

GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE



## **Trabajo de Fin de Grado:**

**Cinemática de la técnica de carrera en atletas con diversidad funcional visual: un análisis comparativo.**

Autor/a: García Tomás, Marta

DNI: 15457686-F

Curso: 2018/2019

Tutor/a: Dra. Dña. Virginia Alcaraz Rodríguez

Departamento T<sup>a</sup> e H<sup>a</sup> de la Educación y Pedagogía Social

Área Motricidad Humana y Rendimiento Deportivo

## Resumen.

El propósito de este estudio fue el de analizar la técnica de carrera de un grupo de atletas con diversidad funcional visual con respecto a un grupo control formado por atletas sin discapacidad. El principal objetivo fue determinar la existencia o no de diferencias entre el rendimiento de ambos grupos de atletas y por qué estuvieron causadas, a través del estudio de ciertos parámetros cinemáticos que determinan la carrera de velocidad, entre ellos: el tiempo de carrera, el número de pasos, la velocidad media, la longitud de zancada, la frecuencia de zancada, el tiempo de apoyo o el tiempo de vuelo. La muestra estuvo formada por 7 atletas velocistas B2 y 7 atletas velocistas sin discapacidad, todos ellos federados y con experiencia competitiva a nivel autonómico y nacional. El análisis se llevó a cabo mediante una cinematografía bidimensional con una cámara de alta velocidad. Los resultados arrojaron mayores velocidades medias en el caso del grupo control. En cuanto a la longitud de zancada media, fue superior de nuevo en el caso del grupo control con respecto a los atletas con DFV, que por su parte obtuvieron una mayor frecuencia de zancada media. El tiempo de vuelo fue menor en atletas con deficiencia visual y mayor el de apoyo con respecto al grupo control.

**Palabras clave: atletismo – discapacidad visual – técnica de carrera – biomecánica.**

## Abstract.

The purpose of this study was to analyze the running technique of visually impaired athletes and to compare it with a control group formed by athletes without disabilities. The main objective was to determine the existence of differences in performance of both groups through the study of kinematic parameters that contribute in the sprint performance: running time, average speed, number of strides, stride length, stride frequency, flight phase or contact time. A total of 7 visually impaired athletes and 7 athletes without disabilities were assessed. The kinematic analysis was made by using cinematography techniques and high speed cameras. The results show that average speed was higher in the control group. The stride length was higher in the control group and the stride frequency was higher in the group of visually impaired athletes. Flight phase was shorter in visually impaired athletes and contact time was longer in them too.

**Key words: athletics – visually impaired – running technique – biomechanics.**

## Índice.

Índice. ....	4
1. Introducción. ....	5
2. Justificación. ....	7
3. Objetivos. ....	8
4. Marco teórico. ....	9
4.1 Contextualización histórica del atletismo y el atletismo adaptado hasta la actualidad. ....	9
4.2 Diversidad funcional visual. ....	13
4.3 Contextualización teórica del atletismo adaptado. ....	17
4.4 ¿Cómo se corre?.....	20
4.5 Estudios relacionados.....	24
5. Metodología. ....	26
5.1 Descripción de la muestra. ....	28
5.2 Diseño experimental. ....	29
5.3 Técnicas instrumentales. ....	30
5.4 Tratamiento de datos y generación de resultados. ....	31
6. Resultados. ....	32
6.1 Estadística descriptiva.....	33
6.2 Estadística inferencial. ....	35
6.2.1 Velocidad media. ....	39
6.2.2 Número de zancadas medio. ....	40
6.2.3 Longitud de zancada media.....	41
6.2.4 Frecuencia de zancada media.....	42
6.2.5 Tiempo de apoyo medio.....	43
6.2.6 Tiempo de vuelo medio.....	44
7. Discusión y conclusiones. ....	46
8. Limitaciones.....	50
9. Perspectivas futuras. ....	51
10. Bibliografía. ....	53
11. Documentos anexos. ....	55

## 1. Introducción.

La inclusión de las personas con discapacidad en la vida en sociedad representa una lucha constante hoy en día. Al igual que en la estructura del deporte convencional, la creación de Federaciones Nacionales e Internacionales de diferentes discapacidades y deportes y el establecimiento de programas y competiciones deportivas desde el ámbito local hasta el ámbito mundial, han permitido el aumento de la repercusión que tienen estos deportistas en una sociedad calada por un deporte solamente concebido desde el prisma del espectáculo y el negocio.

Desde que en 1952 Ludwig Guttmann creara en Stoke Mandeville las primeras “Olimpiadas del Deporte de Minusválidos” con un total de 16 participantes en la modalidad de tiro con arco, el número de atletas participantes ha ido creciendo hasta alcanzar su máximo de participación en los pasados decimocuartos Juegos Paralímpicos de Londres en 2012, con un total de 5.000 deportistas de 174 países diferentes.

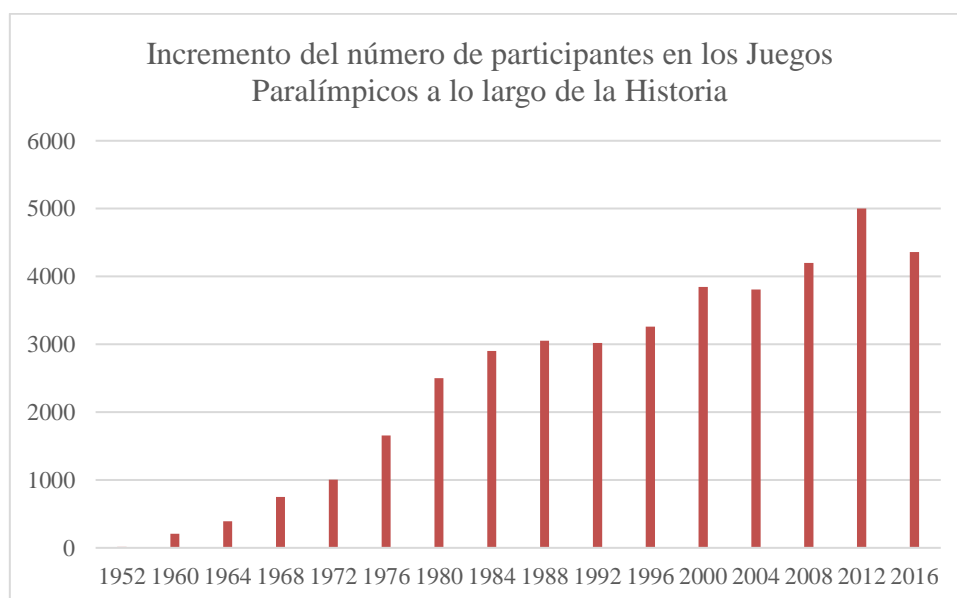


Tabla 1. *Incremento del número de participantes en los Juegos Paralímpicos a lo largo de la Historia.*

El hecho de que el crecimiento del movimiento paralímpico haya sido exponencial es, en parte, gracias al esfuerzo de muchas naciones consideradas potencias del deporte, que han invertido sus recursos en intentar obtener grandes resultados. Para cubrir estas necesidades y alcanzar estos objetivos, Pereira, Winckler, Cal Abad, Kobal, Kitamura, Veríssimo, Nakamura y Loturco (2016), afirman que han sido publicados muchos estudios que involucran a velocistas paralímpicos, ya que, de forma comparable con los Juegos Olímpicos, en los Juegos Paralímpicos, las carreras de velocidad son consideradas los eventos más prestigiosos de todas las modalidades atléticas.

De acuerdo a la clasificación expuesta en Torralba, Padullés, Braz y Olson (2014), los atletas participantes en pruebas de carreras, ya sean de velocidad o de fondo, se dividirán en tres grupos en función de su nivel de deficiencia visual: T11, T12 y T13, en orden decreciente de gravedad y, en función de unos parámetros que se explican detalladamente y más adelante en el apartado 4.2 Diversidad funcional visual. La presencia del guía será obligatoria para los atletas de la categoría T11, opcional para los de la T12 e innecesario en el caso de los atletas pertenecientes a la categoría T13 (Pereira, 2016).

Según Dyson (1978) citado en Torralba y otros (2014):

La carrera de velocidad se distingue porque los atletas salen de posición baja por lo que los primeros pasos de la carrera son más cortos. Concretamente el primer paso es el más corto, y progresivamente van aumentando en longitud hasta adquirir la máxima velocidad. A su vez, el tronco buscará progresivamente la verticalidad de forma natural. (...) El movimiento de carrera es producido por una combinación de fuerzas: internamente, la fuerza muscular y, externamente, la fuerza de la gravedad, la resistencia al aire y las fuerzas ejercidas por el suelo contra el calzado del corredor.

La variable tiempo es definida como el criterio por excelencia para determinar la eficacia de la carrera de velocidad (Pascua, 1998; Hay, 1985). Es por ello que Hay (1985) identificó otras variables de las que depende el tiempo de carrera, siendo todas ellas susceptibles de mejora a través del entrenamiento, provocando así un aumento directo del rendimiento en este tipo de pruebas. Entre estas variables se encuentran la velocidad media, la longitud de zancada, la frecuencia de zancada, el tiempo de apoyo y el tiempo de vuelo, constituyendo los parámetros principales escogidos para su análisis en este estudio.

## **2. Justificación.**

El rendimiento de nuestros atletas paralímpicos está ubicado actualmente en un excelente nivel y, por ello, “conservar dicho nivel, incluso mejorarlo, es tarea tanto de los entrenadores como de los investigadores que trabajamos en las distintas disciplinas científicas del deporte: fisiología, psicología, biomecánica, etc.” (Ferro, Graupera, Blasco, Barceló y Antón, 1997).

El compromiso adquirido en este estudio es el de encontrar las particularidades existentes entre la carrera de velocidad de atletas con deficiencia visual y atletas videntes. Estudios anteriores a este muestran marcadas diferencias en la frecuencia de zancada de atletas ciegos y controles cuando corren a máxima velocidad (Ferro y otros, 1993).

El análisis de las peculiaridades de la técnica de carrera, desde un punto de vista cinemático, de velocistas ciegos y deficientes visuales, serán de gran utilidad tanto para el entrenador como para el deportista, proporcionando información cuantitativa sobre el rendimiento que nos permitirá buscar la forma óptima de obtener mejoras. Así mismo, esto nos permitirá tener unos parámetros de referencia que guiarán a los entrenadores a la hora de elegir el guía más adecuado para el atleta, ya que los entrenadores paralímpicos suelen seleccionar guías que cumplen, entre otras, la característica de ser capaces de alcanzar una velocidad máxima un 10% superior a la velocidad máxima alcanzada por el atleta (Veríssimo y Winckler, 2014).

Es conocido que, desde un punto de vista biomecánico, la carrera de velocidad está determinada por la frecuencia de zancada y la longitud de zancada. Estos dos factores guardan una relación inversamente proporcional, por lo que el incremento de uno de los factores resultará beneficioso en la mejora de la velocidad, siempre que el otro factor no sufra una disminución igual o mayor (Hunter, Marshall y McNair, 2004). Esta es la razón por la cual en este trabajo nos centraremos en su análisis.

### **3. Objetivos.**

El principal propósito de este estudio es la evaluación de la técnica de carrera de velocistas con diversidad funcional visual a través de un análisis cinemático de los atletas que participaron en el II Stage de Atletismo organizado por la Federación Andaluza de Deportes para Ciegos (Sevilla, 1 y 2 de diciembre de 2018), realizando un estudio comparativo con un grupo control formado por atletas sin discapacidad del mismo nivel.

Con los resultados obtenidos se quiere lograr:

- Profundizar en el conocimiento de la técnica de carrera de estos atletas a través del estudio de las variables cinemáticas que inciden en su eficiencia: tiempo de carrera, velocidad media, frecuencia de zancada, amplitud de zancada, tiempo de apoyo y tiempo de vuelo.
- Identificar las diferencias latentes, y si estas son significativas, en las carreras de velocidad realizadas por atletas con discapacidad visual y el grupo control.
- Proporcionar datos objetivos a los entrenadores para que puedan planificar los entrenamientos en función de unas necesidades de mejora concretas. Esto nos permitirá buscar soluciones orientadas a la mejora del rendimiento deportivo de los atletas.



- Relacionar los datos del estudio con los resultados obtenidos durante toda la temporada en competición, con el fin de detectar posibles anomalías.
- Dar una mayor visibilidad a este colectivo mediante el aumento de la información y el número de estudios sobre atletas con diversidad funcional visual, siendo estos escasos, debido a la baja repercusión que tienen el atletismo y, en concreto, el rendimiento de estos atletas, en nuestra sociedad.

## **4. Marco teórico.**

### **4.1 Contextualización histórica del atletismo y el atletismo adaptado hasta la actualidad.**

El atletismo es considerado el deporte organizado más antiguo del mundo. Esto es debido a que ya desde la Prehistoria, el ser humano saltaba, corría y lanzaba de forma natural como medio para lograr la supervivencia (Hernández, 2003). Abarca numerosas disciplinas como las carreras con y sin vallas, de velocidad o de fondo, la marcha atlética, los saltos, los lanzamientos y las pruebas combinadas.

Las primeras pruebas de su práctica organizada datan del Paleolítico Inferior (6000-5.500 a. C.), cuando aparecen las primeras pinturas rupestres que muestran la rivalidad de varios atletas (Hernández, 2003). Por otro lado, la referencia escrita más precisa hallada de una carrera a pie aparece en Egipto en el Siglo XV a. C., en la tumba de Amenhotep II (Liponsky, 2003).

Con los Juegos Olímpicos Antiguos celebrados en Olimpia, en el año 776 a. C., se dan los primeros encuentros deportivos organizados en los que están presentes algunas disciplinas atléticas (Hernández, 2003). La primera prueba que se disputó fue la carrera del estadio (197,27 metros, es decir, la equivalencia métrica a 200 veces el pie de Heracles),

instaurándose más tarde otras carreras de armas, carreras ecuestres, pruebas de lucha y, en el año 708 a. C., el pentatlón, que incluía el salto de longitud, el lanzamiento de jabalina y disco, la lucha y la carrera del estadio.

