distintas raquetas, cuyas características técnicas, especificadas en las mismas raquetas se encuentran en la tabla 5.

Nº	NOMBRE	ÁREA CABEZA (cm 2)	EQUILIBRIO (cm)	PESO (g)	PUÑO (talla)	ENCORDADO (Kg)	PATRÓN DE ENCORDADO
1	WILSON BLADE 98S	632	33	294	2	23-27	18-16
2	BABOLAT PURE DRIVE	645	32	300	3	23-27	16-19
3	WILSON TOUR PRO27	710	33	355	4	21-25	16-20
4	BABOLAT CLASSIC	645	33	280	2	23-25	16-20
5	BABOLAT DRIVEZITE	645	35	255	2	23-26	16-19

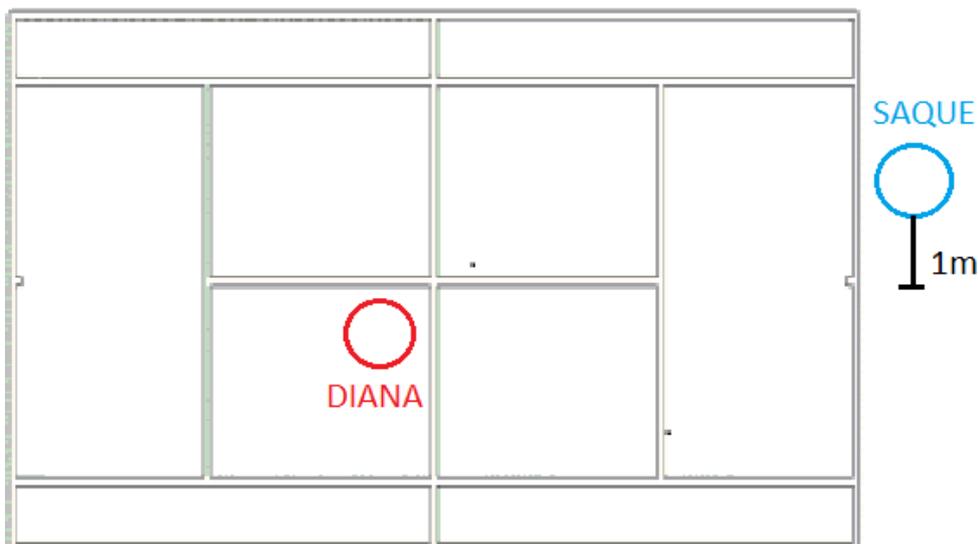
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LAS RAQUETAS.

Las mediciones van a tener lugar en el centro deportivo municipal Gran Vía (La hípica). El terreno a utilizar va a ser una cancha de tierra batida (permitirá ver donde ha impactado la pelota) con la red a la altura reglamentaria de dobles (0.914 m).

Se va a emplear el mismo modelo de pelota, de la marca head Championship, para todos los saques.

#### Método

La cancha va a estar señalizada con dos aros (20 cm de diámetro) para marcar el lugar desde donde tienen que realizar el saque y el lugar donde tienen que intentar mandar el saque (diana). Estas dos zonas estarán situadas tal y como se muestra en la figura 8.



**FIGURA 8.**

Por otro lado, aunque las características de las raquetas ya han sido concretadas en el apartado de material, he realizado la medición de algunos valores que no están especificados en la raqueta, como son la longitud y el perímetro del puño. Además, teniendo en cuenta el rango de tensión de encordado, también especificado en el apartado de materiales, todas las raquetas se han encordado con una tensión de 24 Kg, de modo que la variable tensión de encordado va a ser fija.

La medición de la longitud de la raqueta la he efectuado con un metro de modo que he medido desde el final del puño a la punta de la cabeza.

Del mismo modo que la longitud, el perímetro del puño también se ha realizado con un metro, rodeando con este a la empuñadura por la parte central.

Una vez diseñado la forma de saque, y obtenidas todas las medidas de las raquetas, se procedió a realizar el trabajo con los sujetos, tanto las medidas antropométricas como las mediciones de precisión con cada una de las raquetas. De modo que seguí el siguiente procedimiento:

- 1- Se les dio el consentimiento informado (Anexo 2), para que lo firmaran.
- 2- Se tomaron las medidas antropométricas para rellenar la tabla correspondiente al anexo 1.

Estas mediciones se realizaron siguiendo los siguientes procedimientos.

#### Talla

Como no dispongo de tallimetro, he colocado un metro en una pared plana, de modo que el 0 se encuentra tocando el suelo, una vez hecho esto, se ha seguido el siguiente procedimiento:

- 1) El deportista, sin zapatos ni accesorios en la cabeza se sitúa de espaldas a la pared, en posición erguida, de manera que el metro coincida con su eje vertical.
- 2) El participante permanecerá de pie, en posición anatómica con los talones juntos, glúteos, espalda y región occipital pegados a la pared.
- 3) La medida se tomará después de una inspiración profunda manteniendo la cabeza en el plano de Frankfort, que pasa por el punto infraorbitario (punto más bajo del reborde inferior de la órbita) y por el porion (punto más alto del conducto auditivo externo).



FIGURA 9: PLANO DE FRANKFORT<sup>54</sup>.

Las mediciones, que vienen explicadas a continuación, se realizarán en el brazo y mano portadores de la raqueta, de manera que si el sujeto es diestro se le medirá el lado derecho y si es zurdo el lado izquierdo.

Longitud de brazo: desde punto acromial hasta el epicóndilo. El sujeto permanece parado con los brazos extendidos hacia abajo y las palmas de las manos apretadas contra los costados de los muslos. El 0 del metro lo ubicamos en la marca radial o epicóndilo y desde aquí la cinta es extendida hasta el punto acromial.

Longitud del antebrazo: el sujeto se coloca en la misma posición que en la medición anterior. El 0 es ubicado en la marca estiloidea y se extiende la cinta hasta el epicóndilo. La cinta se ubica paralela al eje longitudinal del radio.

Longitud de la mano: El sujeto pone el codo en 90° y con la palma hacia arriba, extiende al máximo los dedos (bien juntos), poniendo rígida la estructura de la mano. El 0 es ubicado en el extremo distal del dedo medio y se extiende la cinta hasta la marca media de la línea estiloidea.

Anchura mano: el sujeto con la misma posición que en la medición anterior. A continuación, con el pie de rey se abarca la palma de la mano por la zona media, y se ajusta el pie de rey hasta que toque los dos costados de la palma de la mano.

Grosor mano: seguimos con la posición anterior, pero esta vez el pie de rey se sitúa de manera que mida la anchura por la parte media entre las bases de los dedos índice y pulgar.

Perímetro máximo del antebrazo: el deportista estará con el codo extendido, músculos del antebrazo relajados y mano en supinación. Se buscará la máxima circunferencia el antebrazo, que será la medida que se tomará.

Perímetro brazo (contraído): se mide la máxima circunferencia del brazo que es elevado a una posición horizontal en el plano sagital, con el antebrazo flexionado (45°) en supinación, en contracción máxima.

