



INEFC

Institut Nacional
d'Educació Física
de Catalunya
Barcelona



EL MODELO RITMICO DE LA CARRERA DE 100 METROS EN LOS CAMPEONATOS DEL MUNDO DE BERLIN 2009



Nom: Jesús Maria Vicente Pacho

Curs: 4t. Grup B.

Curs acadèmic: 2009-2010

Institució de les pràctiques: CAR Sant Cugat

Període de realització: Gener -Abril 2010

Tutor del Practicum: Miguel Vélez Blasco

Licenciatura en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Índice

Índice	2
1. Introducción.....	4
2. Objetivos.....	6
2.1 Generales	6
2.2 Específicos.....	6
3. Material y métodos	6
3.1 Sujetos	6
3.2 Instrumentación para la prueba de 100 metros.....	6
4. Resultados de la final de 100 metros (H) Berlín 2009.	7
5. Análisis de la final de 100 metros (a intervalos de 10 metros) mediante Dartfish.....	14
6. Algunos conceptos teóricos	26
6.1. Reseña histórica.....	26
6.2. Desarrollo del Récord de 100 metros	27
6.3. Las fases de la carrera de 100 metros	28
6.4. Factores influyentes en la carrera de 100 metros	29
7. El modelo rítmico de la final de 100 metros	35
8. Conclusión.....	41
9. Crítica y revisión	42
10. Agradecimientos.....	43
11. Fuentes documentales.....	44
12. Anexos.....	46

Practicum de Rendiment d'Atletisme
INEFC Barcelona 2009-2010

“Cuando puedes medir aquello de lo que estás hablando y expresarlo con números, sabes algo acerca de ello” (William Thompson, 1883)

1. Introducción

El Practicum en la titulación de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, es una materia de carácter troncal cuya peculiar organización la diferencian del resto de materias teórico-prácticas, ya que supone una toma de contacto reflexiva, vivencial y profesionalizadora, con la realidad atlética, y una oportunidad real para el acceso al mundo del trabajo.

El Practicum que he realizado ha sido un período de prácticas en las que como alumno he experimentado la labor de entrenador en el contexto real de un Centro de Alto Rendimiento (Sant Cugat), desarrollando las tareas propias con diversos grados de autonomía y tutorización. Ha representado para mí una oportunidad para consolidar la formación, reflexionar sobre la propia competencia profesional y el proceso formativo, desarrollar habilidades e integrar conocimientos.

He escogido este Practicum en el Itinerario de Rendimiento en Atletismo por diversas razones:

1. Mis motivaciones atléticas (especialmente la velocidad y el mediofondo).
2. Mis conocimientos sobre las diferentes pruebas atléticas.
3. Las facilidades que proporcionaba el tutor del Practicum para coordinar mis entrenamientos, con el estudio en la universidad y con el trabajo profesional.
4. Por el afán de superación que tengo en cada actividad de la vida.

El tema escogido para desarrollar este Practicum ha sido el modelo rítmico de la carrera de 100 metros en los 12º Campeonatos del Mundo de Berlín 2009 (15-23 Agosto de 2009) y su utilización como método de control del entrenamiento.

La prueba de 100 metros en hombres ha sido analizada en el Campeonato Mundial de Atletismo de Berlín 2009 como parte del Proyecto de Análisis Biomecánico de las pruebas de velocidad. Este tipo de análisis ha sido llevado a cabo en grandes competiciones desde los años 80 y ha dado la oportunidad a los entrenadores y los propios atletas de tener más información útil en relación a la programación de los entrenamientos y la preparación de las competiciones al más alto nivel. El análisis de las carreras de los mejores velocistas del mundo en la especialidad de 100 metros sirve como referencia para la evaluación técnica y para racionalizar los resultados obtenidos.

Practicum de Rendiment d'Atletisme
INEFC Barcelona 2009-2010

La línea metodológica utilizada ha sido activa, con el centro de interés fijado en la prueba de 100 metros lisos en el apartado masculino, haciendo un análisis exhaustivo de la prueba en sí, de las características técnicas, metodológicas, energéticas, psicológicas, etc. y transferir esta información a una hipótesis que formuló Carlo Vittori (Director Técnico de la Escuela Nacional de Atletica Leggera) en su modelo rítmico para el control del entrenamiento en esta prueba tan específica del atletismo.

Las horas del Practicum han sido distribuidas de la siguiente manera. De las 120 horas de las que consta el Practicum he dedicado:

* 10 horas a recopilar las imágenes en formato digital de las diferentes carreras de 100 metros, desde las series, pasando por los cuartos de final y semifinales, hasta llegar a la gran final y tratarlos con el programa *Dartfish 4.5* para su posterior análisis. Es la fase de análisis de la carrera.

* 20 horas a visualizar cada tramo de 10 metros por cada corredor, analizando toda una serie de parámetros como la frecuencia, la amplitud, la velocidad media, la velocidad máxima, el tiempo transcurrido, los pasos realizados, el tiempo de reacción y transferirlos a una hoja excel para su posterior tratamiento informático. Es la fase de diagnóstico propiamente dicha

* 23 horas al tratamiento de las hojas de cálculo y su posterior graficación, para un análisis detallado.

* 12 horas a la lectura de las fuentes documentales principales que se necesitan para acometer este Practicum.

* 6 horas para reuniones con el tutor de mi Practicum, el Sr. Miguel Vélez, para el control y desarrollo de las sesiones de trabajo marcadas.

* 15 horas para el análisis biomecánico de los datos proporcionados por la Universidad de Halle (Alemania), realizados en el Campeonato del Mundo.

* 34 horas a la redacción de la memoria del Practicum, donde se concretan los objetivos, contenidos, estructura y conclusión que se ha llevado a cabo en el trabajo realizado.