Sin embargo, el atletismo empezó a desaparecer de los Juegos Olímpicos, ya que estos cada vez iban evolucionando más hacia pruebas de carácter bélico. “Lo que ahora gana el favor del público son los combates entre colosos cargados de músculo y grasa. (...) Solo encierran estética y diversión las luchas de gladiadores, poniendo en juego las vidas humanas para provocar interés en la competición” (Hornillos, 2000, p. 21).

El renacimiento del atletismo se produciría en Gran Bretaña entre los siglos XVIII y XIX:

Existieron numerosos corredores profesionales, que actuaban en los espectáculos circenses o estaban al servicio de la nobleza rústica en calidad de correos ligeros. Estos footmen llevaban las noticias hasta la ciudad y precedían el coche de su señor para anunciar la llegada del mismo. (...) Estos corredores participaban en competiciones a las que asistían sus señores, quienes apostaban grandes cantidades (Campos y Galach, 2004, p. 19 y 20).

Pero la gran aportación al atletismo surge en las universidades y en las escuelas inglesas, siendo el pedagogo Thomas Arnold (1795-1843), director del célebre Rugby College, quien reglamenta y sistematiza las actividades físicas, con una enorme influencia sobre el deporte y el atletismo. De esta forma se funda en 1850 en el Colegio de Exeter de la Universidad de Oxford la primera asociación atlética, practicando fundamentalmente carreras y lanzamientos (Hornillos, 2000, p. 22 y 23).

A raíz de la proliferación del atletismo en las escuelas y las universidades británicas, la práctica atlética se incrementa también en Estados Unidos, país que realiza una gran difusión

de este deporte, celebrándose por primera vez en la Historia en 1876 el Campeonato Nacional de USA (Hornillos, 2000). En Bélgica, el primer campeonato nacional disputado fue en 1889, seguida por Alemania y Australia, que celebrarían sus primeros campeonatos nacionales en 1891 y 1893 respectivamente. En España, “los gimnasios son, seguramente, el embrión de los primeros clubes de atletismo” (Campos y Galach, 2004, p. 22). Cabe destacar entre ellos la Sociedad Gimnástica Española, el Gimnástico de Tarragona o la Federación Atlética Vizcaína, que, aunque en principio fueran organizaciones destinadas a la práctica de la gimnasia y otras actividades, poco a poco empiezan a incluir el atletismo entre sus propuestas.

Con el cronometraje eléctrico en 1892 y la renovación de los Juegos Olímpicos en 1896 gracias al barón Pierre de Coubertin, figura universal del deporte, el atletismo entró en la era moderna.

Considerado deporte olímpico durante toda su larga historia, sin embargo, no sería hasta veintiún siglos después de los primeros Juegos Olímpicos Antiguos de Grecia, cuando pasaría a ser también considerado como deporte paralímpico.

Aunque ya en 1910 los ciegos alemanes practicaban atletismo de forma organizada (Torralba, 2004), no fue hasta el final de la Primera Guerra Mundial (1914-1918) cuando el deporte para personas con diversidad funcional empieza a desarrollarse como medio para lograr la rehabilitación física y psíquica de los heridos. Tras el final de la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), la actividad física adquiere un mayor protagonismo social, permitiendo a los combatientes heridos empezar a organizarse para cubrir sus necesidades.

En 1948, Ludwing Guttman, un médico británico especialista en neurología y en el estudio de las disfunciones físicas, y pionero en la utilización de la actividad física como terapia, crea en Stoke Mandeville las “Olimpiadas del Deporte de Minusválidos”, que se internacionalizarían

en el año 1952 (Torralba, 2004). En aquella primera edición participaron 16 antiguos militares británicos en silla de ruedas, 14 hombres y 2 mujeres, compitiendo en la modalidad de tiro con arco.

En el año 1960, Antonio Maglia, director del centro de lesionados medulares de Ostia (Italia), propone a Guttman trasladar los Juegos de Stoke Mandeville a Roma, convirtiéndose en los primeros Juegos Paralímpicos oficiales de la historia. Estos juegos ya no solo fueron orientados a veteranos de guerra y participaron en ellos más de 400 atletas de un total de 23 países diferentes. A partir de este hecho, los Juegos Paralímpicos empezaron a llevarse a cabo el mismo año que los Juegos Olímpicos tras la finalización de estos.

En consecuencia, aparecen organizaciones deportivas que reivindican la competición deportiva para todos. Primero se agrupan en torno a las competiciones de Stoke, apareciendo una internacional para lesionados medulares, posteriormente surgió la Organización Internacional de Deportes para Discapacitados (ISOD), que intentaba agrupar deportivamente a todos los discapacitados. Después fueron apareciendo otras organizaciones que trataban de diversificar el deporte de los discapacitados con objeto de ofrecer un deporte más específico y adecuado a cada discapacidad. En esta situación aparece IBSA, siglas en inglés de Asociación Internacional de Deporte para Ciegos (Antón, 2002, p. 33).

En 1970 se celebró en Saint Etienne (Francia), el Campeonato del Mundo al que por primera vez acuden personas con diversidad funcional visual. De manera homóloga, se celebrarían en 1976 y en 1977 respectivamente, los primeros Juegos Paralímpicos y Campeonatos europeos con presencia de atletas con esta discapacidad. De esta forma, el Programa Internacional de Atletismo quedaba definido de manera paralela al ciclo olímpico, con Campeonatos de Europa en los años impares y Campeonatos del Mundo y Paralimpiadas en años pares.

En España, el deporte adaptado comenzó con más letargo, sin embargo, los ciegos españoles siempre estuvieron presentes en las competiciones internacionales desde sus comienzos: “Los ciegos españoles participaron en la primera Paralimpiada que incorporó ciegos, en el primer Campeonato del Mundo y en el primer Campeonato de Europa de Atletismo para Ciegos” (Antón, 2000, p. 34).

Históricamente, en un principio, el deporte para ciegos en España estuvo organizado por la Federación Española de Deporte para Minusválidos, que se fundó en el año 1969, hasta que en el año 1987 la ONCE pasó a hacerse cargo del deporte que practican todos sus afiliados.

Posteriormente, con la nueva Ley del Deporte se crea la nueva estructura deportiva del deporte para ciegos en España. Dicha estructura está formada por el Club de Deportes ONCE y la Federación Española de Deportes para Ciegos, reconocida por el Consejo Superior de Deportes desde 1993. Aún hoy sigue desarrollándose esta estructura federativa en cada comunidad autónoma (Antón, 2000, p. 34).

#### **4.2 Diversidad funcional visual.**

La Organización Mundial de la Salud define la discapacidad como un término general que abarca las deficiencias, las limitaciones de la actividad y las restricciones de la participación. Las deficiencias son problemas que afectan a una estructura o función corporal; las limitaciones de la actividad son dificultades para ejecutar acciones o tareas, y las restricciones de la participación son problemas para participar en situaciones vitales.

Por consiguiente, la discapacidad es un fenómeno complejo que refleja una interacción entre las características del organismo humano y las características de la sociedad en la que vive.

La ONCE define a las personas ciegas o con ceguera como aquellas que no ven nada en absoluto o solamente tienen una ligera percepción de luz que les permite distinguir entre la luz y la oscuridad, pero nunca la forma de los objetos. Por otro lado, hablaremos de personas con deficiencia visual refiriéndonos a aquellas que aun con la mejor corrección posible y con gran dificultad, podrían ver o distinguir objetos a una distancia muy corta.

En el mundo hay aproximadamente 285 millones de personas con discapacidad visual, de las cuales 39 millones son ciegas y 246 millones presentan baja visión.

Torralba (2004), habla de los dos aspectos más importantes para el funcionamiento visual: la agudeza y el campo.

La agudeza visual es “la medida clínica de la habilidad para discriminar claramente detalles finos en objetos o símbolos a una distancia determinada” (Barraga, 1997). Sus valores pueden oscilar entre 0 (ceguera) y 1 (visión normal).

El campo visual es el espacio que abarca la visión del ojo cuando está inmóvil mirando un punto fijo. El campo “proporciona información sobre la zona útil de visión de la persona, así como de la zona o zonas en las que la visión es muy pobre o no hay visión” (Torralba, 2004).

Referido a esto último, según la OMS, encontraremos varias alteraciones referidas al campo visual:

- Visión periférica: la maculopatía y la atrofia del nervio óptico son los principales causantes de este tipo de visión, en el que se encuentra afectado el campo visual central, solamente dejando intacta la visión de la zona periférica del ojo.
- Visión tubular: se conoce como una reducción del campo visual periférico, quedando conservado este en la zona central del ojo. Las patologías más frecuentes que causan este tipo de visión son la retinosis pigmentaria, consistente en una degeneración

progresiva de la retina, y el glaucoma avanzado, consistente en un aumento de la presión intraocular.

- Escotomas: son zonas aisladas, sin visión, totalmente aleatorias, dentro del campo visual. El grado de afectación dependerá de la extensión y la localización de los escotomas, ya que serán mucho más graves aquellos que, por ejemplo, afecten a la mácula, situada en la parte de la retina y especializada en la visión fina de los detalles.

En la práctica y, más en concreto en nuestra práctica, el atletismo:

La importancia de la discapacidad visual varía de forma notoria de unas personas a otras, según la causa de la deficiencia (tipo de patología, congénita o adquirida), el grado de afectación, la edad en que se ha manifestado, la experiencia visual... Incluso personas con un mismo déficit y agudeza visuales pueden tener rendimientos diferentes según la motivación, la inteligencia, la herencia, la competencia cognitiva, la familiaridad de lo que se observa, el estado emocional, la fatiga y el entorno sociocultural (Torralba, 2004, p. 16 y 17).

Asumido esto y con el fin de crear grupos de competición lo más homogéneos posibles, proporcionar una estructura a la competición y asegurar, en la medida de lo posible, que los deportistas compitieran en condiciones igualitarias, la Asociación Internacional de Deportes para Ciegos, conocida como IBSA por sus siglas en inglés, estableció en el año 2007 una clasificación de los atletas en función de su deficiencia visual:

- B1: desde aquellas personas que no perciban la luz con ningún ojo, hasta aquellas que perciban la luz, pero no puedan reconocer la forma de una mano a cualquier distancia o cualquier posición.

- B2: desde aquellas personas que puedan reconocer la forma de una mano, hasta aquellas que tengan una agudeza visual de 2/60 y/o un campo de visión de un ángulo menor de 10 grados.
- B3: desde aquellas personas que tengan una agudeza visual de más de 2/60 hasta aquellas con una agudeza visual de 6/60 y/o un campo de visión de un ángulo mayor de 10 grados y menor de 40 grados.

La clasificación proporciona un método sistemático para agrupar deportistas respecto a sus capacidades visuales dentro de clases, las cuales actúan como marco de referencia para la competición. Antes de competir en cualquier tipo de campeonato regido por la IBSA, los deportistas deben ser sometidos a clasificación, llevada a cabo por un panel internacional de clasificación en déficits visuales. Para aquellos deportes que sean gobernados por federaciones internacionales, se aplicarán las reglas correspondientes a dicha federación.

Esta denominación es la genérica, y en algunos deportes paralímpicos se modifica la nomenclatura para ajustarse a aspectos más técnicos, siendo este el caso del atletismo, en el que se denominan T o F seguido de 11-12-13, en función de si la especialidad corresponde a pista (track) o a pruebas de campo (field).



### 4.3 Contextualización teórica del atletismo adaptado.

Lowenfeld (1981) citado en Torralba (2004), indica que las personas con ceguera o deficiencia visual poseen tres limitaciones básicas:

- En la cantidad y la variedad de experiencias que la persona puede realizar.
- En la capacidad de conocer el espacio que lo rodea y moverse libremente.
- En el control del mundo que lo rodea y en las relaciones que establece el Yo del niño o adulto ciego o deficiente visual con ese entorno.

Sin embargo, en publicaciones como Torralba y otros (2014) y Torralba (2004), se coincide en señalar que el movimiento y, la práctica de atletismo en concreto, contribuye en la mejora de factores como la integración de estas personas en la sociedad y, como consecuencia, en el mundo de la actividad física, la mejora del desarrollo fisiológico, la adquisición de autoestima y confianza en uno mismo, el deseo de desarrollo personal y auto superación y, en general, la mejora de la calidad de vida.

La práctica deportiva es un espacio muy rico, en donde se pueden trabajar los valores. (...) Así en el deporte adaptado podemos trabajar valores como el respeto a la autonomía personal mediante una aceptación de uno mismo, mejora del bienestar y de la salud corporal, así como de las relaciones personales, u otros más utilitarios como la ocupación del tiempo libre, la dedicación y la valoración del esfuerzo, o de tipo moral como la cooperación y el respeto a las normas (Torralba, 2004, p.12).

El atletismo, considerado en muchos lugares del mundo un deporte base, es una herramienta muy importante que cumple con los objetivos enumerados en los párrafos anteriores. Además, incide en las habilidades motrices básicas del individuo: saltos, desplazamientos y lanzamientos.

Aunque los atletas con ceguera o deficiencia visual practican el atletismo siguiendo los prototipos preestablecidos en el reglamento dictado por la IAAF, estas normas han sufrido algunas modificaciones que han sido elaboradas por la IBSA, con el objetivo de permitir a los atletas con discapacidad practicar las diferentes especialidades y, si fuera posible, con las adaptaciones mínimas para que, dado el caso, pudieran competir con atletas videntes.

Mostramos a continuación, adaptado del reglamento IBSA, las modificaciones llevadas a cabo en cada modalidad atlética, aunque siempre tendremos presente la presencia del guía como la adaptación más importante. Destacan la eliminación del salto con pértiga, el lanzamiento de martillo y todas las carreras de vallas y obstáculos.