- 3- La siguiente fase del procedimiento es la realización de los distintos saques con las distintas raquetas por cada uno de los 10 sujetos de la muestra, de modo que el protocolo es el siguiente:
  - a) Calentamiento específico: mientras preparamos todo, se les dejará 10 minutos para que calienten ellos por su cuenta.
  - b) Antes de comenzar los saques con una raqueta, realizaran 3 saques con esa misma raqueta para que se acostumbren, y que no contabilizarán.
  - c) Realizarán 3 saques con cada una de las 5 raquetas de modo que se les dirá “tienes que realizar un saque plano intentando que la pelota caiga en el aro del campo contrario”.
  - d) Una vez que hayan realizado el saque se anotará en que zona ha caído, y la distancia más pequeña desde la marca hecha por la pelota en la tierra, al borde del aro diana. Una vez tomada la medida, se aplanará el terreno quitando las marcas.

2. Para facilitar la toma de estos datos se empleará el anexo 3, en el cual hay 5 dibujos como el de la figura 9, uno para cada raqueta.

- Si la pelota cae dentro del aro se considera dentro (Zona 0)
- Si la pelota cae en el borde del aro se considera dentro
- Si cae fuera mediremos la distancia más corta desde el extremo del aro a la marca que ha dejado la pelota y anotaremos en la zona correspondiente de la figura 9, la distancia medida.

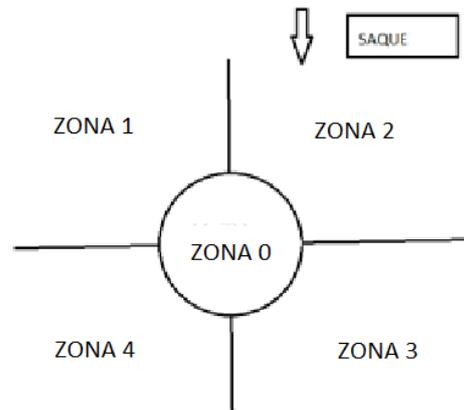


FIGURA 10.

3. Se les hizo una valoración subjetiva a los sujetos, de modo que estos tenían que elegir con cuál de las cinco raquetas se habían encontrado más cómodos en la realización de la prueba.

Para el análisis de los datos se emplearán los programas EXCEL y SPSS.

#### 4. RESULTADOS

En primer lugar, voy a detallar los resultados obtenidos de las mediciones realizadas: las características antropométricas de los sujetos (tabla 6) y las medidas de las raquetas empleadas (tabla 7).

SUJETO	AÑOS DE ENTRENAMIENTO	EDAD	TALLA(CM)	LONGITUD MANO(CM)	ANCHURA MANO(CM)	GROSOR MANO(CM)	LONGITUD ANTEBRAZO(CM)	PERÍMETRO ANTEBRAZO(CM)	LONGITUD BRAZO(CM)	PERÍMETRO ANTEBRAZO
1	3	21	172	20,4	8,6	2,7	26,4	25,5	29,6	29,5
2	6	26	166	19	7,4	2,1	26,9	22,2	29,5	24,4
3	10	19	173	19,4	7,9	2,6	27,8	26,4	31,5	32,1
4	6	18	178	19,1	7,9	3,2	27,3	23,1	32,5	27,3
5	5	18	179	20,1	7,9	2,6	28,4	23,5	33,4	25,4
6	12	19	192	20,4	8,1	2,4	30,5	26,3	35,6	28,7
7	10	27	182	20,1	8,6	2,9	28,6	27,2	32,5	29,6
8	7	23	168	19,3	7,5	2,2	27,1	22,4	29,7	24,8
9	6	22	177	19	7,9	3,1	27,5	23,1	31,9	27,5
10	12	25	189	20,2	8	2,4	30,3	26,1	35,1	28,3

Tabla 6: CARACTERÍSTICAS ANTROPOMÉTRICAS DE LOS SUJETOS.

A la hora de conocer las características de las raquetas, aunque muchas de ellas venían especificadas en la misma raqueta, otras no, de modo que en la siguiente tabla está representado el conjunto de las raquetas y sus características, añadiendo la longitud y el perímetro del puño en cm.

Nº	NOMBRE	LONGITUD (cm)	ÁREA CABEZA (cm 2)	EQUILIBRIO (cm)	PESO (g)	PUÑO(cm)	ENCORDADO (kg)	PATRÓN DE ENCORDADO
1	WILSON BLADE 98S	68,5	632	33	294	11,4	23-27	18-16
2	BABOLAT PURE DRIVE	69	645	32	300	11,7	23-27	16-19
3	WILSON TOUR PRO27	69	710	33	355	11,6	21-25	16-20
4	BABOLAT CLASSIC	68,5	645	33	280	11,3	23-25	16-20
5	BABOLAT DRIVEZITE	68,8	645	35	255	11,4	23-26	16-19

Tabla 7: CARACTERÍSTICAS DE LAS RAQUETAS.

A continuación presento la estadística descriptiva del estudio, el cual incluye las características de los sujetos, de los implementos, y las distancias a la diana obtenidas en los saques con las distintas raquetas.

	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desv. típ.</b>
<b>AÑOS DE ENTRENAMIENTO</b>	10,00	3,00	12,00	7,70	3,09
<b>EDAD</b>	10,00	18,00	27,00	21,80	3,36
<b>TALLA</b>	10,00	166,00	192,00	177,60	8,42
<b>LONGITUD MANO</b>	10,00	19,00	20,40	19,70	0,59
<b>ANCHURA MANO</b>	10,00	7,40	8,60	7,98	0,39
<b>GROSOR MANO</b>	10,00	2,10	3,20	2,62	0,36
<b>LONGITUD ANTEBRAZO</b>	10,00	26,40	30,50	28,08	1,39
<b>PERÍMETRO ANTEBRAZO</b>	10,00	22,20	27,20	24,58	1,89
<b>LONGITUD BRAZO</b>	10,00	29,50	35,60	32,13	2,17
<b>PERÍMETRO BRAZO</b>	10,00	24,40	32,10	27,76	2,41
<b>PESO RAQUETAS</b>	5,00	240,00	300,00	273,80	25,64
<b>LONGITUD RAQUETAS</b>	5,00	68,50	69,00	68,76	0,25
<b>EQUILIBRIO RAQUETAS</b>	5,00	32,00	35,00	33,20	1,10
<b>PERÍMETRO PUÑO RAQUETAS</b>	5,00	11,30	11,70	11,48	0,16
<b>ÁREA CABEZA RAQUETAS</b>	5,00	632,00	710,00	655,40	31,04
<b>DISTANCIA MEDIA R1</b>	10,00	11,00	78,30	31,32	19,80
<b>DISTANCIA MEDIA R2</b>	10,00	7,00	92,00	39,57	24,27
<b>DISTANCIA MEDIA R3</b>	10,00	19,00	102,00	50,66	22,54
<b>DISTANCIA MEDIA R4</b>	10,00	21,30	59,30	33,62	12,06
<b>DISTANCIA MEDIA R5</b>	10,00	17,00	61,00	35,76	14,90

Tabla 8: ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.