La distribución de las horas se ha realizado desde el 12 Enero hasta el 12 Abril.

2. Objetivos

2.1 Generales

Con estas prácticas, los objetivos que he buscado han sido:

- * Llevar a cabo un análisis de los resultados de la prueba de 100 metros en hombres del Mundial de Berlín, basado en variables biomecánicas.
- * Utilizar una metodología basada en el análisis de video de dos dimensiones que permite realizar el análisis de las diferentes carreras.
- * Establecer hipótesis a partir del modelo rítmico de la carrera de 100 metros en todos sus participantes.

2.2 Específicos

- * Experimentar los cálculos que se derivan del modelo rítmico teórico de Carlo Vittori y su utilización como método para controlar el entrenamiento.
- * Valorar la estrategia de entrenamiento de los atletas de más alto nivel internacional para formular modelos individualizados de referencia para los demás atletas en esta prueba.

3. Material y métodos

3.1 Sujetos

La muestra incluye a: 8 finalistas y 8 semifinalistas de 100 metros (hombres).

3.2 Instrumentación para la prueba de 100 metros

- 1 ordenador AMD Athlon 3000 XP 2,16 Ghz, con los siguientes componentes: 1 Mb Ram, tarjeta gráfica 128 Mb.
- Software Dartfish 4.5.
- Software Microsoft Excel.
- Datos del análisis biomecánico de la carrera de 100 metros del Departamento de Biomecánica de la Universidad de Halle.

4. Resultados de la final de 100 metros (H) Berlín 2009.

Los entrenadores de velocidad están habituados a presentar los datos sobre tiempos parciales como los mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1. Intervalos en cada sección (segundos).

Nombre	0-10 m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	50-60m	60-70m	70-80m	80-90m	90-100m	Tiempo oficial
Usain Bolt	1,89	1,00	0,91	0,85	0,83	0,83	0,81	0,81	0,81	0,83	9,58
Tyson Gay	1,91	1,01	0,91	0,87	0,85	0,84	0,82	0,81	0,85	0,84	9,71
Asafa Powell	1,87	1,03	0,92	0,88	0,86	0,85	0,84	0,84	0,87	0,87	9,84
Daniel Bailey	1,91	1,01	0,93	0,88	0,88	0,87	0,85	0,85	0,88	0,87	9,93
Richard Thompson	1,90	1,00	0,93	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86	0,88	0,88	9,93
Dwain Chambers	1,92	1,01	0,93	0,89	0,88	0,87	0,86	0,86	0,89	0,89	10,00
Marc Burns	1,93	1,01	0,93	0,89	0,88	0,88	0,86	0,86	0,88	0,88	10,00
Darvis Patton	1,92	1,04	0,97	0,92	0,90	0,90	0,89	0,88	0,96	0,96	10,34

Tabla 2. Diferencias respecto al tiempo del ganador en cada sección (segundos).

Nombre	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	40-50m	50-60m	60-70m	70-80m	80-90m	90-100m	Tiempo oficial
Usain Bolt	1,89	1,00	0,91	0,85	0,83	0,83	0,81	0,81	0,81	0,83	9,58
Tyson Gay	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00	0,04	0,01	9,71
Asafa Powell	-0,02	0,04	0,01	0,03	0,03	0,01	0,00	0,03	0,06	0,04	9,84
Daniel Bailey	0,02	0,01	0,02	0,03	0,05	0,03	0,01	0,04	0,07	0,04	9,93
Richard Thompson	0,01	0,00	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,05	0,07	0,05	9,93
Dwain Chambers	0,03	0,01	0,02	0,04	0,05	0,03	0,02	0,05	0,08	0,06	10,00
Marc Burns	0,04	0,01	0,02	0,04	0,05	0,04	0,02	0,05	0,07	0,05	10,00
Darvis Patton	0,03	0,04	0,06	0,07	0,07	0,06	0,05	0,07	0,15	0,13	10,34

Tabla 3. Tiempo al final de cada sección (segundos).

Nombre	Tiempo Reacción	10 m	20m	30m	40m	50m	60m	70m	80m	90m	100m
Usain Bolt	0,146	1,89	2,89	3,79	4,64	5,48	6,31	7,12	7,92	8,75	9,58
Tyson Gay	0,144	1,91	2,92	3,83	4,70	5,55	6,39	7,21	8,02	8,87	9,71
Asafa Powell	0,134	1,87	2,91	3,83	4,71	5,57	6,42	7,26	8,10	8,97	9,84
Daniel Bailey	0,129	1,91	2,92	3,85	4,73	5,61	6,48	7,33	8,18	9,06	9,93
Richard Thompson	0,119	1,90	2,90	3,83	4,71	5,58	6,45	7,31	8,17	9,05	9,93
Dwain Chambers	0,123	1,92	2,93	3,86	4,75	5,63	6,50	7,36	8,22	9,11	10,00
Marc Burns	0,165	1,93	2,94	3,87	4,76	5,64	6,52	7,38	8,24	9,12	10,00
Darvis Patton	0,149	1,92	2,96	3,93	4,85	5,75	6,65	7,54	8,42	9,38	10,34

Practicum de Rendiment d'Atletisme
INEFC Barcelona 2009-2010

La **Tabla 1** presenta datos individuales para los diferentes atletas lo que permite interpretar el resultado de la carrera y hacer comparaciones entre los distintos velocistas. El mejor resultado fue alcanzado por el actual récordman Usain Bolt (JAM) con 9,58 segundos. Tyson Gay, que fue segundo, alcanzó tiempos iguales a Bolt en algunos parciales, pero en el tramo del 80 al 90 metros fue donde le sacó la mayor ventaja Bolt a Gay (ver tablas 1 y 2). Este fue el parcial en el que Bolt más sacó a sus rivales (del 80 al 90 metros).