Carreras									
100 m	200 m	400 m	800 m	1.500	3.000	5.000	10.000	Maratón	Relevos
				m	m	m	m		4 x 100
									4 x 400

- Se permiten métodos de guía mediante una cuerda de acompañamiento, no pudiendo superarse en ningún momento una distancia de separación superior a 50 centímetros entre el atleta y el guía. En la llegada, el guía no podrá estar situado por delante del atleta con deficiencia visual.
- Utilización de dos calles en aquellas carreras en la que el uso de una calle durante toda o parte de la carrera es obligatorio, es decir, en las pruebas de 100, 200, 400 y 800 metros, así como en los relevos.

Saltos		
Salto de longitud	Triple salto	Salto de altura
Tabla de magnesio a 1 metro del foso. Dimensiones: 1,22 x 1 m.	Tabla de magnesio a 9-11 metros del foso.	
Se permite el acompañamiento por parte de un guía hasta el pasillo o zona de salto y la orientación del		

---

atleta dentro de esta mediante llamadas de orientación previamente establecidas en cada caso.

### **Lanzamientos**

Lanzamiento de peso

Lanzamiento de jabalina

Lanzamiento de disco

- Se mantienen los pesos de todos los artefactos tanto en categoría masculina como femenina.
- Se permite el acompañamiento por parte de un guía hasta la zona de lanzamiento y la orientación del atleta dentro de esta mediante llamadas de orientación previamente establecidas en cada caso.

### **Pruebas combinadas**

En el caso de las pruebas combinadas, estas se reducen al pentatlón tanto masculino como femenino, quedando eliminado el decatión en el caso de los hombres y, el heptatlón, en el caso de las mujeres.

Las pruebas que lo conforman se verán modificadas según las adaptaciones vistas anteriormente.

---

*Tabla 2. Principales adaptaciones para atletas con DFV en las distintas disciplinas atléticas.*

Sin embargo, no sería hasta los Campeonatos del Mundo de 1998, cuando se adoptarían todas las medidas presentes en el cuadro anterior. Durante el transcurso del tiempo y, más concretamente las carreras de velocidad, tema principal de investigación de este proyecto, estuvieron sometidas a cambios que les permitirían evolucionar a través del tiempo.

En un primer momento, no existían los métodos de guía mediante cuerda de acompañamiento, sino que las competiciones se realizaban mediante carreras individuales en las que la clasificación se hacía por tiempos. En este caso el método de guía eran los sonidos emitidos por entrenadores o llamadores previamente pactados con los atletas. Aún hoy en día esto es permitido en el reglamento de menores. Esto conlleva una serie de desventajas, ya que no se tiene en cuenta que la velocidad del viento en contra o a favor puede cambiar durante el desarrollo de las diferentes series y que, además, es muy complicado conseguir un silencio absoluto que permita a los atletas atender únicamente a los estímulos sonoros que les ofrecen

sus entrenadores. Seguidamente, pasaron a realizarse de nuevo carreras individuales en las que la clasificación estaba determinada por el tiempo de las series, aunque en este caso, se dejaría a un lado el método de guía mediante sonidos para pasar al guiado mediante cuerda hasta que, finalmente en 1998, llegamos al sistema actual de cuatro atletas con guía por serie (Torralba, 2004).

#### 4.4 ¿Cómo se corre?

La Real Academia de la Lengua española define correr, pudiendo ser esto dicho de una persona o de un animal, como “andar rápidamente y con tanto impulso que, entre un paso y el siguiente, los pies o las patas quedan por un momento en el aire”.

Wickstrom (1990) citado por Torralba (2004, p. 96) definió el acto de correr como:

Una serie de saltos muy bien coordinados, en los que el peso del cuerpo primero se sostiene en un pie, luego lo hace en el aire, después viene a sostenerse en el pie contrario, para volver a hacerlo en el aire.

Dillman (1975) citado por Ferro y otros (1997, p. 14) afirma que:

La carrera es una modalidad deportiva que está caracterizada por la existencia de una fase de apoyo unipodal y una fase de vuelo que constituyen una zancada. (...) Un ciclo completo de carrera está compuesto por dos zancadas, es decir, desde que un pie toma contacto con el suelo hasta que el mismo vuelve a contactar, después de transcurridas dos fases de vuelo.

Aunque se puede decir que no hay dos sujetos que corran de la misma forma, es observable, que la mayoría de los autores coinciden en establecer una serie de etapas en las que se divide la carrera. Esta división nos permitirá estudiar de manera más detallada la técnica de carrera.

Según Torralba (2004), podemos distinguir las siguientes fases:

- Impulso: esta fase, que se inicia una vez que la proyección vertical del centro de gravedad sobrepasa el pie de apoyo y finaliza cuando dicho pie pierde el contacto con el suelo, se produce gracias a la extensión del pie y la rodilla.

Uno de los errores más frecuentes en esta fase es la extensión incompleta de la pierna de impulso.

- Suspensión o fase aérea: comienza cuando el pie de la pierna de impulso deja de tener contacto con el suelo y termina con el aterrizaje del pie de la pierna libre.

En esta fase, según Campos y Galach (2004, p. 67):

Las caderas avanzan, proyectadas adelante, de acuerdo con la parábola resultante de la fuerza aplicada y su orientación, el pie abandona el suelo elevándose por detrás. (...) El muslo avanza adelante-arriba por la acción de los flexores de este sobre la pelvis. (...) Al abandonar el terreno, el pie, totalmente extendido se flexiona con la punta recogida para facilitar el movimiento de avance y preparar la caída.

- Apoyo: empieza con la toma de contacto con el suelo del considerado hasta ahora pie libre y termina con el inicio de la siguiente fase de impulso. Durante esta fase la proyección vertical del centro de gravedad permanecerá en todo momento tras el pie de apoyo.

El apoyo será distinto en función de la velocidad de la carrera: a mayor velocidad de carrera, menor será el área de apoyo, empezando esta siempre por la zona del antepié y, en concreto, con la parte exterior del metatarso.

Para Campos y Gallach (2004) andar y correr son acciones deportivas sencillas y totalmente naturales, sin embargo, cuando hablamos de la carrera de velocidad, su complejidad desde el punto de vista mecánico aumenta sin cesar. Es por ello que, en cualquier análisis biomecánico o cinemático, siendo este último nuestro caso, que se precise, se deberán controlar una serie de factores que podrían alterar los resultados (Ferro y otros, 1997), entre ellos: la velocidad de carrera, el tamaño de la muestra, el sexo, la edad, las condiciones experimentales, la fatiga, patologías o discapacidades, el calzado o la superficie de apoyo.

Hay (1985) citado en Ferro y otros (1997), define la variable tiempo como el criterio de eficacia de la técnica de carrera, es decir, como la variable que se ha de minimizar para que una carrera, ya sea de fondo o de velocidad, sea más rápida. A partir de esta variable, identificó otras que estaban relacionadas con la primera y de las que esta dependía, de tal forma que el entrenamiento de cualquiera de ellas incidiría en la mejora del rendimiento del atleta.

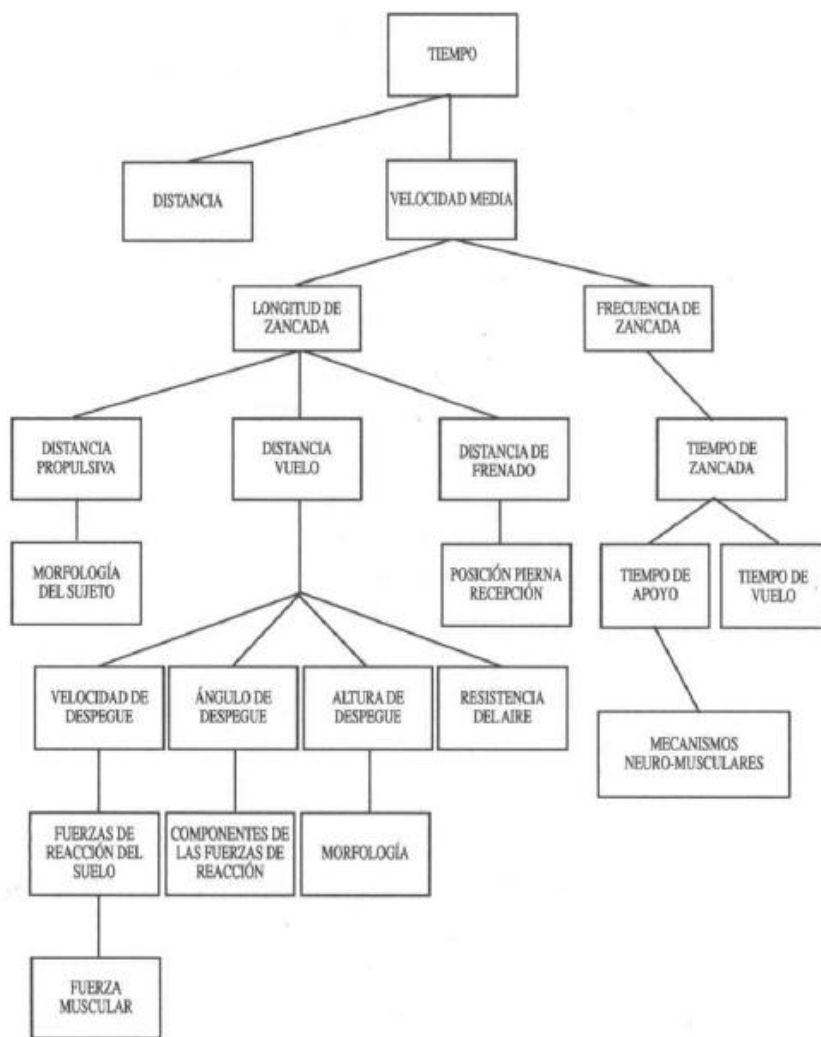


Figura 1. Variables que influyen en la eficacia de la técnica de carrera según Hay (1985).

La frecuencia y la longitud de zancada determinan la velocidad de carrera (Ferro y otros, 1997), ya que  $Velocidad = Frecuencia \times Longitud$ . Deducimos pues, que un aumento en la frecuencia y la longitud de zancada permitirán aumentar la velocidad de carrera, aunque la combinación de ambas durante las pruebas de velocidad es variable. Es por ello, que cada una de las variables cinemáticas que están relacionadas con estas dos anteriores, serán estudiadas con determinación en este artículo.

#### 4.5 Estudios relacionados.

Conocidos los fundamentos básicos mecánicos de la carrera y, en concreto, de la carrera de velocidad, podemos decir que la carrera es una acción cíclica. Afirmamos, por tanto, que la velocidad de carrera es el producto de la amplitud de zancada y la longitud de zancada, ambos considerados como los parámetros más determinantes de esta acción por numerosos autores, entre ellos: Ferro y otros (1997), Ferro y otros (2014), Mackala (2007), Mattes, Habermann, Shaffert y Mühlbach (2014) y Bezodis, Salo y Kerwin (2008).

Teniendo en cuenta que la relación existente entre ambos parámetros es inversamente proporcional (Hunter y otros, 2004), tendremos tres formas diferentes de incrementar la velocidad máxima (Mattes y otros, 2014):

- Mediante un aumento de la longitud de zancada, mientras mantenemos constante la frecuencia de zancada.
- De forma contraria al caso anterior, manteniendo la longitud de zancada mientras aumentamos la frecuencia.
- Por último, mediante la modificación simultánea de ambos parámetros.

Actualmente, aunque muy escasos, existen estudios que han encontrado diferencias significativas entre las longitudes y frecuencias de zancada de atletas videntes y atletas con deficiencia visual (Ferro y otros, 1997; Ferro y otros, 2014), siendo la longitud de zancada de menor magnitud en el caso de los atletas con problemas de visión, todo lo contrario que la frecuencia de zancada, que tiende a aumentar por encima del valor de los atletas videntes, con el fin de conseguir mantener la velocidad.

La fase de contacto representa uno de los parámetros biomecánicos más importantes en la frecuencia de carrera. La capacidad de aplicar una mayor cantidad de fuerza por unidad de tiempo durante esta fase, distinguirá a los mejores velocistas (Mattes y otros, 2014). En el



caso de los atletas ciegos o con deficiencia visual, se ha encontrado que la fase de contacto es mayor con respecto a grupos controles formados por atletas videntes, por lo que se deduce que necesitan una mayor cantidad de tiempo para aplicar una cantidad de fuerza similar a la de los atletas videntes. Así mismo, la fase de vuelo es más corta en los atletas ciegos que en los atletas sin discapacidad. Estos último dedican un 57% del tiempo total de zancada a la fase de vuelo, mientras que los atletas ciegos dedican entre un 46 y un 50% del tiempo. Se observa, además, que en ambos grupos, el tiempo de vuelo tiende a decrecer conforme aumenta la velocidad. (Ferro y otros, 1997; Ferro y otros, 2014).

Según Dillman (1975) citado en Ferro y otros (1997), podemos dividir la longitud de zancada en la distancia en sentido anteroposterior recorrida durante el apoyo y aquella cubierta en el vuelo. Según los estudios realizados hasta la fecha, tanto la distancia recorrida por el centro de gravedad durante el apoyo y durante el vuelo, son menores en el caso de los atletas con deficiencia visual (Ferro y otros, 1997), probablemente influidos estos últimos por la imposibilidad de percibir el espacio con la misma facilidad que lo hacen los atletas videntes.

Por otro lado, se resalta la casi nula diferencia entre los tiempos de reacción en la salida de tacos, por lo que se toma como no determinante este factor en el mayor tiempo de carrera y la menor velocidad media que obtienen los atletas con deficiencia visual en las distintas pruebas realizadas (Ferro y otros, 2014).

## 5. Metodología.

De manera previa a la realización del estudio, se llevó a cabo una búsqueda sistemática de bibliografía que permitiera encontrar distintos diseños de pruebas y test ya validados en otras investigaciones anteriores.