Una vez presentada la estadística descriptiva del trabajo es necesario hacer el análisis de los datos obtenidos. Para ello, en primer lugar, he empleado la prueba de Friedman con el fin de determinar si hay o no diferencias estadísticas entre las distancias a la diana en los saques con las distintas raquetas (R1, R2, R3, R4 Y R5), que es la variable que mide la eficacia, a través de la precisión.

Rangos

	Rango promedio
DISTANCIA R1	2,60
DISTANCIA R2	2,90
DISTANCIA R3	3,80
DISTANCIA R4	2,75
DISTANCIA R5	2,95

Estadísticos de contraste(a)

N	10,00
Chi-cuadrado	3,52
gl	4,00
Sig. asintót.	<b>0,48</b>

Tabla 9: PRUEBA DE FRIEDMAN.

Si observamos la tabla 9, podemos observar que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las distancias obtenidas con las distintas raquetas, ya que podemos ver que la significación (señalizado en rojo) tiene un valor de 0,48, que es mayor que 0,05. Por lo tanto no podemos confirmar que el uso de una de ellas aporte mejores resultados en la precisión.

De todas maneras, he decidido relacionar diversas variables, para ver si existe alguna correlación que pueda ayudar a comprobar si hay algún parámetro que tenga más relación con la efectividad, para lo cual se ha realizado el siguiente análisis estadístico.

En primer lugar, he realizado la prueba de Kolmogorov-Smirnov para determinar si las distintas muestras tienen una distribución normal o no, para así, posteriormente poder aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas. De ese modo, apliqué esta prueba tanto a la muestra formada por las características de los sujetos y de las distancias obtenidas con cada una de las raquetas (Tabla 10), como a la muestra constituida por las características de las raquetas (Tabla 11). En ambas tablas (10 y 11) podemos observar que en todos los casos la significación es mayor que 0,05 (señalizado en rojo), por lo tanto la distribución es normal.

<u>Prueba de Kolmogorov-Smirnov</u>		AÑOS DE ENTRENAMIENTO	EDAD	TALLA	LONGITUD MANO	ANCHURA MANO	GROSOR MANO	LONGITUD ANTEBRAZO	PERÍMETRO ANTEBRAZO	LONGITUD BRAZO	PERÍMETRO BRAZO	DISTANCIA R1	DISTANCIA R2	DISTANCIA R3	DISTANCIA R4	DISTANCIA R5
N		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Parámetros normales(a,b)	Media	7,70	21,80	177,60	19,70	7,98	2,62	28,08	24,58	32,13	27,76	31,32	39,57	50,66	33,62	35,76
	Desviación típica	3,09	3,36	8,42	0,59	0,39	0,36	1,39	1,89	2,17	2,41	19,80	24,27	22,54	12,06	14,90
Diferencias más extremas	Absoluta	0,21	0,20	0,13	0,25	0,22	0,13	0,18	0,22	0,17	0,14	0,25	0,18	0,28	0,24	0,15
	Positiva	0,21	0,20	0,13	0,19	0,18	0,13	0,18	0,22	0,17	0,14	0,25	0,18	0,28	0,24	0,15
	Negativa	-0,17	-0,13	-0,11	-0,25	-0,22	-0,11	-0,15	-0,19	-0,11	-0,12	-0,15	-0,17	-0,17	-0,15	-0,13
Z de Kolmogorov-Smirnov		0,66	0,63	0,42	0,79	0,69	0,40	0,57	0,68	0,53	0,43	0,79	0,58	0,88	0,76	0,48
Sig. asintót. (bilateral)		<b>0,78</b>	<b>0,83</b>	<b>0,99</b>	<b>0,56</b>	<b>0,72</b>	<b>1,00</b>	<b>0,90</b>	<b>0,74</b>	<b>0,94</b>	<b>0,99</b>	<b>0,57</b>	<b>0,89</b>	<b>0,43</b>	<b>0,61</b>	<b>0,98</b>

TABLA 10: PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV PARA LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUJETOS Y LAS DISTANCIAS A LA DIANA OBTENIDAS EN LOS SAQUES CON LAS DISTINTAS RAQUETAS.

<u>Prueba de Kolmogorov-Smirnov</u>		SAQUES	PESO	LONGITUD	EQUILIBRIO	PERÍMETRO	AREA
N		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Parámetros normales(a,b)	Media	38,19	273,80	68,76	33,20	11,48	655,40
	Desviación típica	7,61	25,64	0,25	1,10	0,16	31,04
Diferencias más extremas	Absoluta	0,23	0,20	0,25	0,37	0,29	0,43
	Positiva	0,23	0,17	0,25	0,37	0,29	0,43
	Negativa	-0,18	-0,20	-0,23	-0,23	-0,17	-0,23
Z de Kolmogorov-Smirnov		0,51	0,44	0,56	0,83	0,64	0,96
Sig. asintót. (bilateral)		<b>0,96</b>	<b>0,99</b>	<b>0,91</b>	<b>0,49</b>	<b>0,81</b>	<b>0,31</b>

TABLA 11: PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS RAQUETAS.

En este punto, que ya sabemos que las muestras empleadas tienen una distribución normal, podría emplear pruebas paramétricas para establecer las correlaciones, como por ejemplo la prueba de Pearson. Sin embargo, al tratarse de una muestra tan pequeña, únicamente 10 sujetos y 5 raquetas, he decidido emplear una prueba no paramétrica, concretamente la de Spearman, para establecer las correlaciones entre las distintas variables.

Los resultados obtenidos de la realización de la prueba de Spearman se encuentran en las tablas (12 Y 13). En estas tablas podemos observar que existen correlaciones entre algunas variables (señalizado en rojo). Esto nos hace pensar, que a pesar de que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las distancias obtenidas en los saques con las distintas raquetas, sí que hay algunas variables relacionadas, que nos permiten reflexionar acerca de las relaciones entre las distintas variables empleadas.

<u>PRUEBA DE SPEARMAN</u>		PESO	LONGITUD	EQUILIBRIO	PERÍMETRO	AREA
SAQUES	Coefficiente de correlación	-0,40	<b>0,949(*)</b>	-0,22	0,72	<b>0,894(*)</b>
	Sig. (bilateral)	0,51	<b>0,01</b>	0,72	0,17	<b>0,04</b>
	N	5,00	<b>5,00</b>	5,00	5,00	<b>5,00</b>

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

TABLA 12: PRUEBA DE SPEARMAN: CARACTERÍSTICAS RAQUETAS- DISTANCIA SAQUES.