Contra todas las apariencias, Usain Bolt no construyó el estratosférico récord de los 100 metros (9.58) en su explosiva arrancada, sino en que supo aventajar a todos sus rivales unas centésimas en cada parcial de 10 metros y alcanzar por primera vez los 45 kilómetros/hora de velocidad punta.

La **Tabla 2** muestra las diferencias en cada parcial con respecto al ganador, con los resultados negativos representando los tiempos que son mejores y con valores positivos para tiempos que son peores.

La **Tabla 3** muestra los tiempos acumulados de cada atleta mientras la carrera progresa mostrando el lugar que cada uno ocupa en la carrera. Por ejemplo, Richard Thompson iba segundo tras Bolt al paso por los 30 metros y mantenía la tercera posición a su paso por el 40 metros, pero a partir de ese momento cuando es superado también por Daniel Bailey. Los tiempos acumulados para los 30 a 50 metros dan una idea de cómo cada atleta acelera y entre los 50 a 80 metros como desacelera.

La **Tabla 4** muestra el análisis biomecánico realizado por la Universidad de Halle, en la que se observan los resultados de la Final y la Semifinal, con los tiempos acumulados cada 20 metros y el tiempo acumulado entre cada parcial de 20 metros. Esto puede ser interpretado como quienes obtienen los mejores resultados en los diferentes parciales de carrera, parecen ser quienes tienen más probabilidades de ganar y también se puede observar que quienes consiguen mantener el tiempo hasta el final, son los que son capaces de mantener su velocidad hasta el final (Bolt y Gay especialmente).

La **Tabla 5** muestra la velocidad media en cada sección en m/s. La más alta velocidad promedio fue la de Usain Bolt con 45km/h que la mantuvo entre los 70 y 90 metros.

La **Tabla 6** muestra la velocidad media en cada sección en km/h.

La **Figura 1** muestra el gráfico de la velocidad media en cada sección en m/s.

La **Figura 2** muestra el gráfico de la velocidad media en cada sección en km/h.

La **Figura 3** detalla la velocidad de reacción brindada por la IAAF, donde el mejor tiempo fue el logrado por Richard Thompson (TRI).

Tabla 4. Análisis biomecánico de la semifinal y final de los 100 metros lisos.

Biomechanical analysis

12. IAAF World Championships In Athletics Berlin, 15. - 23.08.2009



100m Men

Semifinal/Final

		Round	Wind	RT	t_{20m}	t_{40m}	t_{60m}	t_{80m}	t_{100m}	t_{25-40}	t_{41-60}	t_{61-80}	t_{81-100}	t_{50m}	t_{70-80}
Bolt Usain	JAM	Fi	0,9	0,146	2,89	4,64	6,31	7,92	9,58	1,75	1,67	1,61	1,66	3,79	2,52
	JAM	SF 1	0,2	0,135	2,89	4,68	6,41	8,11	9,89	1,79	1,73	1,70	1,78	3,81	2,60
Gay Tyson	USA	Fi	0,9	0,144	2,92	4,70	6,39	8,02	9,71	1,78	1,69	1,63	1,69	3,83	2,56
	USA	SF 2	-0,2	0,143	2,99	4,80	6,54	8,21	9,93	1,81	1,74	1,67	1,72	3,92	2,62
Powell Asafa	JAM	Fi	0,9	0,134	2,91	4,71	6,42	8,10	9,84	1,80	1,71	1,68	1,74	3,83	2,59
	JAM	SF 2	-0,2	0,133	2,92	4,73	6,47	8,17	9,95	1,81	1,74	1,70	1,78	3,85	2,62
Batley Daniel	ANT	Fi	0,9	0,129	2,92	4,73	6,48	8,18	9,93	1,81	1,75	1,70	1,75	3,85	2,63
	ANT	SF 1	0,2	0,135	2,93	4,74	6,49	8,19	9,96	1,81	1,75	1,70	1,77	3,86	2,63
Thompson Richard	TRI	Fi	0,9	0,119	2,90	4,71	6,45	8,17	9,93	1,81	1,74	1,72	1,76	3,83	2,62
	TRI	SF 2	-0,2	0,132	2,92	4,74	6,51	8,22	9,98	1,82	1,77	1,71	1,76	3,85	2,66
Chambers Dwain	GBR	Fi	0,9	0,123	2,93	4,75	6,50	8,22	10,00	1,82	1,75	1,72	1,78	3,86	2,64
	GBR	SF 2	-0,2	0,182	2,96	4,79	6,55	8,26	10,04	1,83	1,76	1,71	1,78	3,90	2,65
Burns Marc	TRI	Fi	0,9	0,165	2,94	4,76	6,52	8,24	10,00	1,82	1,76	1,72	1,76	3,87	2,65
	TRI	SF 1	0,2	0,159	2,95	4,76	6,52	8,23	10,01	1,81	1,76	1,71	1,78	3,88	2,64
Patton Darvis	USA	Fi	0,9	0,149	2,96	4,85	6,65	8,42	10,34	1,89	1,80	1,77	1,92	3,93	2,72
	USA	SF 1	0,2	0,152	2,96	4,78	6,51	8,21	9,98	1,82	1,73	1,70	1,77	3,89	2,62
Rodgers Michael	USA	SF 1	0,2	0,154	2,95	4,79	6,55	8,27	10,04	1,84	1,76	1,72	1,77	3,89	2,66
Edwards Monzavous	USA	SF 2	-0,2	0,146	3,01	4,89	6,67	8,38	10,14	1,88	1,78	1,71	1,76	3,97	2,70
Frater Michael	JAM	SF 2	-0,2	0,153	2,97	4,81	6,59	8,31	10,14	1,84	1,78	1,72	1,83	3,91	2,68
Mbandjock Martial	FRA	SF 1	0,2	0,138	3,06	4,92	6,69	8,41	10,18	1,86	1,77	1,72	1,77	4,01	2,68
Phiri Gerald	ZAM	SF 2	-0,2	0,143	2,93	4,79	6,59	8,36	10,19	1,86	1,80	1,77	1,83	3,88	2,71
Saldy Ndure Jaysuma	NOR	SF 1	0,2	0,143	2,96	4,81	6,60	8,36	10,20	1,85	1,79	1,76	1,84	3,91	2,69
Tsukahara Naoki	JPN	SF 2	-0,2	0,152	2,98	4,86	6,67	8,44	10,25	1,88	1,81	1,77	1,81	3,94	2,73

Tabla 5. Velocidad media en cada sección (m/s).