Elegido como término principal “atletismo”, se realizó un barrido de búsquedas añadiendo otros términos secundarios como “discapacidad visual”, “técnica de carrera”, “biomecánica”, “análisis cinemático” y sus respectivas traducciones al inglés. La búsqueda se acotó a 25 años atrás, debido a la ausencia de bibliografía actualizada. Los estudios relacionados con el tema, aunque muy escasos, fueron encontrados en las siguientes bases de datos:

Base de datos	Artículo	Autor/es	Año
Dialnet	Análisis cinemático de la carrera en velocistas ciegos.	Ferro Sánchez, A., Graupera Sanz, J. L., Blasco Velasco, M <sup>a</sup> I., Barceló Guidó, O., Antón Palacios, E.	1997
Dialnet	Análisis del patrón articular del miembro inferior desarrollado en la carrera por los atletas ciegos paralímpicos.	Ferro Sánchez, A., Vera Luna, P., Graupera Sanz, J. L., Blasco Velasco, M <sup>a</sup> I., B., Antón Palacios, E.	1998
Dialnet	Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres.	Krzysztof Mackala	2007
Dialnet	Análisis del rendimiento en competición entre corredores de 100 metros lisos de	Floria Martín, P., Ferro Sánchez, A.	2011

	diferente nivel.		
<b>Web of Science</b>	The sprint in persons with visually impaired.	Torralba, M. A., Padullés, J. M., Vieira, M., Olson, H.	2014
<b>Web of Science</b>	Power and speed differences between brazilian paralympic sprinters with visual impairment and their guides.	Pereira, L., Winckler, C., Cal Abad, C., Kobal, R., Kitamura, K., Veríssimo, A., Nakamura, F., Loturco, I.	2016
<b>Scopus</b>	A longitudinal study of kinematic stride characteristics in maximal sprint running.	Mattes, K., Habermann, N., Schaffert, N., Mühlbach, T.	2014
<b>Scopus</b>	A kinematics analysis of three best 100 m performances ever.	Mackala, K., Antti, M.	2013
<b>Scopus</b>	Asymmetry of step length in relationships to leg strength un 200 metres sprint of different performance levels.	Mackala, K., Michalski, R., Coh, M.	2010
<b>Scopus</b>	A longitudinal case study of step characteristics in a world class sprint athlete.	Bezodis, I., Salo, A., Kerwin, D.	2008
<b>Scopus</b>	Comparisons of spatiotemporal parameters of 100-m sprint among elite, sub-elite and non-elite amputee sprinters.	Hobara, H., Hashizume, S., Kobayashi, Y., Mochimaru, M.	2016

Tabla 3. Artículos encontrados tras el barrido de búsqueda realizado en diferentes bases de datos.

### 5.1 Descripción de la muestra.

La muestra objeto de estudio estuvo formada por siete atletas con discapacidad visual, tanto de categoría masculina como femenina, mayores de 18 años y que voluntariamente, bajo consentimiento informado previo, quisieron participar en el estudio con objeto de conocer los parámetros cinemáticos que influyen en su técnica de carrera. Todos ellos cumplen las siguientes características que aseguran la homogeneidad de la muestra, facilitándonos, de esta manera, la obtención de un patrón común de técnica de carrera:

- De acuerdo con las normas de la IBSA, son atletas de categoría B2 y, en este caso, ninguno de ellos necesitó guía para realizar las pruebas.
- Todos ellos son velocistas, especialistas en las distancias de 100, 200 y 400 metros lisos, así como en las pruebas de relevos de 4 x 100 y 4 x 400 metros.
- Pertenecen al mismo grupo de entrenamiento y llevan siguiendo una planificación de entrenamiento similar desde hace como mínimo un año, a cargo del mismo entrenador.
- La totalidad del grupo ha participado en campeonatos autonómicos y nacionales, siendo este el criterio de inclusión utilizado para poder permitir la participación en el estudio.
- La media de edad de estos atletas es de  $29 \pm 10$  años y el tiempo medio que llevan involucrados en la práctica de esta especialidad es de  $7 \pm 7$  años.

Al igual que el grupo objeto de estudio, el grupo control estuvo formado por siete atletas, en este caso videntes, cuatro de ellos de categoría femenina y tres de categoría masculina que, cumpliendo las siguientes características, se ofrecieron voluntariamente para su participación en el estudio:

- Todos ellos son atletas velocistas o vallistas, especialistas en las pruebas de 100, 200 y 400 metros lisos, 110 y 400 metros vallas y, 4 x 100 y 4 x 400 metros relevos.
- Al igual que en el caso de los atletas con deficiencia visual, todos ellos han participado en campeonatos autonómicos y nacionales.
- En la actualidad, los atletas pertenecen a dos grupos distintos de entrenamiento, aunque todos ellos tuvieron una iniciación común a cargo del mismo entrenador.
- Todos ellos han estado involucrados en el entrenamiento de la carrera de velocidad desde hace, al menos, cinco años.
- La media de edad es de edad es de  $26 \pm 1,8$  años. Por otro lado, la media de años involucrados en la práctica de atletismo es de  $12 \pm 4,5$  años.

## **5.2 Diseño experimental.**

Las pruebas se llevaron a cabo entre los meses de diciembre de 2018 y enero de 2019 en las instalaciones de atletismo del Centro Deportivo San Pablo (Sevilla), en el caso de los atletas con deficiencia visual y, en las instalaciones del Patronato Deportivo Municipal de Palma del Río en el caso de los atletas pertenecientes al grupo control.

Ambas pruebas se realizaron en la misma franja horaria y bajo las mismas condiciones, tras un calentamiento preparatorio previamente diseñado para todos los atletas en función de los requerimientos del estudio.

La prueba, adaptada de Ferro y otros (1997), consistió en la realización de tres series, la primera de ellas de familiarización con el test, de 10 metros lanzados a la mayor velocidad posible. Para la toma de datos, se eligió la serie más rápida de las dos realizadas tras la serie de prueba. Los atletas partieron de una salida de tacos, tras la señal acústica dada.

La calle, o las dos calles, en caso de que fuera necesario el acompañamiento del atleta por parte de su guía, de las pistas de atletismo donde se realizó el estudio, quedaron divididas en tres zonas (Figura 2):

- Una primera zona de aceleración, donde los atletas partiendo de parados, debieron alcanzar su velocidad máxima. En el caso de las atletas femeninas, esta velocidad máxima es alcanzada a los 40 metros de carrera (Sánchez, 2011), por lo que se preparó una zona de aceleración de dicha longitud. En el caso de los velocistas masculinos, esta zona de aceleración fue algo mayor, ya que la velocidad máxima es alcanzada por estos atletas a los 50 metros de carrera (Mackala, 2007).
- Una segunda zona, de 10 metros de longitud, donde se tomaron todos los datos necesarios para el análisis de las variables presentadas con anterioridad.
- Una tercera zona, de 40 metros de longitud, de la que dispusieron los atletas para reducir su velocidad gradualmente con total seguridad.

### **5.3 Técnicas instrumentales.**

Para la obtención de los datos que nos permitirían realizar el análisis cinemático de los parámetros más representativos de la técnica de carrera, se llevó a cabo una cinematografía de alta velocidad en 2 dimensiones. El equipo utilizado para registrar las imágenes constó de una cámara digital con una frecuencia de grabación de 150 Hz y un trípode que nos permitió ubicar en una posición fija dicha cámara, a 1,10 metros de altura con respecto al suelo y a 10 metros de distancia perpendicular con respecto a la calle por la que los atletas realizaron los test.

Para la calibración del espacio, se instalaron dos sistemas de referencia:

- Un sistema de referencia externo al sujeto, quedando en la calle debidamente marcados y, visibles en todo momento durante la grabación, los 10 metros que se utilizarían para la extracción de datos.
- Un sistema de referencia interno al sujeto, en el que se midió la distancia entre el epicóndilo humeral y la articulación acromio clavicular.

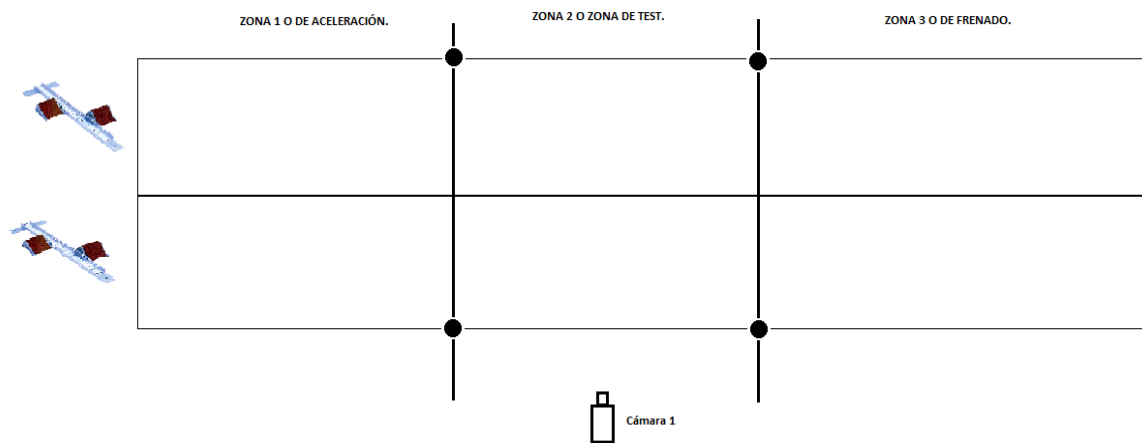


Figura 2. Configuración del espacio durante la realización de los test.

#### 5.4 Tratamiento de datos y generación de resultados.

Las imágenes obtenidas fueron analizadas mediante un software de uso libre, Kinovea para Windows en su versión actualizada (Figura 3). Para la obtención de los tiempos de paso de cada atleta, se usó el instante en el que el centro de gravedad alcanzaba el sistema de referencia instalado en la calle. Por otro lado, para la obtención de los tiempos de apoyo y de vuelo, se consideraron estos como, el tiempo que transcurre desde que el antepié toma contacto con el suelo hasta que lo pierde, y el tiempo que transcurre desde que el pie despega del suelo hasta que la pierna libre vuelve a tomar contacto con este, respectivamente.

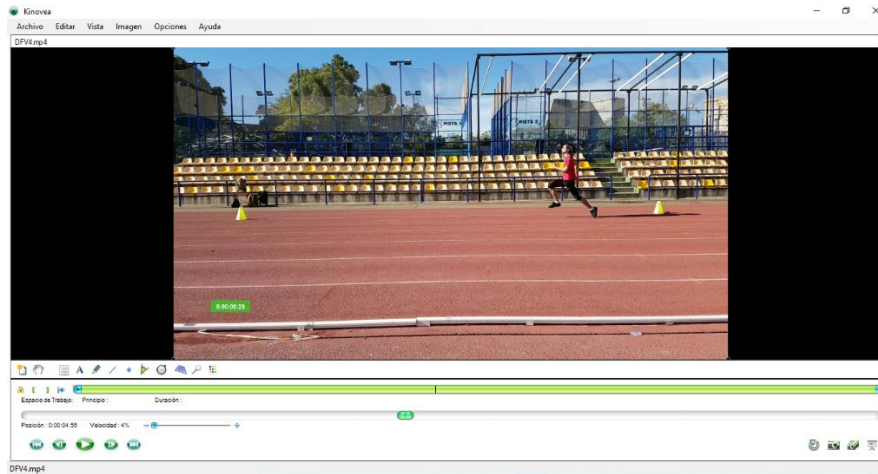


Figura 3. *Interface de uso del programa Kinovea. Medición de datos.*

Para el almacenamiento y estructuración de los datos se creó una herramienta en una hoja Excel, con los algoritmos de cálculo necesarios para analizar las variables y presentar los resultados, que resultará de interés para posteriores investigaciones en las que se requiera llevar a cabo distintos análisis cinemáticos de la técnica de carrera de diversas poblaciones.

Para realizar el análisis estadístico, los datos fueron tratados con el paquete R Comander v.3.3.2 para Windows, aplicándose el test T de Student para comparar las medias de dos grupos independientes, fijándose un nivel de significación estadística del 5%.

## 6. Resultados.

En nuestro estudio, agruparemos el análisis estadístico en dos vertientes bien diferenciadas. Por un lado, hablaremos de la estadística descriptiva, aquella encargada de describir las características de los sujetos que forman parte del estudio, presentando la información de forma organizada y resumida (Navarro, 2015). En este caso nuestros sujetos son los dos grupos de atletas que han participado en la investigación, tanto el grupo de velocistas con deficiencia visual, como el grupo control formado por atletas sin discapacidad.



Por otro lado, nos centraremos en la estadística inferencial, que nos va a permitir deducir una serie de propiedades de una población (en nuestro caso, la de los atletas con deficiencia visual especialistas en carreras de velocidad) a partir de una muestra de la misma, siempre teniendo en cuenta el proceso de selección muestral y su tamaño (Navarro, 2015).

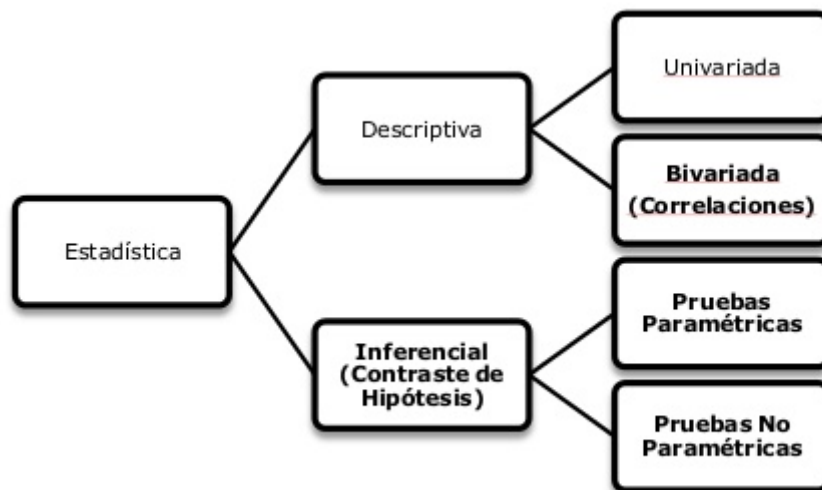


Figura 4. Clasificación de las partes en las que se divide la estadística.