<u>PRUEBA DE SPEARMAN</u>		DISTANCIA R1	DISTANCIA R2	DISTANCIA R3	DISTANCIA R4	DISTANCIA R5
AÑOS DE ENTRENAMIENTO	Coeficiente de correlación	0,05	-0,50	-0,13	<b>-0,716(*)</b>	<b>-0,821(**)</b>
	Sig. (bilateral)	0,89	0,14	0,72	<b>0,02</b>	<b>0,00</b>
	N	10,00	10,00	10,00	<b>10,00</b>	<b>10,00</b>
EDAD	Coeficiente de correlación	<b>-0,799(**)</b>	-0,29	0,24	-0,60	-0,45
	Sig. (bilateral)	<b>0,01</b>	0,41	0,51	0,07	0,19
	N	<b>10,00</b>	10,00	10,00	10,00	10,00
TALLA	Coeficiente de correlación	0,52	<b>-0,685(*)</b>	-0,37	-0,18	-0,54
	Sig. (bilateral)	0,13	<b>0,03</b>	0,29	0,63	0,11
	N	10,00	<b>10,00</b>	10,00	10,00	10,00
LONGITUD MANO	Coeficiente de correlación	0,14	-0,35	-0,44	0,01	-0,42
	Sig. (bilateral)	0,71	0,32	0,20	0,97	0,22
	N	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
ANCHURA MANO	Coeficiente de correlación	0,11	-0,57	-0,31	0,11	-0,33
	Sig. (bilateral)	0,77	0,09	0,39	0,76	0,35
	N	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
GROSOR MANO	Coeficiente de correlación	0,44	-0,17	0,04	0,56	0,37
	Sig. (bilateral)	0,20	0,65	0,92	0,10	0,30
	N	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
PERÍMETRO ANTEBRAZO	Coeficiente de correlación	0,29	-0,20	0,02	0,21	-0,41
	Sig. (bilateral)	0,43	0,58	0,96	0,56	0,24
	N	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
PERÍMETRO BRAZO	Coeficiente de correlación	0,38	-0,29	0,06	0,10	<b>-0,663(*)</b>
	Sig. (bilateral)	0,28	0,41	0,87	0,79	<b>0,04</b>
	N	10,00	10,00	10,00	10,00	<b>10,00</b>
LONGITUD BRAZO	Coeficiente de correlación	0,60	-0,58	-0,40	-0,19	-0,47
	Sig. (bilateral)	0,07	0,08	0,25	0,60	0,17
	N	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00

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

TABLA 13: PRUEBA DE SPEARMAN- CARACTERÍSTICAS DE LOS SUJETOS- DISTANCIAS EN LOS SAQUES CON LAS DISTINTAS RAQUETAS.

Por otro lado, en la valoración subjetiva de las raquetas por parte de los tenistas (Tabla 14), podemos ver que siete de los deportistas opinaron que la raqueta que más les gusto fue la 1, otros dos opinaron que las raqueta 4 y uno que la raqueta 5. Al comparar esta información con los distancias obtenidas en los saques con estas cinco raquetas, vemos que coincide , ya que a pesar de que no existen diferencias estadísticas, con la raqueta 1, la media de las distancias obtenidas en los saques es la menor, en segundo lugar está la raqueta 4 y en tercer lugar la 5.

SUJETO	VALORACIÓN SUBJETIVA
1	Raqueta 1
2	Raqueta 1
3	Raqueta 1
4	Raqueta 1
5	Raqueta 5
6	Raqueta 1
7	Raqueta 1
8	Raqueta 4
9	Raqueta 1
10	Raqueta 4

**TABLA 14: VALORACIÓN SUBJETIVA DE LAS RAQUETAS.**

En base a estos resultados, en el siguiente apartado voy a proceder al análisis de los mismos, de manera que me permitan establecer unas conclusiones, además compararemos dichos resultados con las aportaciones de otros autores, para comprobar si coinciden o no.

## 5. DISCUSIÓN

En primer lugar quiero destacar que el estudio ha sido realizado únicamente con una muestra de 10 sujetos, lo cual, probablemente ha limitado en gran medida la obtención de unos resultados concluyentes.

En este apartado considero oportuno recalcar que no hay diferencia estadística entre las distancias obtenidas a la diana en los distintos saques, lo que nos hace concluir que, según este estudio, a la hora de tener una mayor o menor precisión, no importa ni el tipo de raqueta empleado, ni las características de los sujetos. Esto podría ser consecuencia, como ya he mencionado antes, de una elección equivocada del número de sujetos a evaluar, ya que quizá, una muestra más amplia habría permitido llegar a unos resultados con relevancia estadística.

Sin embargo, el estudio de las correlaciones existentes entre las distintas variables, que se puede observar en la tabla 12, muestra que existen dos correlaciones positivas entre la distancia de los saques efectuados con la longitud de las raquetas y con el área de la cabeza de estas. De modo que, con una mayor longitud y un área mayor de la cabeza, la distancia a la diana será mayor, por lo tanto la eficacia será menor.

En este punto podemos ver que coincide con las aportaciones de otros autores, ya que en cuanto al área de la cabeza de las raquetas, Crespo<sup>19</sup> concluye que el tamaño es un factor importante ya que un mayor tamaño proporcionará más potencia y un punto dulce más amplio, mientras que una cabeza de menor tamaño proporciona mayor control.

En cuanto a la longitud, el resultado hallado también concuerda con la afirmación de Frutos<sup>7</sup> que dice que, como norma general, raquetas de mayor longitud son más difíciles de manejar y van a dificultar la precisión.

En la misma línea, tal y como podemos observar en la tabla 13, existe una correlación negativa entre los años de entrenamiento y las distancias obtenidas con las raquetas 4 y 5. Es decir, con estas dos raquetas, aquellos sujetos que lleven más años de entrenamiento serán más efectivos que los demás. También hay una correlación negativa entre la edad de los sujetos y la distancia obtenida en los saques efectuados con la raqueta 1, cuánto más mayores sean los tenistas tendrán más eficacia con la raqueta 1. Otra correlación existente, también negativa, es entre la talla y la distancia de los saques efectuados con la raqueta dos, es decir, con esta raqueta, aquellos que sean más altos se acercarán más a la diana. Y por último, existe otra correlación negativa entre el perímetro del antebrazo con la distancia obtenida con la raqueta 5, es decir con un mayor perímetro del antebrazo se conseguirá más eficacia.

En cuanto a la correlación existente entre los años de entrenamiento y la precisión obtenida con las raquetas 4 y 5, nos indica que estos implementos se adaptarían mejor en tenistas con más años de entrenamiento. Viendo las características de estas raquetas (tabla 14) observamos que tienen la misma área de cabeza, un equilibrio alto, es decir, con mayor peso hacia la cabeza, y que son las dos raquetas menos pesadas. Por lo tanto, los deportistas que más años lleven entrenando tendrán una mayor precisión en el saque en comparación con otros sujetos menos entrenados, con aquellas raquetas poco pesadas, con un área de cabeza mediano (645 cm<sup>2</sup>) y un equilibrio alto (hacia la cabeza).