	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Usain Bolt	5,29	10,00	10,99	11,76	12,05	12,05	12,35	12,35	12,35	12,05
Tyson Gay	5,24	9,90	10,99	11,49	11,76	11,90	12,20	12,35	11,76	11,90
Asafa Powell	5,35	9,71	10,87	11,36	11,63	11,76	11,90	11,90	11,49	11,49
Daniel Bailey	5,24	9,90	10,75	11,36	11,36	11,49	11,76	11,76	11,36	11,49
Richard Thompson	5,26	10,00	10,75	11,36	11,49	11,49	11,63	11,63	11,36	11,36
Dwain Chambers	5,21	9,90	10,75	11,24	11,36	11,49	11,63	11,63	11,24	11,24
Marc Burns	5,18	9,90	10,75	11,24	11,36	11,36	11,63	11,63	11,36	11,36
Darvis Patton	5,21	9,62	10,31	10,87	11,11	11,11	11,24	11,36	10,42	10,42

Tabla 6. Velocidad media en cada sección (km/h).

	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Usain Bolt	19,05	36,00	39,56	42,35	43,37	42,86	44,44	44,44	44,44	43,37
Tyson Gay	18,85	35,64	39,56	41,38	42,35	42,86	43,90	44,44	42,35	42,86
Asafa Powell	19,25	34,95	39,13	40,91	41,86	42,35	42,86	42,86	41,38	41,38
Daniel Bailey	18,85	35,64	38,71	40,91	40,91	41,38	42,35	42,35	40,91	41,38
Richard Thompson	18,95	36,00	38,71	40,91	41,38	41,38	41,86	41,86	40,91	40,91
Dwain Chambers	18,75	35,64	38,71	40,45	40,91	41,38	41,86	41,86	40,45	40,45
Marc Burns	18,65	35,64	38,71	40,45	40,91	40,91	41,86	41,86	40,91	40,91
Darvis Patton	18,75	34,62	37,11	39,13	40,00	40,00	40,45	40,91	37,50	37,50

Figura 1. Velocidad media en cada sección (m/s).