### 6.1 Estadística descriptiva.

Basándonos en nuestra hipótesis de investigación:

*“Los atletas con deficiencia visual presentan un rendimiento menor en las carreras de velocidad que los atletas videntes”;*

Podemos considerar la deficiencia visual como variable, ya que es la característica que provoca los cambios en nuestra investigación. Hablaremos, por tanto, de ella, como variable independiente, y tendremos como variables dependientes las siguientes: el tiempo de carrera, el número medio de zancadas, el tiempo de vuelo medio y el tiempo de apoyo medio. También consideraremos variables dependientes a las derivadas de estas, como, por ejemplo, la velocidad media de la carrera. Cabe reseñar que elegimos esta estructura de variable

independiente-dependiente, porque nos ayuda a entender mejor los resultados de nuestra hipótesis, ya que queremos comprobar que efectivamente la característica de “no ver” es la que influye en todas las demás.

Nuestras muestras de estudio estarán conformadas por un grupo de siete atletas con diversidad funcional visual (DFV) y, otro total de siete atletas sin discapacidad alguna pertenecientes al grupo control (GC). En ambos casos, el 43% de los grupos estuvo compuesto por atletas masculinos y el 57% restante por atletas femeninas.

Para la muestra de atletas con diversidad funcional visual se obtuvieron los siguientes resultados medios:

<b>Parámetros</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>Edad (años)</b>	29	10	46	18
<b>IMC</b>	24,08	3,60	29,30	20,48
<b>Años en la práctica de atletismo</b>	7	7	18	1

Tabla 4. Resultados obtenidos en la estadística descriptiva del grupo con DFV.

En el caso del grupo control, los resultados fueron los siguientes:

<b>Parámetros</b>	<b>Media</b>	<b>SD</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
<b>Edad (años)</b>	26	1,8	28	24
<b>IMC</b>	1,70	0,10	1,80	1,62
<b>Años en la práctica de</b>	12	4,5	17	5

Tabla 5. *Resultados obtenidos en la estadística descriptiva en el caso del grupo control.*

## 6.2 Estadística inferencial.

Para corroborar nuestra hipótesis de investigación, analizaremos los diferentes parámetros de la técnica de carrera expuestos por Hay (1985) en su análisis cualitativo, ya desarrollado anteriormente.

Para realizar este análisis, y dado que los datos de los que disponemos son datos muestrales: media y desviación estándar de nuestras mediciones, realizaremos los contrastes de hipótesis pertinentes.

¿Por qué hace falta que realicemos este tipo de análisis? Porque la inspección visual de datos muestrales no nos da información sobre si las diferencias observadas son debidas o no al azar. La inferencia estadística nos permite descartar el azar bajo un nivel de significación.

Recordar que las hipótesis que plantearemos dentro del análisis estadístico, llamadas hipótesis nulas, no son la misma que la hipótesis de la investigación, sino que son hipótesis aplicadas sobre las medias de los parámetros de estudio como dicta la estadística inferencial.

En nuestro caso compararemos los valores medios de los diferentes estadísticos ya mencionados, entre el grupo control y el grupo objeto de estudio.

Las hipótesis nulas se formulan basándonos en la igualdad de los valores medios, por lo que el objeto de nuestra investigación será, por tanto, rechazar estas hipótesis. Lo haremos con un nivel de significación estadístico del 5%.

Por ejemplo, si queremos comparar los tiempos de carrera de los atletas con DFV frente a los atletas del grupo control, plantearemos la siguiente hipótesis nula:

*“El tiempo medio de carrera de los atletas con DFV es igual que el tiempo medio de carrera de los atletas videntes del grupo control”.*

$$\bar{t}_{DFV} = \bar{t}_{GC}$$

Será, por tanto, objeto de nuestro estudio, rechazar la hipótesis nula del estadístico tiempo de carrera para corroborar nuestra hipótesis de investigación, ya que el rechazo de la hipótesis nula significa la inmediata aceptación de la hipótesis alternativa:

$$\bar{t}_{DFV} \neq \bar{t}_{GC}$$

¿Qué test es el adecuado para nuestro contraste de hipótesis? Para responder esta pregunta tenemos que conocer bien nuestras muestras.

Las pruebas de inferencia estadística pueden ser paramétricas o no paramétricas atendiendo a:

- Se consideran pruebas paramétricas aquellas que se usan cuando la variable analizada sigue una distribución normal. Esto quiere decir que la distribución de frecuencias de esa variable tiene la forma de campana de Gauss, siendo mayor el número de casos en torno a los valores medios o centrales, y menor en los extremos de la distribución (colas). Para cumplir con los requisitos de normalidad las variables deben ser cuantitativas, excluyendo aquellos casos en los que la muestra sea menor a 50.
- Por el contrario, se consideran pruebas no paramétricas aquellas que se usan cuando la variable analizada no sigue una distribución normal, cuando la muestra es menor a 50 aun siendo una variable cuantitativa, o cuando la variable es cualitativa.

Atendiendo a esto, y dado que el tamaño de nuestras muestras es de 7 participantes por grupo, necesitaremos de un contraste de hipótesis no paramétrico. Si siguiéramos los criterios rigurosamente, el test a aplicar sería la U de Mann-Whitney, sin embargo, cabe mencionar la posibilidad de utilizar su prueba paramétrica homóloga (t de Student), que en este caso es aplicable porque es lo suficientemente robusta incluso como para utilizarse en el supuesto que nos ocupa, ya que mantiene la validez de los errores de tipo 1 y de tipo 2 aunque la muestra no se distribuya de forma normal (Serrá, 2014).

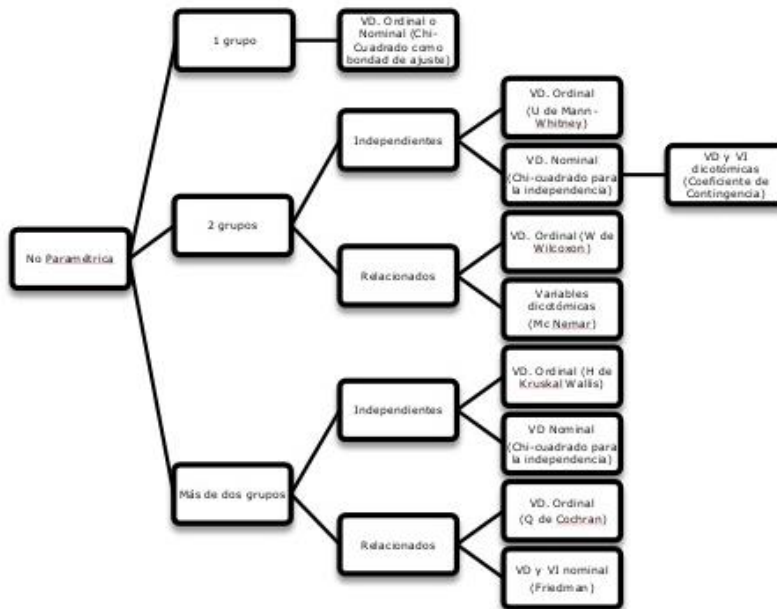


Figura 5. Tipos de test no paramétricos.

Con el fin de aplicar el test mencionado anteriormente, se estudiaron los valores medios de una serie de variables, tanto medidas directamente como calculadas a partir de estas últimas, que presentamos a continuación:

	Velocidad media (m/s)		N° de zancadas medio		Longitud de zancada media (m)	
	DFV	GC	DFV	GC	DFV	GC
<b>1</b>	7,94	8,4	5,57	4,62	1,795	2,165
<b>2</b>	6,13	8,62	6,39	4,38	1,565	2,283
<b>3</b>	5,78	6,99	6,25	5,54	1,6	1,805
<b>4</b>	7,35	7,75	5,53	5,12	1,808	1,953
<b>5</b>	7,46	7,35	5,36	5,48	1,866	1,825
<b>6</b>	6,99	8,55	5,5	4,47	1,818	2,237
<b>7</b>	6,29	7,09	5,41	5,39	1,848	1,855
$\bar{x}$	6,85	7,82	5,72	5	1,76	2,02

Tabla 6. Valores medios obtenidos para los parámetros estudiados.

	Frecuencia de zancada media (zancadas/s)		Tiempo de apoyo medio (s)		Tiempo de vuelo medio (s)	
	DFV	GC	DFV	GC	DFV	GC
<b>1</b>	4,421	3,882	0,12	0,122	0,12	0,14
<b>2</b>	3,92	3,776	0,132	0,102	0,136	0,162
<b>3</b>	3,613	3,874	0,133	0,132	0,127	0,153
<b>4</b>	4,066	3,969	0,132	0,1	0,12	0,148
<b>5</b>	4	4,029	0,138	0,119	0,114	0,129
<b>6</b>	3,846	3,821	0,132	0,117	0,127	0,144
<b>7</b>	3,403	3,823	0,184	0,131	0,122	0,13

$\bar{x}$	3,90	3,88	0,14	0,12	0,12	0,14
-----------	------	------	------	------	------	------

Tabla 7. Valores medios obtenidos para los parámetros estudiados.

A continuación, sobre estos parámetros, se plantearán las distintas hipótesis de contraste (hipótesis nula) que serán aceptadas o rechazadas en función del valor de probabilidad asociada obtenido en el test T de Student para un valor de significación del 5%.

### 6.2.1 Velocidad media.

**Hipótesis nula:** “la velocidad media obtenida por los velocistas con diversidad funcional visual es igual a la velocidad media obtenida por los atletas pertenecientes al grupo control”.

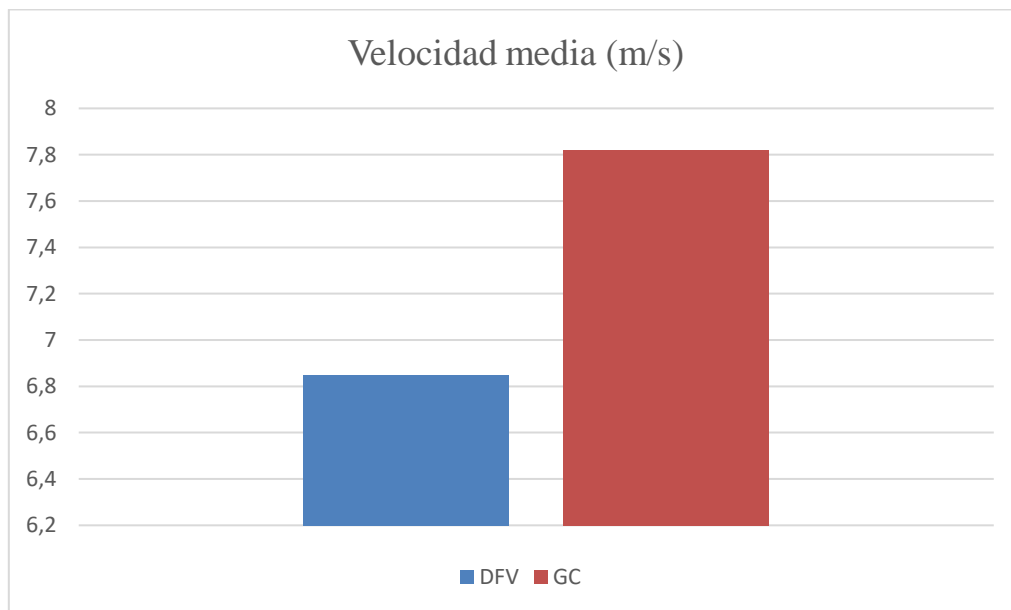


Figura 6. Valores obtenidos para la velocidad media.

Probabilidad asociada (%)	Ho
3,18	Rechazada

Tabla 8. Valor de probabilidad asociada obtenido en el Test t de Student para las velocidades medias.

Como la probabilidad asociada es menor del 5%, rechazamos la hipótesis nula ( $H_0$ ) y, afirmamos, que existen diferencias significativas entre la velocidad media obtenida por los velocistas con diversidad funcional visual y la velocidad media obtenida por los atletas pertenecientes al grupo control, siendo mayor en el caso de los atletas del grupo control con una media de 7,82 m/s.

### 6.2.2 Número de zancadas medio.

Hipótesis nula: “el número de zancadas medio obtenido por los velocistas con diversidad funcional visual es igual al número de zancadas medio obtenido por los atletas pertenecientes al grupo control”.

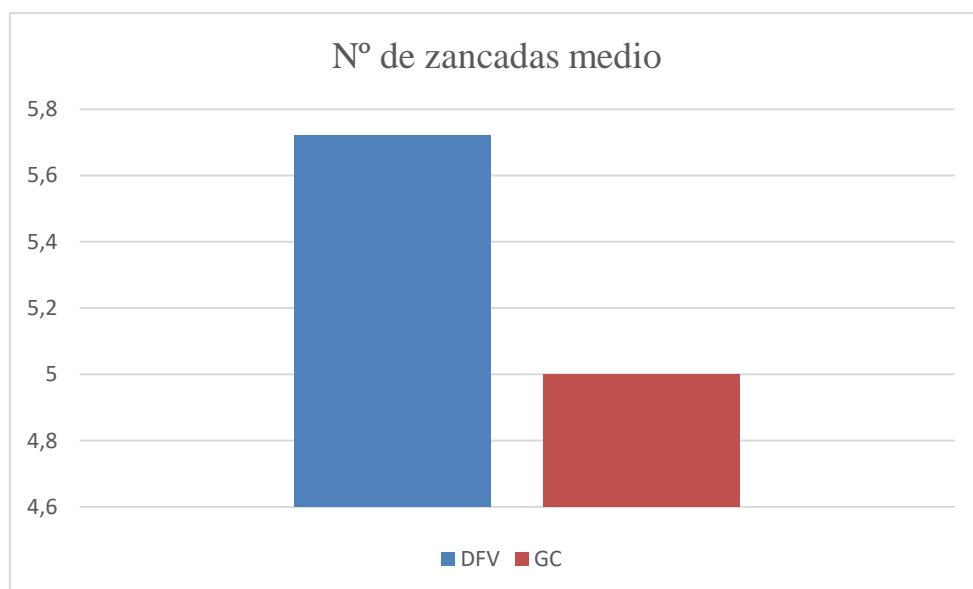


Figura 7. Valores obtenidos para el número de zancadas medio.