Nº	NOMBRE	LONGITUD (cm)	ÁREA CABEZA (cm 2)	EQUILIBRIO (cm)	PESO (g)	PUÑO (cm)	ENCORDADO (Kg)	PATRÓN DE ENCORDADO
4	BABOLAT CLASSIC	68,5	645	33	280	11,3	23-25	16-20
5	BABOLAT DRIVEZITE	68,8	645	35	255	11,4	23-26	16-19

TABLA 15: CARACTERÍSTICAS RAQUETAS 4 Y 5.

Siguiendo con el tema, si observamos las distancias obtenidas en los saques por los dos sujetos que llevan más años de entrenamiento (Tabla 16), vemos que su precisión con las raquetas 4 y 5 no ha sido la máxima, sino que ha sido, en ambos casos con la raqueta 2. Esto nos indica que estos sujetos no se benefician de raquetas poco pesadas, con equilibrio alto y cabeza mediana, sino que, únicamente, son más eficaces con este tipo de raquetas que otros sujetos que han entrenado menos años.

SUJETO	AÑOS DE ENTRENAMIENTO	DISTANCIA R1	DISTANCIA R2	DISTANCIA R3	DISTANCIA R4	DISTANCIA R5
6,0	12,0	35,3	9,0	19,0	25,7	22,0
10,0	12,0	32,3	7,0	27,3	21,3	21,3

TABLA 16: DISTANCIAS EN LOS SAQUES DE LOS SUJETOS CON MÁS AÑOS DE ENTRENAMIENTO.

En este punto, y teniendo en cuenta las aportaciones de Brody<sup>27</sup>, el cual concluye que raquetas con un equilibrio mayor van a aportar una mayor potencia, y aquellas que lo tengan más cercano al puño van a aportar más control, podemos observar que tiene relación con el resultado obtenido en este estudio, debido a que sujetos con más años de entrenamiento son capaces de ser más precisos en sus saques con raquetas con un equilibrio más alto que aquellos que han entrenado menos años. Es decir, el entrenamiento les ha permitido ser más eficaces, haciendo referencia al control o precisión, a pesar de estar empleando raquetas con las que es más complicado ser preciso.

En la misma línea, refiriéndonos ahora al peso de las raquetas, como dice Crespo<sup>19</sup> cuanto más pesada es una raqueta aportará un mayor control al golpeo, y por el contrario, cuanto más ligera sea mayor será el nivel de potencia. De ese modo, tal y como ocurre con el equilibrio, los sujetos con más años de entrenamiento son capaces de ser más precisos con raquetas menos pesadas que los tenistas que han entrenado menos. Por ello, los años de entrenamiento se establecen como un factor importante, ya que va a permitir emplear raquetas que impriman más potencia a los saques, debido al equilibrio alto y a un peso pequeño, sin perder la precisión, Todo esto va a favorecer el rendimiento ya que, según Van de Tillar y Ettema<sup>43</sup>, las variables que tienen una mayor influencia en el rendimiento de las acciones de lanzamiento son la velocidad del móvil (potencia) y la precisión.

La correlación entre la edad y la raqueta 1, si observamos la tabla 7, puede indicar que es debido al área de la cabeza ya que es la más pequeña, y es el único elemento que diferencia a esta raqueta de las demás. De todos modos, este resultado no me parece que tenga mucha relevancia, ya que no considero que la edad sea una característica que influya en la precisión del saque de tenis.

En lo que respecta a la tercera correlación mencionada, la existente entre la talla de los sujetos y la distancia obtenida con la raqueta 2, puede ser un indicativo de que los sujetos más altos son más efectivos con las raquetas más largas, ya que la raqueta 2 es la más larga junto a la 3 (tabla 15). De todos modos, al no haber una relación entre la talla y la distancia con la raqueta tres esto no es concluyente. Sin embargo, si tenemos en cuenta la correlación negativa existente entre el área de la cabeza y la distancia a la diana, podemos ver, en la tabla 15, que la raqueta 3, a pesar de medir 69 cm como la raqueta 2, tiene una cabeza mucho más grande (710 cm<sup>2</sup>) que la raqueta 2 (645 cm<sup>2</sup>). Por lo tanto, en este punto, no únicamente influiría la longitud de la raqueta, sino también el área de la cabeza. Es decir, que los sujetos de mayor altura van a ser más precisos que los demás con raquetas de mayor longitud, siempre y cuando un área de la cabeza de la raqueta muy grande no limite su rendimiento.

	NOMBRE	LONGITUD (cm)	ÁREA CABEZA (cm <sup>2</sup> )	EQUILIBRIO (cm)	PESO (g)	PUÑO (cm)	ENCORDADO (Kg)	PATRÓN DE ENCORDADO
2	BABOLAT PURE DRIVE	69	645	32	300	11,7	23-27	16-19
3	WILSON TOUR PRO27	69	710	33	355	11,6	21-25	16-20

TABLA 15: CARACTERÍSTICAS DE LAS RAQUETAS 2 Y 3.

En la misma línea, si observamos los resultados obtenidos por los dos sujetos que destacan sobre la media en altura (tabla 16) podemos ver que han obtenido la mayor precisión con la raqueta 2, de modo que esto nos permite afirmar que, no únicamente son mejores que tenistas de menos estatura con estas raquetas, sino que además las raquetas de mayor longitud les permite lograr una mayor precisión.

SUJETO	TALLA	DISTANCIA R1	DISTANCIA R2	DISTANCIA R3	DISTANCIA R4	DISTANCIA R5
6,0	192,0	35,3	9,0	19,0	25,7	22,0
10,0	189,0	32,3	7,0	27,3	21,3	21,3

TABLA 16: DISTANCIAS EN LOS SAQUES DE LOS SUJETOS DE MAYOR TALLA.

Volviendo hacer referencia a Frutos<sup>7</sup>, que dice que la eficacia con una longitud de raqueta u otra dependerá del deportista, de modo que si este es capaz de mantener la mecánica de golpeo se beneficiará de raquetas de mayor longitud, puedo concluir que, la talla puede ser un factor determinante en el buen manejo de raquetas más largas, siempre y cuando estas raquetas no tengan una cabeza demasiado grande que límite la manejabilidad. Esta afirmación puede parecer que vaya en contra del estudio de Crespo<sup>19</sup>, que dice que las raquetas con una mayor cabeza permiten un mayor control. Pero, considero, que no es así, sino que la precisión se reduce no por un área muy grande de la cabeza únicamente, sino por la combinación de una longitud larga y una cabeza grande.

En este punto, podemos considerar que la altura de los tenistas es un factor importante en el rendimiento de este deporte, ya que una altura mayor, va a permitir emplear raquetas más largas, las cuales aportan mayor precisión, sin perder potencia. Esto tiene relación con el estudio de Solanellas, Tuda y Rodríguez<sup>33</sup> que determinan que la altura parece ser una variable determinante para el tenis de élite profesional.

Por último, si analizamos, la correlación hallada entre el perímetro del antebrazo y la distancia obtenida en los saques efectuados con la raqueta 5, en la tabla 7 podemos observar que esta raqueta es la que tiene un peso menor (255 g), es decir, en la precisión de los saques realizados con raquetas poco pesadas, va a influir el perímetro del antebrazo del tenista, de modo que aquellos que tengan un mayor antebrazo obtendrán una mayor precisión (menor distancia a la diana).