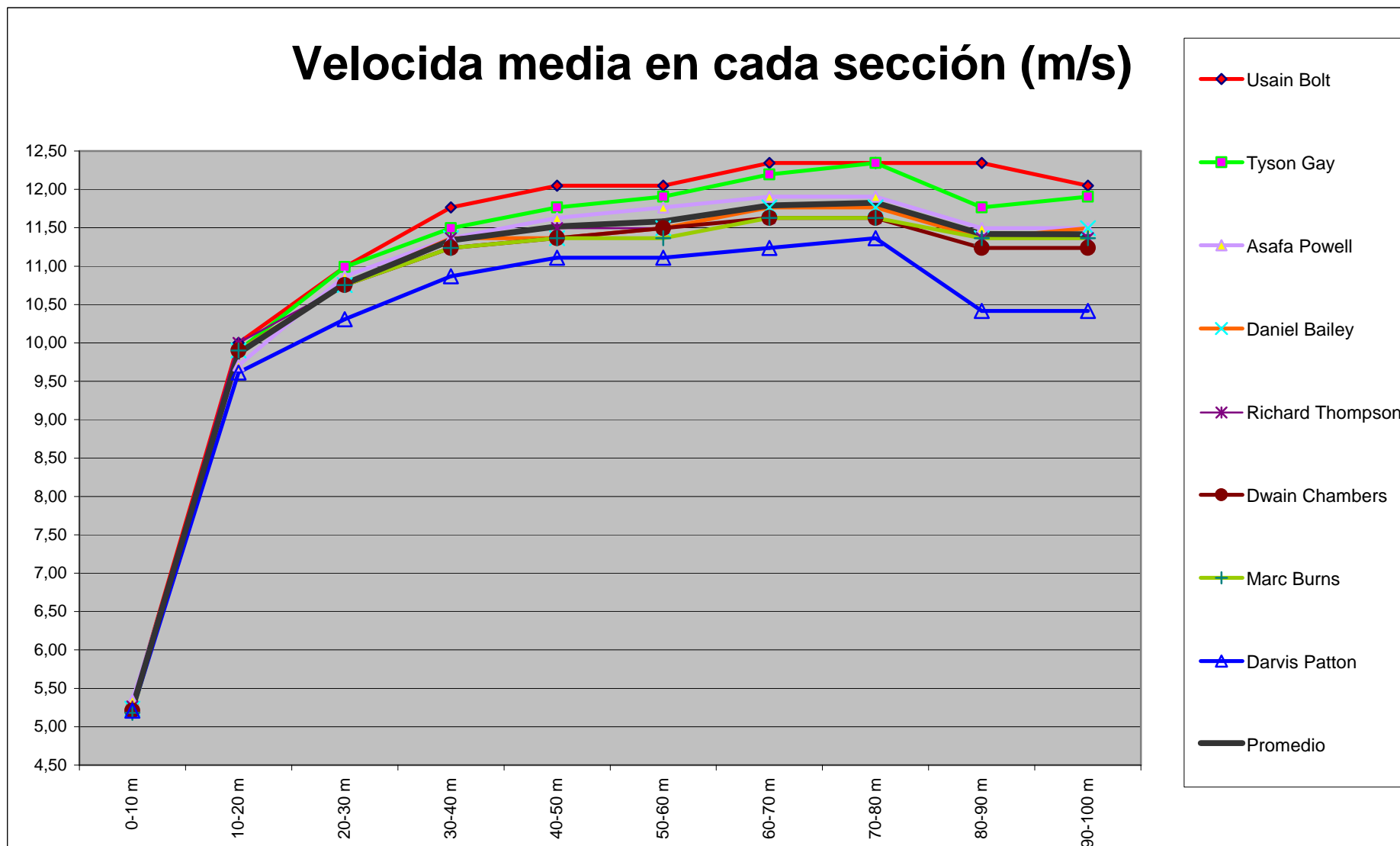


Figura 2. Velocidad media en cada sección (km/h).

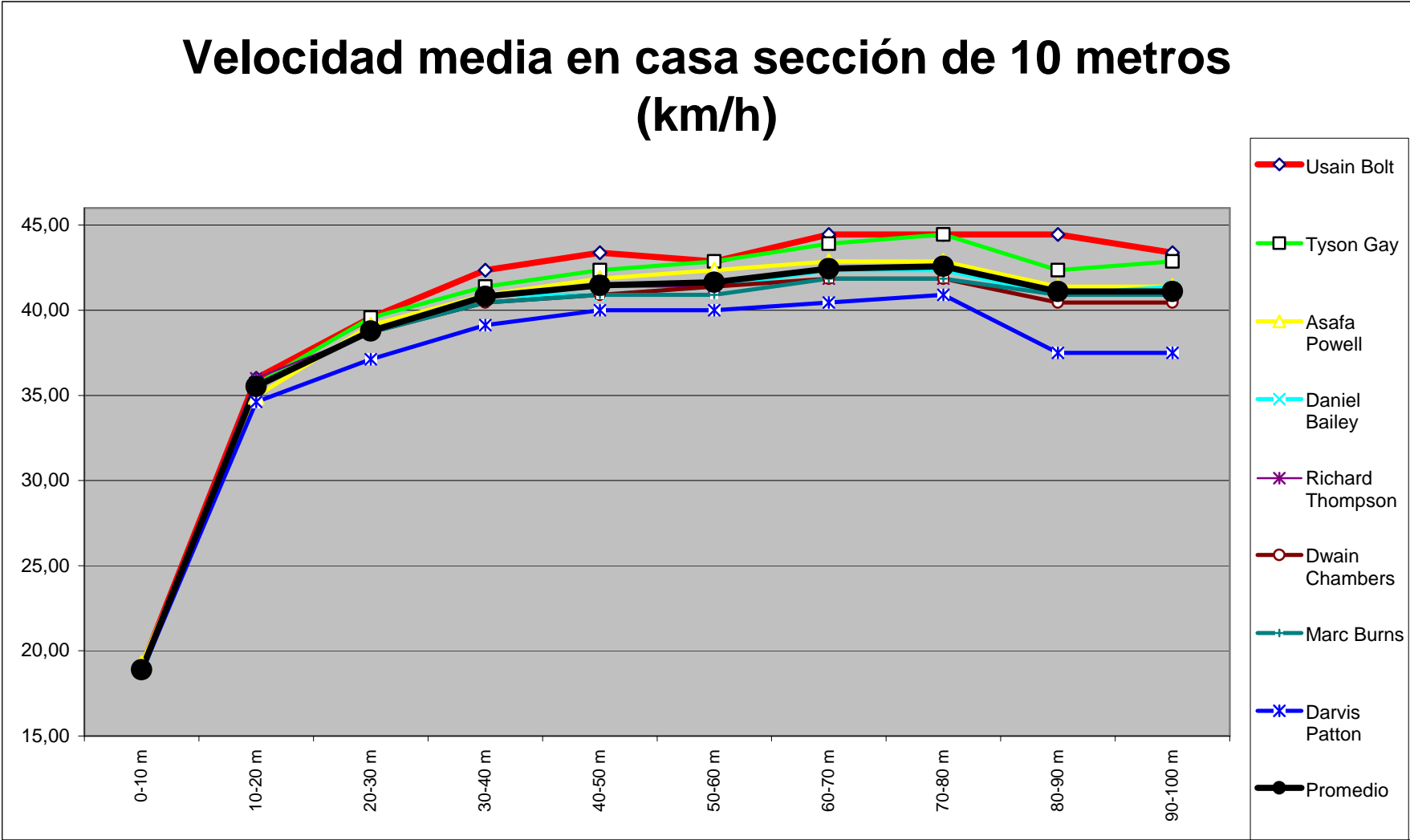
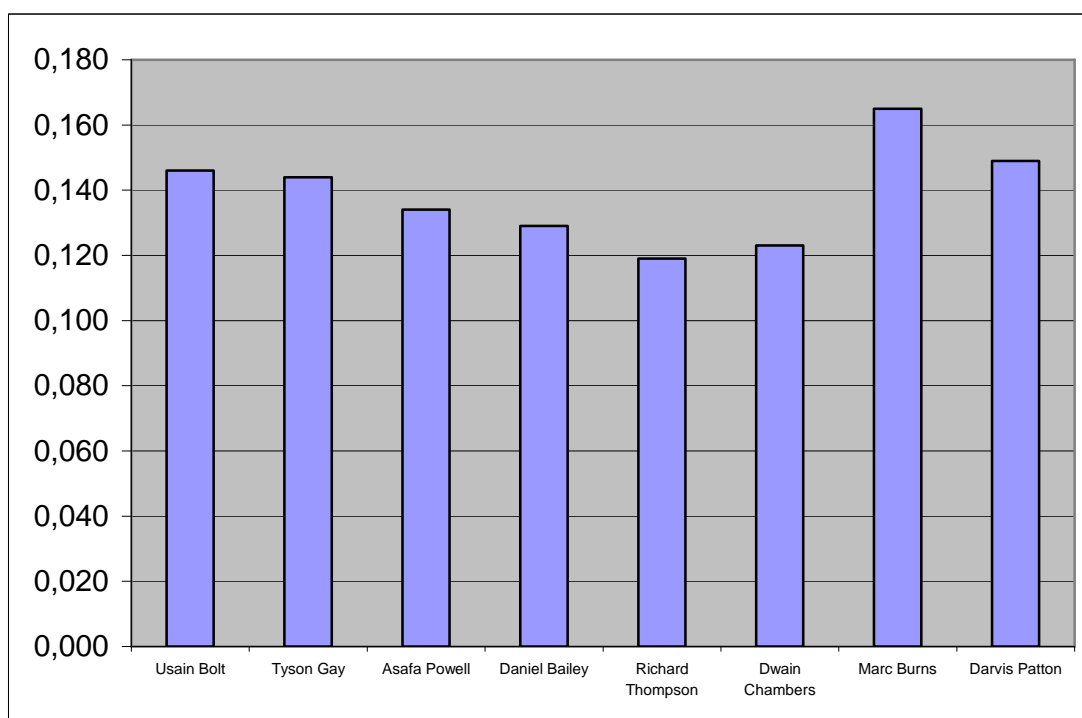