Probabilidad asociada (%)	$H_0$
1,34	Rechazada

Tabla 9. Valor de probabilidad asociada obtenido en el Test *t* de Student para el número de zancadas medio.



Como la probabilidad asociada es menor del 5%, rechazamos la hipótesis nula ( $H_0$ ) y, afirmamos, que existen diferencias significativas entre el número de zancadas medio obtenido por los velocistas con diversidad funcional visual y el número de zancadas medio obtenido por los atletas pertenecientes al grupo control, siendo mayor en el caso de los atletas con deficiencia visual con una media de 5,72 zancadas.

### 6.2.3 Longitud de zancada media.

Hipótesis nula: “la longitud de zancada media obtenida por los velocistas con diversidad funcional visual es igual a la longitud de zancada media obtenida por los atletas pertenecientes al grupo control”.

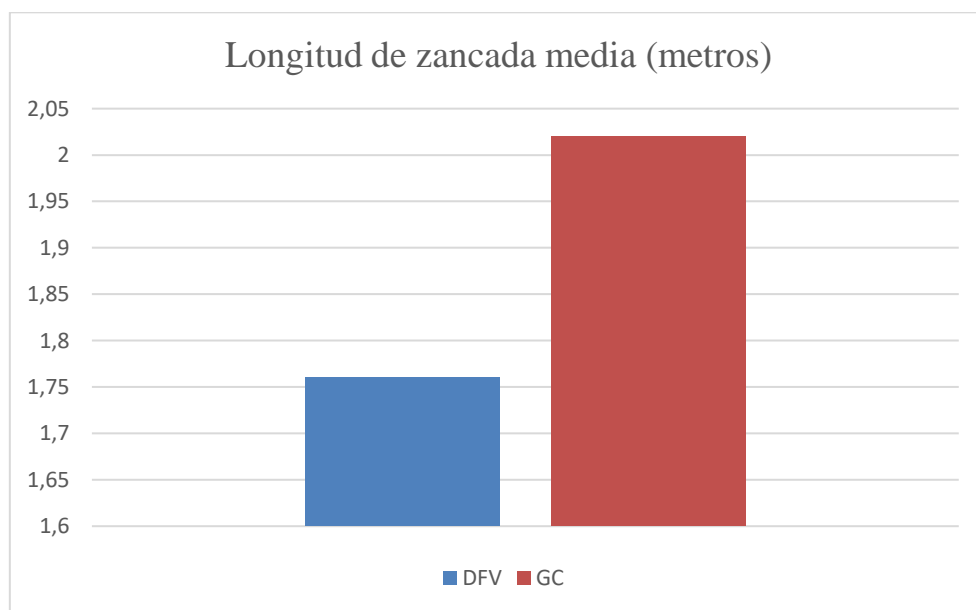


Figura 8. Valores obtenidos para la longitud de zancada media.

Probabilidad asociada (%)	$H_0$
1,38	Rechazada

Tabla 10. Valor de probabilidad asociada obtenido en el Test t de Student para la longitud de zancada media..

Como la probabilidad asociada es menor del 5%, rechazamos la hipótesis nula ( $H_0$ ) y, afirmamos, que existen diferencias significativas entre la longitud de zancada media obtenida por los velocistas con diversidad funcional visual y la longitud de zancada media obtenida por los atletas pertenecientes al grupo control, siendo mayor en el caso de los atletas del grupo control con una media de 2,02 metros.

#### 6.2.4 Frecuencia de zancada media.

Hipótesis nula: *“la frecuencia de zancada media obtenida por los velocistas con diversidad funcional visual es igual a la frecuencia de zancada media obtenida por los atletas pertenecientes al grupo control”.*

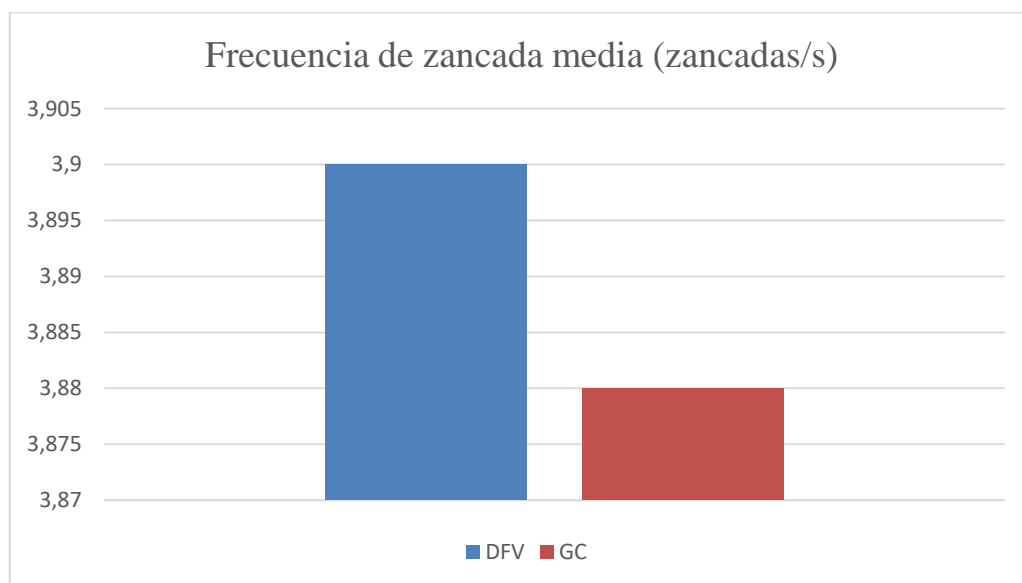


Figura 9. Valores obtenidos para la frecuencia de zancada media.

Probabilidad asociada (%)	$H_0$
91,79	Aceptada

Tabla 11. Valor de probabilidad asociada obtenido en el Test t de Student para la frecuencia de zancada media.

Como la probabilidad asociada es mayor del 5%, aceptamos la hipótesis nula ( $H_0$ ) y afirmamos que, aun siendo mayor el valor obtenido para la frecuencia de zancada media de los atletas con diversidad funcional visual, siendo este de 3,9 zancadas/s, no existen diferencias significativas entre la frecuencia de zancada media obtenida por los velocistas con diversidad funcional visual y la frecuencia de zancada media obtenida por los atletas pertenecientes al grupo control.

#### 6.2.5 Tiempo de apoyo medio.

Hipótesis nula: “el tiempo de apoyo medio obtenido por los velocistas con diversidad funcional visual es igual al tiempo de apoyo medio obtenido por los atletas pertenecientes al grupo control”.

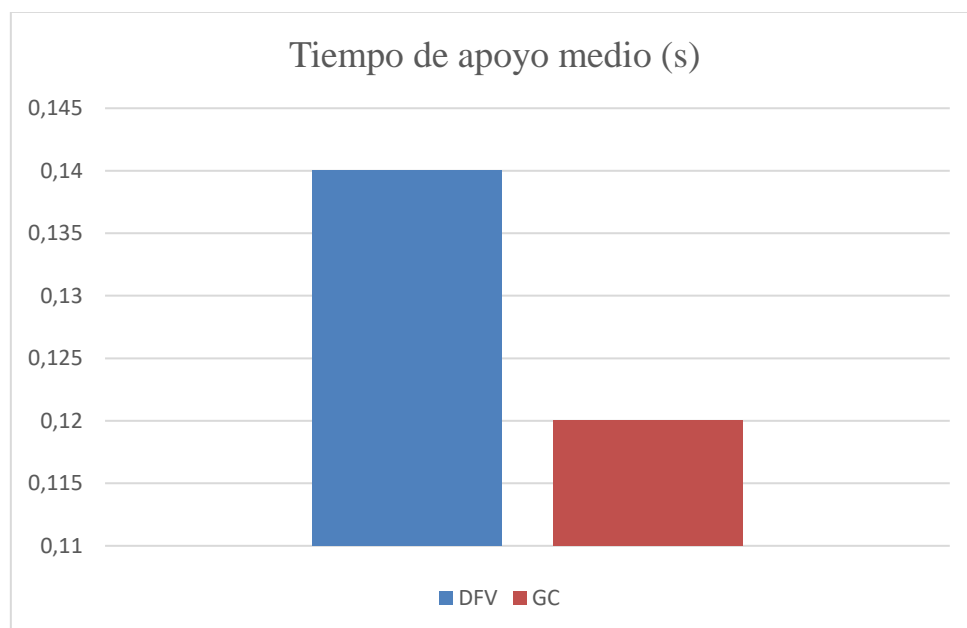


Figura 10. Valores obtenidos para el tiempo de apoyo medio.

Probabilidad asociada (%)	Ho
3,98	Rechazada

Tabla 12. Valor de probabilidad asociada obtenido en el Test t de Student para el tiempo de apoyo medio.

Como la probabilidad asociada es menor del 5%, rechazamos la hipótesis nula (Ho) y, afirmamos, que existen diferencias significativas entre el tiempo de apoyo medio obtenido por los velocistas con diversidad funcional visual y el tiempo de apoyo medio obtenido por los atletas pertenecientes al grupo control, siendo mayor en el caso de los atletas con deficiencia visual con una media de 0,14 segundos.

#### 6.2.6 Tiempo de vuelo medio.

Hipótesis nula: “el tiempo de vuelo medio obtenido por los velocistas con diversidad funcional visual es igual al tiempo de vuelo medio obtenido por los atletas pertenecientes al grupo control”.

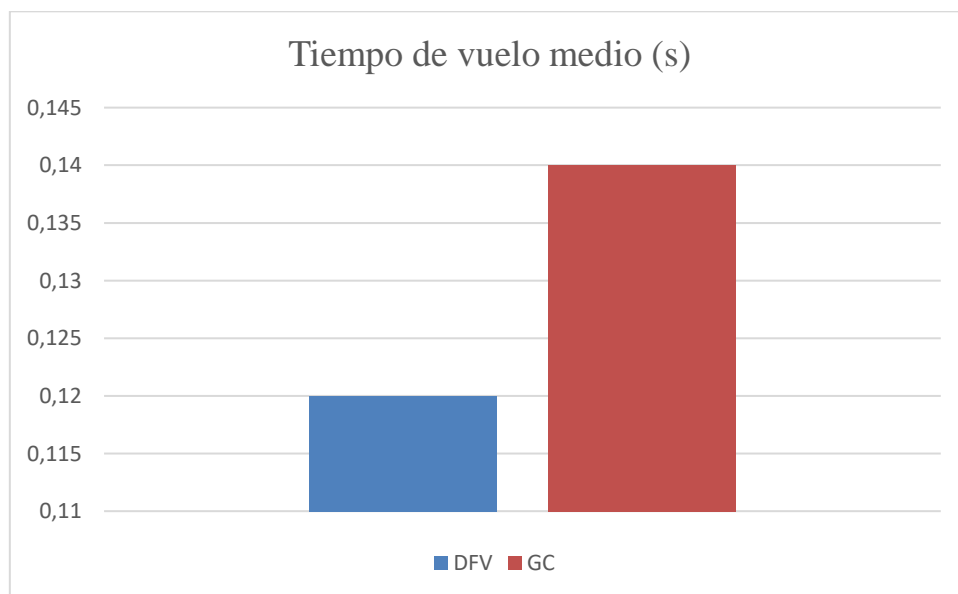


Figura 11. Valores obtenidos para el tiempo de vuelo medio.

Probabilidad asociada (%)	Ho
0,25	Rechazada

Tabla 13. Valor de probabilidad asociada obtenido en el Test t de Student para el tiempo de vuelo medio.

Como la probabilidad asociada es menor del 5%, rechazamos la hipótesis nula (Ho) y, afirmamos, que existen diferencias significativas entre el tiempo de vuelo medio obtenido por los velocistas con diversidad funcional visual y el tiempo de vuelo medio obtenido por los atletas pertenecientes al grupo control, siendo mayor en el caso de los atletas del grupo control con una media de 2,02 metros.

Por tanto, afirmamos que se han encontrado diferencias significativas entre el grupo de atletas con discapacidad visual y el grupo control en todos los parámetros estudiados (velocidad media, número de zancadas medio, longitud de zancada media, tiempo de apoyo y tiempo de vuelo), exceptuando la frecuencia de zancada media, que aun siendo mayores los valores obtenidos por el grupo de atletas con deficiencia visual, estos no son los suficientemente significativos como para ser tenidos en cuenta (Figura 12).