Además, si analizamos la precisión con las distintas raquetas de los dos sujetos con un mayor perímetro de antebrazo (Tabla 17), observamos que han obtenido la mayor precisión con la raqueta 5. De modo que, no únicamente son mejores con raquetas menos pesadas que sujetos con un perímetro de antebrazo menor, sino que, además su precisión es mayor que con raquetas más pesadas.

SUJETO	PERÍMETRO ANTEBRAZO	DISTANCIA R1	DISTANCIA R2	DISTANCIA R3	DISTANCIA R4	DISTANCIA R5
3,0	26,4	39,0	92,0	57,7	43,3	27,0
7,0	27,2	18,3	23,7	102,0	27,3	17,0

TABLA 17: DISTANCIAS EN LOS SAQUES DE LOS SUJETOS DE MAYOR PERÍMETRO DE ANTEBRAZO.

En base a esta correlación, es de interés saber que, tal y como dice Crespo<sup>19</sup> cuanto más pesada es una raqueta aportará un mayor control al golpeo, y por el contrario, cuanto más ligera sea mayor será el nivel de potencia. Por lo tanto, podemos considerar que aquellos sujetos con un perímetro del antebrazo mayor son capaces de controlar mejor raquetas más ligeras que tenistas con un perímetro del antebrazo menor, de modo que pueden emplear de manera más eficaz raquetas que aportan una mayor potencia, sin perder el control sobre el implemento.

A modo de resumen, centrándome ahora en las raquetas, y en base a las correlaciones halladas, puedo decir que realmente no hay ninguna raqueta que destaque sobre otra en lo que a número de correlaciones con las características de los individuos se refiere, ya que a excepción de la raqueta 5 que tiene relación con el perímetro del antebrazo y los años de entrenamiento, las demás solo se correlacionan con una o ninguna variable. De manera, que de nuevo, esto puede ser síntoma de la falta de sujetos en la muestra, lo que nos impide llegar a unos resultados con relevancia estadística.

En lo que a la valoración subjetiva de los sujetos respecta, que como ya hemos dicho, coincide con la precisión media obtenida, puede poner de manifiesto que la percepción de comodidad por parte de los tenistas puede ser un factor que determina en gran medida el rendimiento obtenido.

Por otro lado, como aportación personal, considero importante añadir una observación obtenida en la realización de este estudio en relación con las tallas de las empuñaduras, para ello hare referencia a las siguientes tablas:

Europa	CM
#1	10,3- 10,6
#2	10,6- 10,9
#3	10,9- 11,2
#4	11,2- 11,5
#5	11,5- 11,8

TABLA 18: TALLAS PUÑOS RAQUETAS MERCADO.

Nº	NOMBRE	PUÑO (talla)	PUÑO(cm)
1	WILSON BLADE 98S	2	11,4
2	BABOLAT PURE DRIVE	3	11,7
3	WILSON TOUR PRO27	4	11,6
4	BABOLAT CLASSIC	2	11,3
5	BABOLAT DRIVEZITE	2	11,4

TABLA 19: MEDIDAS PUÑOS DE LAS RAQUETAS DEL ESTUDIO.

Al comparar los datos de las tablas 18 y 19, nos damos cuenta de que no coinciden los datos de una tabla con los de la otra. Por ejemplo la raqueta 1 que, en teoría es una talla 2, tiene un perímetro de 11,4 cm, y si observamos las medidas consideradas en el mercado de las raquetas, equivaldría a una talla 4, y esto ocurre con las tallas de todas las raquetas. Por lo tanto este tema da pie a una reflexión sobre si la información aportada por las marcas de tenis es verídica o no.

En base a todo el trabajo realizado y centrándome en los resultados obtenidos y la discusión sobre los mismos, a continuación voy a establecer una serie de conclusiones.

## 6. CONCLUSIONES

- No se puede afirmar que las características de los sujetos o de las raquetas sean determinantes en la precisión del saque, parece más bien que sea una preferencia subjetiva de cada tenista lo que determina esta efectividad.
- Teniendo en cuenta la falta de relevancia estadística del estudio, podemos concluir que únicamente influyen en la precisión de los saques tres características de los sujetos: en primer lugar, la talla de los tenistas, de manera que deportistas con una estatura mayor se ven beneficiados por raquetas más largas en la precisión de sus saques; en segundo lugar, el perímetro del antebrazo, ya que tenistas con mayor antebrazo tienen una mayor precisión en el saque con raquetas menos pesadas; y por último, los años de entrenamiento, de modo que sujetos con más años de entrenamiento serán más precisos en los saques que los que han entrenado menos años con raquetas de menor peso y equilibrio más alto.
- Raquetas de menor longitud y con una cabeza de menor área van a permitir una mayor precisión en el saque como norma general, a excepción de aquellos sujetos que sean capaces de controlar raquetas de mayor longitud, que según este estudio serán aquellos tenistas de mayor estatura.
- Hay que revisar el tallaje de las empuñaduras del mercado, ya que no coincide con los perímetros reales, de modo que puede ocasionar la elección incorrecta de la raqueta, en lo que respecta a la talla del puño, por parte de los tenistas.

### 7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

- Una muestra más amplia de tenistas quizá habría permitido llegar a unos resultados más concluyentes y con relevancia estadística.
- La accesibilidad a material como radares u otros elementos, como el ojo de halcón, nos habría permitido una medición más exacta, e incluso añadir el parámetro de potencia, que sin duda alguna habría aportado unos resultados más fiables y completos.

#### 8. PERSPECTIVAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Tras la realización del presente estudio se abren numerosos campos en los que seguir investigando. En primer lugar se podría llevar a cabo un estudio de características similares incluyendo diferencias entre mujeres y hombres. También sería interesante estudiar la ergonomía de las raquetas empleando una muestra de tenistas federados, los cuales tienen un mayor dominio técnico, de manera que permitiría alcanzar una mayor exactitud en los resultados.

Además, se podría seguir investigando con el fin de conseguir hallar el o los parámetros que permitan seleccionar la raqueta idónea para cada sujeto, ya que no se ha logrado en el presente trabajo. Esto es tarea difícil ya que, no ocurre como en otros deportes como el ciclismo, en el cual los deportistas tienen muy claro que bicicleta elegir en función de sus características, sino que en el caso del tenis se decantan sobre todo por sensaciones, de modo que sería de gran utilidad conseguir hallar el o los elementos que otorgara a los tenistas una herramienta con criterio científico que les permitiera elegir la raqueta que mejor se adaptara a cada uno de ellos.