Figura 3. Tiempos de reacción oficiales (seg).



5. Análisis de la final de 100 metros (a intervalos de 10 metros) mediante Dartfish

Foto 1. Salida.



Comentario:

La importancia de la salida es proporcional a la duración de la prueba. La salida de tacos supone aproximadamente un 5% del rendimiento en la prueba de 100 metros (el tiempo de reacción un 1%)¹. Una buena salida no supone ganar la prueba, pero influye en el resultado cuando el nivel de los participantes es similar. Hay que comentar que el promedio del tiempo de reacción² de los 8 finalistas fue de: 0.139, siendo considerado bueno³, siendo el más rápido Richard Thompson (0.119) y el más lento Marc Burns (0.165). Usain Bolt, el ganador de la carrera, obtuvo el tercer peor registro, pero en la tercera zancada ya iba por delante.

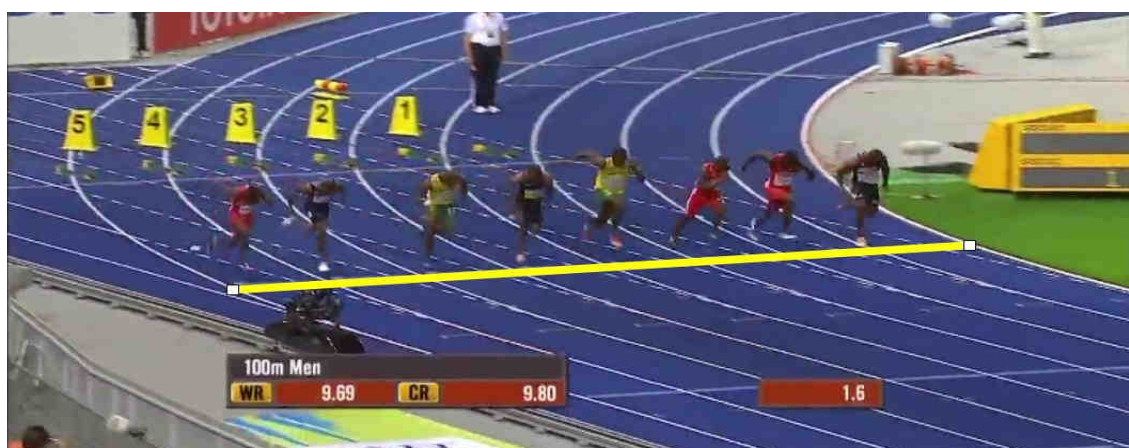
Puestos a encontrar un hándicap a Bolt, habría que encontrarlo en la salida, más que en la reacción a la misma. Los apoyos de los primeros metros, en los que su 1,96 le hace recuperar la vertical muy rápidamente, la posición en la que un “sprinter” optimiza toda su musculatura, con más dificultad que los especialistas clásicos del 100, menos altos y más musculados. Por tradición, los velocistas más pequeños tenían una cierta ventaja en estos primeros metros, pero por lo visto en la carrera en todos los parciales fue más rápido Bolt que cualquier otro, a excepción del primer tramo, en donde Powell se le adelantó por 0,02 centésimas.

¹ Ver García Manso y colaboradores (1998) sobre las investigaciones realizadas por Téllez sobre los porcentajes de importancia de cada fase de la velocidad en una carrera de 100 metros.

² El tiempo de reacción corresponde al tiempo transcurrido entre el impacto de la pistola de partida y el momento de aplicación de la máxima presión en los bloques de salida.

³ Ver tiempos de reacción según clasificación de Maravec y colaboradores de 1988.

Foto 2. 10 metros



Comentario: El registro de los tiempos parciales cada 10 metros de carrera⁴, permite establecer la extensión de la fase de aceleración de cada atleta que empieza desde los primeros apoyos y se prolonga hasta el pico de velocidad (momento en que alcanza la máxima velocidad de desplazamiento). La fase de aceleración comienza después de perder el contacto con la línea de salida.

La mejor aceleración en este tramo la tiene Asafa Powell⁵, seguido de Usain Bolt y de Richard Thompson. Esta es una fase⁶ sumamente importante para el desarrollo de la velocidad. Cuanto más larga sea esta capacidad de aceleración, tanto mejor es el registro del deportista (como se puede observar en los resultados de la carrera)⁷.