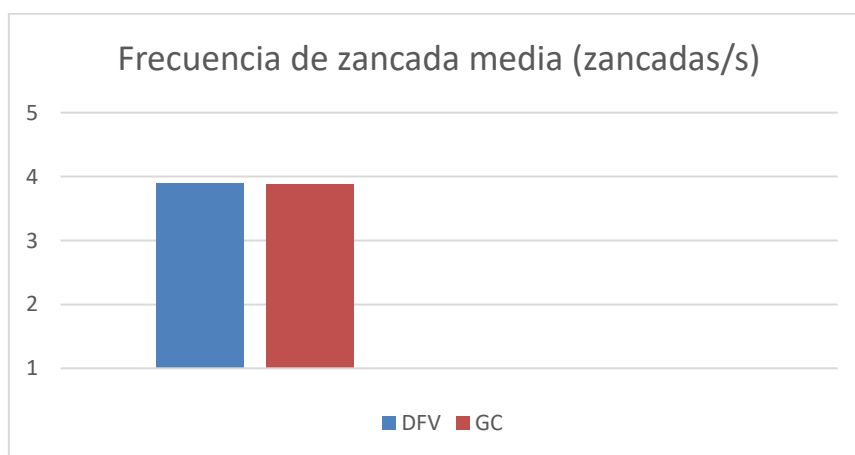


Figura 12. Valores obtenidos para la frecuencia de zancada media.

## 7. Discusión y conclusiones.

En la literatura, el número de estudios con atletas con diversidad funcional visual es muy escaso, sea cual sea el nivel competitivo de estos. Por ello, lo que en este estudio se ha pretendido, es encontrar, identificar, las diferencias existentes en los principales parámetros que determinan el rendimiento de la carrera de velocidad: frecuencia de zancada y longitud de zancada (Hay, 1985; Ferro y otros, 1997; Mackala, 2007; Torralba y otros, 2014; Mattes y otros, 2014), entre un grupo de atletas con deficiencia visual y un grupo control formado por atletas sin discapacidad, todo ello con el objetivo de establecer nexos entre las variables cinemáticas estudiadas y los aspectos técnicos que los entrenadores observan en el día a día.

Además de otros que veremos a continuación, de acuerdo con estudios como Ferro y otros (1997) y Torralba y otros (2014), la longitud y la frecuencia de zancada han sido los parámetros que marcan la diferencia básica en el rendimiento entre los velocistas con deficiencia visual y los atletas pertenecientes al grupo control. Ambos grupos se sitúan en torno a unos valores medios cuyas diferencias son muy significativas en el caso de la longitud de zancada, aunque no en el caso de la frecuencia de zancada, siendo este el único parámetro del estudio en el que no se encuentran diferencias significativas entre ambos grupos.

	<b>Frecuencia Zancada</b> (zancadas/s)	<b>Longitud Zancada</b> (m)	<b>Velocidad media</b> (m/s)
<b>Atletas DFV</b>	3,90	1,76	6,85
<b>Grupo Control</b>	3,88	2,02	7,82

Tabla 14. Valores medios obtenidos para la frecuencia de zancada, la longitud de zancada y la velocidad media de carrera.

Como podemos observar en los resultados obtenidos (Tabla 14), coincidiendo de nuevo con Ferro y otros (1997) y Torralba y otros (2014), la velocidad media de los velocistas ciegos es significativamente menor que la del grupo control, y estos tienden a mantenerla a través del aumento de la frecuencia de zancada por encima del valor obtenido por los atletas del grupo control, y la disminución de la longitud de zancada por debajo de los valores obtenidos por parte de los atletas pertenecientes al grupo control. Esta relación nos lleva a pensar, que para el aumento de la velocidad media de los atletas con DFV, se debería incidir en el aumento de la longitud de zancada, disminuyendo así la frecuencia de zancada y como consecuencia el número de pasos empleados en cubrir la distancia. De esta forma, se obtendría un patrón más similar al desarrollado por los atletas del grupo control que permitirían aumentar el rendimiento. Resaltar, que el número de años medio en la práctica del atletismo por parte del grupo control es significativamente mayor que en el caso de los atletas con discapacidad visual, factor que, por tanto, también ha influido de manera significativa en el mayor rendimiento de los atletas sin discapacidad (Figura 13). Por otro lado, Armstrong y otros (1984) citado por Ferro y otros (1997), afirma que las dimensiones antropométricas de los atletas también influyen en la elección de la combinación de la longitud y la frecuencia de zancada y, por tanto, en la velocidad media alcanzada y en el rendimiento deportivo, hecho que deberá tenerse en cuenta, ya que el grupo de atletas con diversidad funcional visual presenta un IMC medio significativamente mayor que el grupo control.

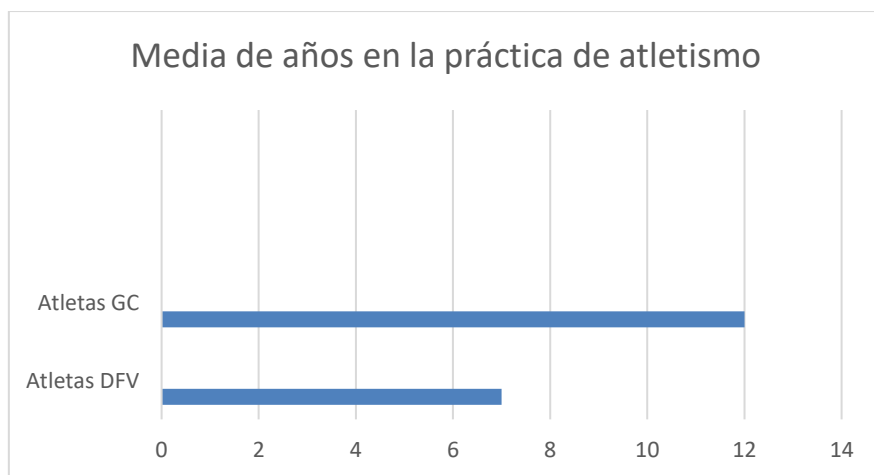


Figura 13. *Media de años en la práctica de atletismo.*

En lo que respecta a los tiempos de apoyo y de vuelo, se observan, de nuevo, diferencias significativas entre ambos grupos (Tabla 15). Estas diferencias también fueron encontradas en los estudios mencionados anteriormente (Ferro y otros, 1997; Torralba y otros, 2014).

	Tiempo de apoyo medio (s)	Tiempo de vuelo medio (s)
<b>Atletas DFV</b>	0,14	0,12
<b>Grupo Control</b>	0,12	0,14

Tabla 15. *Valores medios obtenidos para el tiempo de apoyo y el tiempo de vuelo medio.*

“Durante la fase de apoyo es cuando el deportista gana el impulso mecánico vertical necesario para despegar del suelo y hacer que el centro de gravedad gane cierta altura” (Ferro y otros, 1997, p.45). Vemos, por tanto, que aunque los atletas con DFV pasan más tiempo aplicando dicho impulso durante la fase de apoyo, este impulso se encuentra disminuido, ya que no han podido obtener un resultado similar en cuanto a la fase de vuelo en el caso de los atletas del grupo control.



En cuanto al tiempo medio de zancada, en relación con los tiempos de vuelo y los tiempos de apoyo, destacar, que en el caso de los atletas del grupo control, el ciclo de zancada está compuesto en un 48% de su totalidad por una fase de apoyo y el 52% restante pertenece a la fase de vuelo (Figura 15). De manera contraria, en lo que se refiere a los atletas con discapacidad visual, el 52% del ciclo completo de zancada pertenece a la fase de apoyo y el 48% restante a la fase de vuelo (Figura 14).

De esta manera, se ha refutado lo ya encontrado por Ferro y otros (1997) y Torralba y otros (2014) en sus estudios, demostrándose, que existen diferencias significativas entre el rendimiento de los atletas velocistas con DFV y los atletas velocistas sin discapacidad, siendo mayor en el caso de estos últimos, comprobándose que la frecuencia de zancada y la longitud de zancada en una relación óptima, son fundamentales para el aumento de la velocidad media y la disminución del tiempo de carrera. Por tanto, los parámetros cinemáticos, resultan ser factores determinantes para el control y la planificación del entrenamiento en las especialidades de velocidad en el atletismo, así como en procesos de selección de talentos.

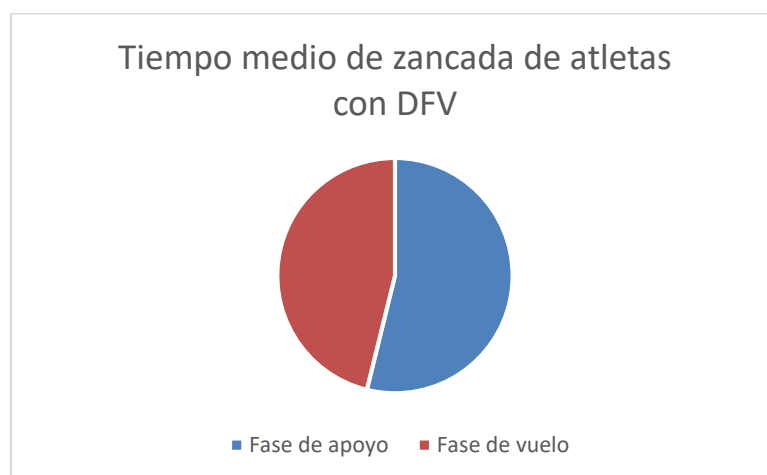


Figura 14. Distribución del tiempo en el ciclo completo de zancada.

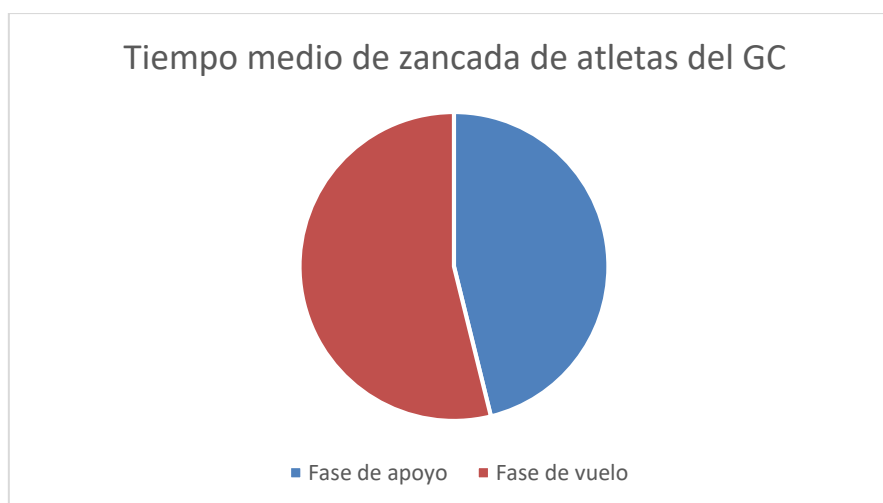


Figura 15. *Distribución del tiempo en el ciclo completo de zancada.*

## 8. Limitaciones.

Durante el transcurso del estudio, nos hemos encontrado con diversos problemas, siendo el más destacable de ellos el tamaño muestral. Aunque se ha conseguido una gran homogeneidad en cuanto a las características que poseen todos los integrantes de la muestra, tanto del grupo de atletas con diversidad funcional visual como los pertenecientes al grupo control, un mayor tamaño muestral nos habría facilitado el establecimiento de relaciones entre las variables estudiadas y la generalización de los resultados obtenidos, ya que estadísticamente, se requiere una muestra mayor para asegurar una distribución representativa de la población, lo que habría supuesto una oportunidad para encontrar una tendencia.

Cabe destacar que esta falta de muestra puede, en parte, atribuirse a la denegación, por parte de la Federación Española de Deportes para Ciegos del pertinente permiso para la realización de las pruebas diseñadas, en el pasado Campeonato de España de Aire Libre de Atletismo Adaptado (Segovia, 29 y 30 de junio y 1 de julio).

Por otro lado, la falta de material disponible, en concreto de un conjunto de células fotoeléctricas que permitiera la medición de los tiempos de paso, supuso la modificación de la metodología a seguir, hecho que se solventó mediante la implantación de la cinematografía como método principal para la toma de datos.

Por último, tras hacer un barrido por las principales bases de datos, nos topamos con una considerable falta de bibliografía previa sobre el tema, aunque esto, más que un problema, supuso un arrojo sobre el camino a seguir en adelante, creando nuevas oportunidades de investigación.

## **9. Perspectivas futuras.**

Frente al cierre de este trabajo de fin de grado, se abren diversas líneas de investigación:

- Desarrollo de una metodología con mayor validez, mediante la implantación de células fotoeléctricas y GPS que nos otorguen una mayor precisión en la medición.
- Análisis de la técnica de carrera realizados de forma periódica dentro del mismo grupo de entrenamiento, en puntos clave de la temporada, con el fin de que los datos obtenidos pudieran ser aprovechados por parte del entrenador para relacionarlos con necesidades clave de mejora y con la planificación del entrenamiento.
- Realización de análisis cinemáticos tridimensionales, con el objetivo de establecer unas ecuaciones paramétricas que permitieran unificar el desplazamiento anteroposterior del centro de gravedad en estos atletas, así como la oscilación vertical de este.

- Aumento del tamaño muestral, con el fin de crear una base de datos que disminuyera la escasez actual de bibliografía relacionada con el tema y permitiera establecer un patrón común de técnica de carrera.

## 10. Bibliografía.

- Albertí, M., & Romero, L. (2010). *Alumnado con discapacidad visual*.
- Antón Palacios, E. (2002). *Deportes para personas ciegas y deficientes visuales*.
- Bezodis, I., Salo, A., & Kerwin, D. (2008). A longitudinal case study of step characteristics in a world class sprint athlete. *Coaching and Sports Performance*.
- Campos Granell, J., & Gallach Lazcorreta, J. E. (2004). *Las técnicas del atletismo. Manual práctico de enseñanza*.
- Ferro Sánchez, A., Graupera Sanz, J. L., Blanco Velasco, M. I., Barceló Guidó, O., & Antón Palacios, E. (1997). Análisis cinemático de la carrera en velocistas ciegos.
- Ferro Sánchez, A., Vera Luna, P., Graupera Sanz, J. L., Blanco Velasco, M., & Antón Palacios, E. (1998). Análisis del patrón articular del miembro inferior desarrollado en la carrera por los atletas ciegos paralímpicos. *Integración*.
- Floría Martín, P., & Ferro Sánchez, A. (2011). Análisis del rendimiento en competición entre corredores de 100 metros lisos de diferente nivel. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*.
- Hay, J. (1985). *The biomechanics of sports techniques*.
- Hernández Vázquez, M. (2003). *Antropología del deporte en España*.
- Hobara, H., Hashizume, S., Kobayashi, Y., & Mochimaru, M. (2016). Comparisons of spatiotemporal parameters of 100-M sprint among elite, sub-elite and non-elite amputee sprinters.
- Hornillos Baz, I. (2000). *Atletismo*.