### 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación internacional de ergonomía [Internet]. 2015 [citado 18 September 2015]. Disponible en: <http://www.ergonomos.es/>
2. López J. La ergonomía en el deporte [Internet]. SportAdictos. 2014 [citado 1 October 2015]. Disponible en: <http://sportadictos.com/2014/01/ergonomia-del-deporte>
3. Martínez B. Historia y evolución del Tenis. Materiales para la historia del deporte. 2013; 52.
4. Parlebas P. Elementos de sociología del deporte. Cádiz: Unisport; 1986.
5. Hernández Moreno J. Análisis de las estructuras del juego deportivo. Fundamentos del deporte. 1st ed. Barcelona: Inde; 1994
6. Blázquez D, Hernández J. Clasificación o taxonomías deportivas. Barcelona: Monografía Inef.1984.
7. Frutos J. Análisis estructural del golpeo en tenis: una aproximación desde la biomecánica (31), 111-133. Motricidad: revista de ciencias de la actividad física y del deporte. 2013; 31.
8. Susta D, O'Connell D. Wrist position affects hand-grip strength in tennis players. XXVII Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport. 1st ed. Limerick: Ireland; 2009.
9. Sarabia J, Juan C, Hernández H, Urbán T, Moya M. El mantenimiento de la potencia mecánica en tenistas de categoría cadete. Motricidad European Journal of Human Movement. 2010; 25:51-74.
10. Weineck J. Entrenamiento total. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2005.
11. Bahamonde R, Knudson D. Kinematic analysis of the open and square stance tennis forehand. Medicine & Science in Sports & Exercise. 1998; 30(Supplemento):29.
12. Knudson D. Biomechanical aspects of the tennis racket. In: Hong Y, Barlett R, ed. by. Handbook of biomechanics and human movement science. 1st ed. USA: Routledge; 2008. p. 244-256.
13. Ashley S. High-tech racquets hold court. Mechanical Engineering. 1993; 115(8):50-55.
14. Brody H. Physics of the tennis racket. Am J Phys. 1979; 47(6):482.

15. Elliott B, Blanksby B, Ellis R. Vibration and Rebound Velocity Characteristics of Conventional and Oversized Tennis Rackets. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1980; 51(4):608-615.
16. Brody H, Cross R, Lindsay C. *The physics and technology of tennis*. Solana Beach, California: Racquet Tech Publishing. 2002.
17. Bower R, Cross R. String tension effects on tennis ball rebound speed and accuracy during playing conditions. *Journal of Sports Sciences*. 2005; 23(7):765-771.
18. ITF Limited international tennis federation. *ITF Reglas del tenis*. London; 2014.
19. Crespo M. La raqueta de tenis [Internet]. [citado 26 September 2015]. Disponible en:  
<http://www.miguelcrespo.net/temasextra/Tema%202.%20%20La%20raqueta%20de%20tenis.pdf>
20. Maeda H, Okauchi M, Shimada Y. A model for analysis of the impact between a tennis racket and a ball. XVIII Symposium of the International Society of Biomechanics in Sport. 1st ed. Hong Kong: China; 2000.
21. Bahamonde R. Review of the biomechanical function of the elbow joint during tennis strokes. *International Sport Medicine Journal*. 2005; 6(2):42-63.
22. Tenniswarehouse-europe.com. Términos: Raquetas y Cordajes [Internet]. 2015 [citado 23 September 2015]. Disponible en: <http://www.tenniswarehouse-europe.com/lc/RacquetStringTerms.html?lang=es>
23. Armiñana M. Partes de la raqueta de tenis [Internet]. TENIS TOTAL. 2015 [citado 8 September 2015]. Disponible en: [http://www.tenistotal.es/Partes-de-la-raqueta-de-tenis\\_a71.html](http://www.tenistotal.es/Partes-de-la-raqueta-de-tenis_a71.html)
24. TennisPlanet.es. Elegir raqueta de tenis [Internet]. 2015 [citado 22 September 2015]. Disponible en: <http://www.tennisplanet.es/raquetas-de-tenis/informacion/elegir-raqueta-de-tenis/>
25. Ecured.cu. Raqueta de tenis - EcuRed [Internet]. 2015 [citado 15 September 2015]. Disponible en: [http://www.ecured.cu/index.php/Raqueta\\_de\\_tenis](http://www.ecured.cu/index.php/Raqueta_de_tenis)
26. Deportesfrias.com. Características de las raquetas de tenis [Internet]. [citado 21 Septiembre 2015]. Disponible en:  
<http://www.deportesfrias.com/TipoRaquetasTenis.php>

27. Brody H. An overview of racket technology. In: Haake S, Coe A, ed. by. *Tennis Science and Technology*. 1st ed. London, England: Blackwell Science Ltd; 2000. p. 43-48.
28. Brody H. How Would a Physicist Design a Tennis Racket?. *Phys Today*. 1995; 48(3):26.
29. Knudson D. Effect of grip models on rebound accuracy of off-center tennis impacts. *Biomechanics in Sports XV*. 1st ed. 1997. p. 483-487.
30. Cross R. Materials and tennis string. In: Jenkins M, ed. by. *Materials in sports equipment*. 1st ed. England: Woodhead Publishing; 2015. p. 196-220.
31. Bello G, González J. La evolución de las raquetas de tenis. IV Congreso mundial de ciencia y deportes de raqueta. Madrid: Universidad de Vigo; 2006.
32. Raigosa J. TENIS: medidas de la cancha de tenis [Internet]. *Tenispalleja.blogspot.com.es*. 2013 [citado 5 Octubre 2015]. Disponible en: <http://tenispalleja.blogspot.com.es/2013/03/medidas-de-la-cancha-de-tenis.html>
33. Kovacs M. Tennis Physiology. *Sports Medicine*. 2007; 37(3):189-198.
34. Solanellas F, Tuda M, Rodríguez F. Valoración cineantropométrica de tenistas de diferentes categorías. *Apunts*. 1996:122-133.
35. Torres G, Alacid F, Ferragut C, Villaverde C. Estudio cineantropométrico del jugador de tenis adolescente. (Cinematic anthropometric study of adolescent tennis players). *Cultura\_Ciencia\_Deporte*. 2006; 2(4):27-32.
36. Rynkiewicz M, Rynkiewicz T, Zurek P, Ziemann E, Szymanik R. Asymmetry of muscle mass distribution in tennis players. *Trends in Sport Sciences*. 2013; 20(1).
37. Prieto J, Valdivia-Moral P, González G, Castro R. Epidemiología lesional en tenistas amateurs. *E-motion Revista de Educación, Motricidad e Investigación*. 2014; 3:108-119.
38. Urban T, Hernández-Davó H, Moreno F. Variabilidad cinemática en relación con el rendimiento en el saque en jóvenes tenistas. *Motricidad European Journal*. 2012:49-60.
39. Kovacs M, Ellenbecker T. A Performance Evaluation of the Tennis Serve: Implications for Strength, Speed, Power, and Flexibility Training. *Strength and Conditioning Journal*. 2011; 33(4):22-30.