Ponemos dos casos totalmente opuestos: Powell es el mejor en este tramo, quedando tercero en la carrera; mientras que Thompson es tercero en este tramo, quedando quinto en la final. Esto quiere decir que una acentuada aceleración en la partida no significa necesariamente que luego se desarrolle una elevada velocidad de carrera. Desde el punto de vista técnico, la aceleración se va incrementando de forma paulatina, gracias a la frecuencia y la longitud de zancadas, pasando de 5,29 m/s (a los 10 mts) a 10,00 m/s (a los 20 mts) en el caso de Bolt, que fue el ganador de la carrera; como en el caso de Thompson, de 5,26 (a los 10 mts) a 10,00 m/s (a los 20 mts); como en el caso de Powell, de 5,35 m/s (a los 10 mts) a 9,71 m/s (a los 20 mts). Cuando la frecuencia y la longitud de zancadas no crecen ninguna de las dos, es cuando finaliza la fase de aceleración y ya no se incrementa la velocidad. Esto lo comentaremos en las fotos precedentes.

⁴ Ver Tabla 3.

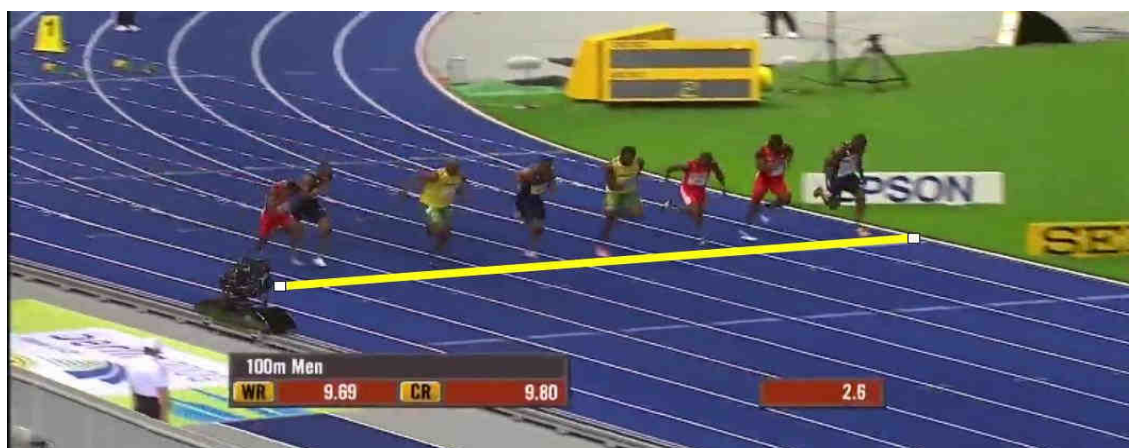
⁵ Ver Tabla 1.

⁶ Es la fase más importante de la carrera con un 64% de importancia según la tabla establecida por Téllez (1988) y citada por García Manso y cols. (1998).

⁷ Ver Tablas 1,2 y 3.

Un último detalle a comentar es la incorporación progresiva hasta llegar a la posición del paso lanzado, que en el caso de Bolt y Thompson se produce en este tramo, debido a su enorme corpulencia, lo que les hace llegar a la posición vertical, más rápido que el resto de sus competidores y no “aprovechan” todo el recorrido muscular del que hacen gala los velocistas más bajitos y más potentes.

Foto 3. 20 metros.



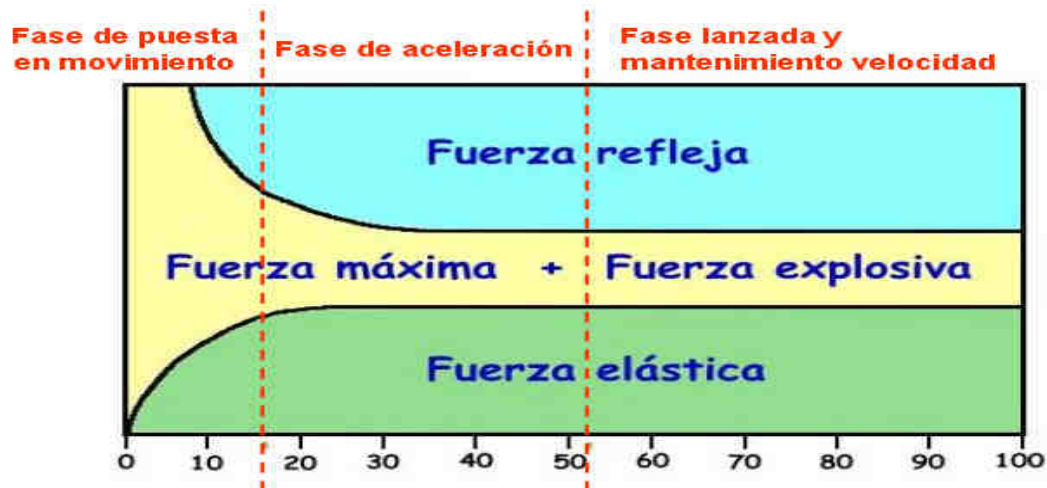
Comentario: En este tramo de carrera, los 8 finalistas siguen acelerando progresivamente hasta encontrar el pico máximo de velocidad. Los cambios que se producen en la frecuencia de paso y su longitud que se puede observar en la tabla del modelo rítmico que se presenta en el siguiente apartado, permiten alcanzar la aceleración de forma rápida y mantener la velocidad alta en cada tramo de la carrera. En este tramo, 5 de los finalistas están en 0,03 s., por lo que el resultado es incierto y no todos los participantes consiguen la misma aceleración ni la pueden mantener tantos metros.