- Mackala, K. (2007). Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres. *New Studies in Athletics*.
- Mackala, K., & Mero, A. (2013). A kinematic analysis of three best 100 M performances ever. *Journal of Human Kinetics*.
- Mackala, K., Michalski, R., & Coh, M. (2010). Asymmetry of step length in relationship to leg strength in 200 meters sprint of different performance levels. *Journal of Human Kinetics*.
- Mattes, K., Habermann, N., Schaffert, N., & Mühlbach, T. (2014). A longitudinal study of kinematic stride characteristics in maximal sprint running. *Journal of human sport and exercise*.
- Pascua, M. (1998). *Atletismo I, Velocidad, vallas y marcha*.
- Pereira, L. W., Cal Abad, C., Kobal, R., Kitamura, K., Veríssimo, A., Nakamura, F., & Loturco, I. (2016). Power and speed differences between Brazilian Paralympic sprinters with visual impairment and their guides: a pilot study. *Adapted physical activity quarterly*.
- Torralba Jordán, M. Á. (2004). *Atletismo adaptado: para personas ciegas y deficientes visuales*.
- Torralba, M. Á., Padullés, J. M., Braz Vieira, M., & Olson, H. (2014). La carrera de velocidad en personas con discapacidad visual. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*.
- Wickstrom, R. (1990). *Patrones Motores Básicos*.

## 11.Documentos anexos.

### 12.1 Ficha del atleta.



<b>FECHA DE LA TOMA DE DATOS</b>	
----------------------------------	--

<b>INFORMACIÓN GENERAL DEL ATLETA</b>	
<b>ATLETA:</b>	
<b>FECHA DE NACIMIENTO</b>	
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>	
<b>CLUB</b>	
<b>CATEGORÍA</b>	
<b>PRUEBA</b>	
<b>AÑOS EN LA PRÁCTICA DE ATLETISMO</b>	

## 12.2 Consentimiento informado.



# Consentimiento informado de participación.

*Análisis cinemático de la técnica de carrera de atletas con diversidad funcional visual.*

## **Objetivos.**

El principal propósito de este estudio es la evaluación de la técnica de carrera de velocistas con diversidad funcional visual a través de un análisis cinemático de los atletas que participarán en el II Stage de Atletismo organizado por la Federación Andaluza de Deportes para Ciegos (Sevilla, 1 y 2 de diciembre de 2018).

Con los resultados obtenidos se quiere lograr:

- Profundizar en el conocimiento de la técnica de carrera de estos atletas a través del estudio de las variables cinemáticas que inciden en su eficiencia.
- Proporcionar datos objetivos a los entrenadores para que puedan planificar los entrenamientos en función de unas necesidades de mejora concretas.
- Relacionar los datos obtenidos con los resultados finales de la competición, con el fin de detectar posibles anomalías.
- Establecer una metodología de evaluación de los parámetros cinemáticos que tienen una relevancia directa con el rendimiento deportivo en pruebas de velocidad.
- Dar una mayor visibilidad a este colectivo mediante el aumento de la información y el número de estudios sobre atletas con diversidad funcional visual, siendo estos escasos, debido a la baja repercusión que tienen el atletismo y, en concreto, el rendimiento de estos atletas, en nuestra sociedad.

## **Método.**

### **Diseño experimental.**

La prueba consistirá en la realización de tres series, la primera de ellas de familiarización con el test, de 60 metros lanzados a la mayor velocidad posible. Los atletas partirán de una salida de tacos. Será obligatorio el uso de zapatillas de clavos de competición.

La calle, o las dos calles, en caso de que fuera necesario el acompañamiento del atleta por parte de su guía, de la pista de atletismo donde se realizará el estudio, quedarán divididas en tres zonas:

- Una primera zona de aceleración, de una longitud de 50 metros, donde los atletas partiendo de parados, deberán alcanzar su velocidad máxima.



- Una segunda zona, de 10 metros de longitud, donde se tomarán todos los datos necesarios para el análisis de las variables presentadas con anterioridad.
- Una tercera zona, de 40 metros de longitud, de la que dispondrán los atletas para reducir su velocidad gradualmente con total seguridad.

### **Técnicas instrumentales.**

Para la filmación de las carreras, se dispondrá una cámara de alta velocidad, situada sobre un trípode a 110 centímetros de altura, de tal manera que quedará perpendicular a la calle en la que se realizará la prueba.

Para la calibración del espacio, se determinará un sistema de referencia interno al sujeto mediante el marcado de dos puntos óseos preestablecidos y que deberá estar visible durante toda la prueba.

### **Tratamiento de datos.**

Las imágenes obtenidas serán analizadas mediante un software de uso libre, Kinovea para Windows en su versión actualizada, que nos permitirá conocer la amplitud y frecuencia de zancada y el tiempo de apoyo y de vuelo. Además, mediante el uso de este programa, podremos realizar el seguimiento de la fluctuación lateral del centro de gravedad del atleta a lo largo de toda la prueba, entre otros parámetros cinemáticos que serán estudiados.

Los resultados de las variables propias de cada sujeto serán tratados mediante el paquete estadístico R Comander v.3.3.2 para Windows.

### **Riesgos.**

Toda realización de actividad física conlleva riesgos. Pueden existir síntomas de cansancio muscular, mareo o dolor en las piernas que desaparecerán con el cese del ejercicio físico.

Otros riesgos o complicaciones que podrían aparecer, debido a situaciones clínicas y circunstancias particulares de los participantes, son excepcionales en deportistas sanos.

Él/la atleta \_\_\_\_\_, con DNI \_\_\_\_\_, mayor de edad y, abajo firmante, declara haber sido informado detalladamente sobre el protocolo a seguir durante su participación en el estudio descrito en el presente documento y, además, no tener conocimiento de que padezca ninguna enfermedad que impida o contraindique la realización de las pruebas detalladas.

Así mismo, autoriza al uso reglamentario con fines asistenciales de sus datos personales, reservándose los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición de los mismos.

En Sevilla, a fecha de \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

Firmado: Él/la atleta.

Firmado: Testigo de la lectura.

## 12.3 Herramienta creada para la estructuración y almacenamiento de datos.

Nº de Atletas	7
Edad máxima	46
Edad mínima	18

Atleta	Sexo	Edad	Peso (kg)	Estatura	IMC	Categoría	Practica Atletismo (años)	Grado de deficiencia visu	Tiempo de carrera	Velocidad media
DFV_1	Masculino	31	88	1,77	28,088991	Absoluto	18	B2	1,26	7,937
DFV_2	Femenino	26	75	1,60	29,296875	Absoluto	2	B2	1,63	6,135
DFV_3	Femenino	46	64	1,69	22,408179	Absoluto	2	B2	1,73	5,78
DFV_4	Masculino	24	62	1,74	20,478267	Absoluto	8	B2	1,36	7,353
DFV_5	Masculino	38	77	1,73	25,727555	Absoluto	15	B2	1,34	7,463
DFV_6	Femenino	18	57	1,65	20,936639	Junior	1	B2	1,43	6,993
DFV_7	Femenino	23	56	1,61	21,604105	Absoluto	1	B2	1,59	6,289
Media		29	68	1,68	24,08		7		1,48	6,85
Desviación Estándar		10	12	0,07	3,60		7		0,17	0,8
Máximo		46	88	1,77	29,30		18		1,73	7,94
Mínimo		18	56	1,6	20,48		1		1,26	5,78

Longitud de zancada media	Nº de zancadas	Tiempo medio de zancada	Frecuencia de zancada	Tiempo de apoyo	Tiempo de vuelo
1,795	5,57	0,226	4,421	0,12	0,12
1,565	6,39	0,255	3,92	0,132	0,136
1,6	6,25	0,277	3,613	0,133	0,127
1,808	5,53	0,246	4,066	0,132	0,12
1,866	5,36	0,25	4	0,138	0,114
1,818	5,50	0,26	3,846	0,132	0,127
1,848	5,41	0,294	3,403	0,184	0,122
1,76	5,72	0,26	3,90	0,14	0,12
0,12	0,42	0,02	0,33	0,02	0,01
1,87	6,39	0,29	4,42	0,18	0,14
1,56	5,36	0,23	3,40	0,12	0,11

Nº de Atletas	7
Edad máxima	28
Edad mínima	24

Atleta	Sexo	Edad	Peso (kg)	Estatura (m)	IMC	Categoría	Años en la práctica de atletismo	Tiempo de carrera	Velocidad media
GC_1	Masculino	28	73	1,78	23,0400202	Absoluto	5	1,19	8,403
GC_2	Masculino	24	71	1,8	21,91358025	Absoluto	12	1,16	8,621
GC_3	Femenino	24	57	1,62	21,71925011	Absoluto	8	1,43	6,993
GC_4	Femenino	27	61	1,66	22,13673973	Absoluto	16	1,29	7,752
GC_5	Femenino	27	62	1,7	21,4532872	Absoluto	17	1,36	7,353
GC_6	Masculino	27	74	1,7	25,60553633	Absoluto	16	1,17	8,547
GC_7	Femenino	24	60	1,64	22,30814991	Absoluto	12	1,41	7,092
Media		26	65,43	1,70	22,60		12	1,29	7,82
Desviación estándar		1,8	7,0	0,1	1,4		4,5	0,12	0,7
Máximo		28	74	1,80	25,61		17	1,43	8,62
Mínimo		24	57	1,62	21,45		5	1,16	6,99

Longitud de zancada media	Nº de zancadas	Tiempo medio de zancada	Frecuencia de zancada	Tiempo de apoyo	Tiempo de vuelo
2,165	4,62	0,258	3,882	0,122	0,140
2,283	4,38	0,265	3,776	0,102	0,162
1,805	5,54	0,258	3,874	0,132	0,153
1,953	5,12	0,252	3,969	0,100	0,148
1,825	5,48	0,248	4,029	0,119	0,129
2,237	4,47	0,262	3,821	0,117	0,144
1,855	5,39	0,262	3,823	0,131	0,130
2,02	5,00	0,26	3,88	0,12	0,14
0,21	0,50	0,01	0,09	0,01	0,01
2,28	5,54	0,26	4,03	0,13	0,16
1,81	4,38	0,25	3,78	0,10	0,13

VELOCIDAD MEDIA					
DFV	GC			Nivel de confianza del 5%	
7,94	8,40			Probabilidad asociada (%)	H <sub>0</sub>
6,13	8,62			Velocidad media (m/s)	3,18 RECHAZADA
5,78	6,99				
7,35	7,75				
7,46	7,35				
6,99	8,55				
6,29	7,09				
<b>T STUDENT</b>	0,03184542				

Hipótesis nula: "la velocidad media de los atletas con DFV es igual a la velocidad media de los atletas del GC".

NÚMERO DE ZANCADAS MEDIO					
DFV	GC			Nivel de confianza del 5%	
5,57	4,62			Probabilidad asociada (%)	H <sub>0</sub>
6,39	4,38			Nº de zancadas	1,34 RECHAZADA
6,25	5,54				
5,53	5,12				
5,36	5,48				
5,5	4,47				
5,41	5,39				
<b>T STUDENT</b>	0,01335975				

Hipótesis nula: "el número de zancadas medio de los atletas con DFV es igual al número de zancadas medio de los atletas del GC".

LONGITUD DE ZANCADA MEDIA					
DFV	GC			Nivel de confianza del 5%	
1,795	2,165			Probabilidad asociada (%)	H <sub>0</sub>
1,565	2,283			Longitud de zancada media (m)	1,38 RECHAZADA
1,600	1,805				
1,808	1,953				
1,866	1,825				
1,818	2,237				
1,848	1,855				
<b>T STUDENT</b>	0,01378198				

Hipótesis nula: "la longitud de zancada media de los atletas con DFV es igual a la longitud de zancada media de los atletas del GC".

FRECUENCIA DE ZANCADA MEDIA				
DFV	GC		Nivel de confianza del 5%	
4,421	3,882			
3,920	3,776		Frecuencia de zancada media (zancadas/s)	91,79
3,613	3,874			ACEPTADA
4,066	3,969			
4,000	4,029			
3,846	3,821			
3,403	3,823			
<b>T STUDENT</b>	0,91785331			

Hipótesis nula: "la frecuencia de zancada media de los atletas con DFV es igual a la frecuencia de zancada media de los atletas del GC".

TIEMPO DE APOYO MEDIO				
DFV	GC		Nivel de confianza del 5%	
0,12	0,122			
0,132	0,102		Tiempo de apoyo medio (s)	3,98
0,133	0,132			RECHAZADA
0,132	0,1			
0,138	0,119			
0,132	0,117			
0,184	0,131			
<b>T STUDENT</b>	0,0397742			

Hipótesis nula: "el tiempo de apoyo medio de los atletas con DFV es igual al tiempo de apoyo medio de los atletas del GC".

TIEMPO DE VUELO MEDIO				
DFV	GC		Nivel de confianza del 5%	
0,12	0,14			
0,136	0,162		Tiempo de vuelo medio (s)	0,25
0,127	0,153			RECHAZADA
0,12	0,148			
0,114	0,129			
0,127	0,144			
0,122	0,13			
<b>T STUDENT</b>	0,00246584			

Hipótesis nula: "el tiempo de vuelo medio de los atletas con DFV es igual al tiempo de vuelo medio de los atletas del GC".