40. Elliott B. Biomechanics of the Serve in Tennis. *Sports Medicine*. 1988; 6(5):285-294.
41. Elliott B, Fleisig G, Nicholls R, Escamilla R. Technique effects on upper limb loading in the tennis serve. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2003; 6(1):76-87.
42. Girard O, Micallef J, Millet G. Influence of Restricted Knee Motion During the Flat First Serve in Tennis. *J Strength Cond Res*. 2007; 21(3):950.
43. Van den tillar R, Ettema G. Influence of instruction on velocity and accuracy of overarm throwing. *Perceptual and Motor Skills*. 2003; 96(2):423-434.
44. Oña, Martínez M, Moreno F, Ruiz L. Control y aprendizaje motor. Madrid: Síntesis; 1999.
45. Van den Tillaar R, Ettema G. A comparison between novices and experts of the velocity-accuracy trade-off in overarm. *Perceptual and Motor Skills*. 2006; 103(2):503-514.
46. Llamas G, Suárez D. Influencia del tipo de raqueta utilizada en la potencia y precisión del saque de tenis. 2015.
47. Mavvidis A, Manousaridou A, Grivas N, Evagelidis T, Laios A. The effectiveness of serve in tennis depending on the placement of palm across the racket grip inwards or outwards. *Journal of Physical Education and Sport*. 2014; 4(4).
48. Nirchl R, Ashman E. Elbow tendinopathy: tennis elbow. *Clinics in sports medicine*. 2003; 22(4):813-836.
49. Hatch G, Pink M, Mohr K, Sethi P, Jobe F. The Effect of Tennis Racket Grip Size on Forearm Muscle Firing Patterns. *The American Journal of Sports Medicine*. 2006; 34(12):1977-1983.
50. Nirchl R. *Arm Care*. Arlington. Virginia, Medical Sports. 1981.
51. Nirchl R. Elbow tendinosis/tennis elbow. *Clinics in sports medicine*. 1992; 11(4):851-870.
52. Rossi J, Vigouroux L, Barla C, Berton E. Potential effects of racket grip size on lateral epicondylalgia risks. *Scand J Med Sci Sports*. 2014; 24(6):e462-470.

53. Chourasia A, Buhr K, Rabago D, Kijowski R, Sesto M. The effect of lateral epicondylosis on upper limb mechanical parameters. *Clinical Biomechanics*. 2012; 27(2):124-130.
54. Witriw A. Antropometría. Técnicas de medición [Internet]. 2015 [citado 3 October 2015]. Disponible en:  
<http://www.fmed.uba.ar/depto/nutrievaluacion/ANTROPOMIA~TECNICAS%20DE%20MEDICION%20%5BModo%20de%20compatibilidad%5D.pdf>

**ANEXOS**

**Anexo 1**

<b>NÚMERO SUJETO</b>	
<b>NIVEL</b>	
Edad	
Años de práctica	
<b>MANO DOMINANTE</b>	
<b>MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS</b>	<b>CM</b>
<b>1. Talla</b>	
<b>2. Mano</b>	
Longitud	
Anchura	
Grosor	
<b>3. Antebrazo</b>	
Longitud	
Diámetro	
<b>4. Brazo</b>	
Longitud	
Diámetro	

## Anexo 2: Consentimiento Informado para Participantes de Investigación

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación es conducida por \_\_Paula Cervera Sanz\_\_, de la Universidad \_\_de Zaragoza\_\_. La meta de este estudio es \_\_Estudiar la ergonomía de las raquetas

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma.

Desde ya le agradecemos su participación.

---

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por \_\_Paula Cervera Sanz\_\_. He sido informado (a) de que la meta de este estudio es estudiar la ergonomía de las raquetas.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a al teléfono 679096067

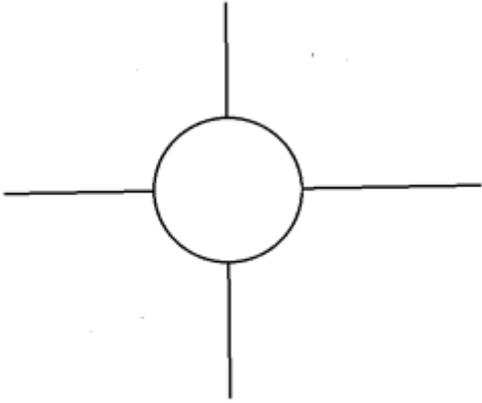
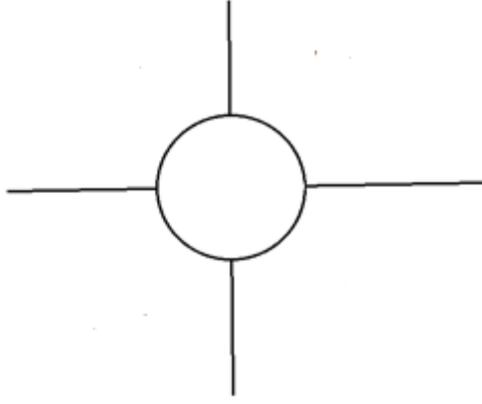
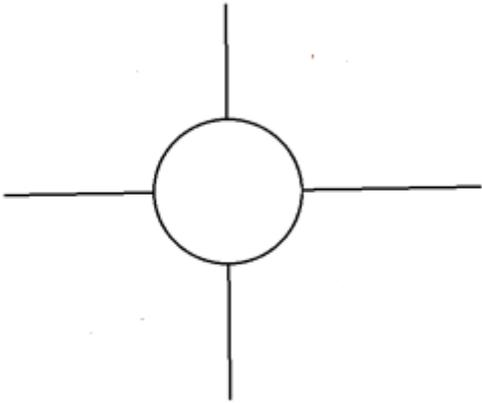
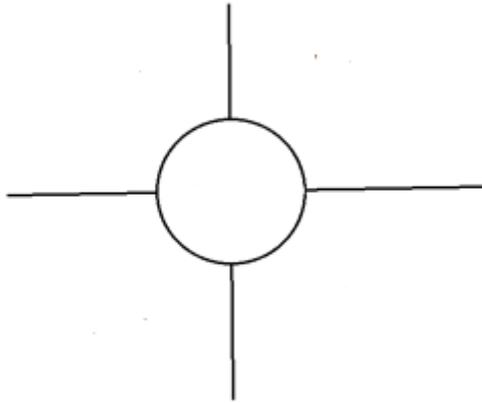
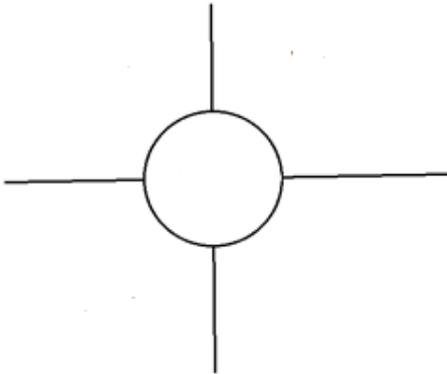
-----

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha

Anexo 3

<p>R 1</p> 	<p>R 2</p> 
<p>R 3</p> 	<p>R 4</p> 
<p>R 5</p> 	

# Trabajo de fin de grado

Ergonomía de las raquetas de tenis

Paula Cervera Sanz

---