Siendo la aceleración una de las partes más importantes de la carrera de 100 metros, hay 3 factores de las que depende: la técnica de salida, la acción sobre los primeros apoyos y la fuerza explosiva⁸ que poseen los atletas en la musculatura del tren inferior. En la final, podríamos diferenciar dos tipos de atletas⁹ respecto a estos 3 factores: los corredores de gran zancada y los más capacitados para desarrollar una alta frecuencia de zancada. Algunos de ellos poseen ambas cualidades, por lo que maximizan su potencial en carrera.

⁸ Está demostrada la dependencia entre la capacidad acelerativa y la fuerza muscular de las piernas por la correlación existente entre la fuerza de piernas y los saltos horizontales o verticales ($r=0.64$ y $r=0.50$)

⁹ Ver García Manso y cols.1998.

La máxima aceleración se consigue en el primer impulso de los tacos de salida (fuerza máxima dinámica), perdiendo su importancia a medida que adquiere protagonismo la velocidad. En los siguientes apoyos adquiere gran relevancia la fuerza explosiva. En el cuarto y sexto apoyo se entremezclan niveles de fuerza explosiva, elástica y algo de reactiva. En los siguientes apoyos acelerativos, la fuerza elástica y la reactiva adquieren su máximo nivel.



Combinación de las expresiones de fuerza utilizadas en una carrera de 100 metros (adaptado de Vittori, 1990)

Foto 4. 30 metros.



Comentario: En este tramo, los finalistas siguen acelerando. Para poder estar en la final, todos los corredores tienen que poseer una capacidad de correr los 30m saliendo de parado, por debajo de 4.0s, aspecto que se puede comprobar en la final, donde todos poseen un nivel similar de prestaciones y están por debajo de esta marca. En este tramo podemos observar que Usain ya está totalmente vertical, al igual que algunos otros corredores (Powell, Gay, Chambers), pero otros como Bailey o Patton, debido a sus características antropométricas (altura) están aún incorporándose hasta la posición final.

Foto 5. 40 metros.



Comentario: En este tramo la curva de velocidad sigue subiendo pero ya no de forma brusca. Los atletas con una gran capacidad de aceleración ya están en los primeros puestos y buscan su pico de velocidad máxima. En cuanto a la longitud de los pasos, esta va en aumento progresivo desde la salida hasta la meta, registrándose en todos los finalistas un incremento de la longitud en el tramo de los 30 a 60 metros, al relacionarlos con el primer tramo (0 a 30 m).

Foto 6. 50 metros.



Comentario: Estamos en la mitad de la carrera y todos los atletas siguen acelerando. Los resultados virtuales en los 50m se mantienen por igual al final de la carrera, a excepción de Thompson, que no supo distribuir los esfuerzos correctamente y realizó unos primeros 50 metros muy rápidos y no pudo después mantener la velocidad, con lo que su curva de velocidad fue descendiendo progresivamente la segunda parte de la carrera.

Foto 7. 60 metros.



Comentario: El parcial de 30 metros entre los 30 y los 60 metros es un calco de la final olímpica de Pekín (2008) en el caso de Bolt, porque a esas alturas es una centésima más rápido que en 2008. 6.31 contra 6.32. Empate técnico. Hay que recordar que este tiempo destroza el récord mundial indoor de Maurice Greene (6.39). Bolt está corriendo en torno a los 43 km/h, con una amplitud media de zancada de 2,51 m y una frecuencia media de 4,28 zancadas/segundo. Si comparamos estos resultados con el de otros corredores como Powell o Gay nos damos cuenta que Powell tiene una zancada media de 2,33 m y una frecuencia de 4,33 zancadas/segundo y Gay (2,23m-4,80 zancadas/segundo). Esto nos muestra que Bolt está aprovechando su altura, su longitud de zancada y sus palancas naturales para correr más largo con una frecuencia más baja que los otros finalistas, que son más bajos y más musculados del tren inferior.

Otro dato interesante que hay que aportar es que un nivel alto de velocidad máxima no es una garantía, pero sí una condición previa para que exista un buen rendimiento en la carrera de 100 metros.

Entre este parcial (60m) y el siguiente (70m) se establecería el inicio de la fase de la resistencia a la velocidad, que sería la capacidad de mantener la velocidad próxima a la máxima establecida el mayor tiempo posible. Todos los atletas tratan de mantener los niveles máximos de velocidad durante más de esos seis segundos que hemos establecido como un límite aproximado.

Otra característica de esta fase es que los tiempos de contacto en el suelo van disminuyéndose en todos los atletas e incrementándose los de vuelo, si bien los atletas intentan minimizar al máximo las fases aéreas, ya que la capacidad de aceleración sólo se crea cuando se está en contacto con la superficie de la pista. Desde el punto de vista técnico, en gran parte de la fase de aceleración los apoyos se efectúan por detrás de la prolongación del centro de gravedad, para evitar las fuerzas negativas y por la posición de salida.

Foto 8. 70 metros.



Comentario: Una vez acabada la fase de aceleración, entramos en la fase de velocidad máxima, que en cada corredor se produce en un momento determinado. Esta fase es dónde el atleta se desplaza a la máxima velocidad, así como el perfecto equilibrio entre los parámetros de amplitud y frecuencia. Esta máxima velocidad está determinada por la capacidad de realizar una gran amplitud de zancadas y de frecuencia de las mismas.

En el caso de Bolt en los 65,03 metros tiene su momento en el que alcanza la máxima velocidad de desplazamiento (12,5 m/s o 45km/h). A partir de aquí, empieza otra fase que se denomina “mantenimiento de la velocidad máxima”, que en función de la distribución de los esfuerzos y la resistencia específica puede durar más o menos. Podemos ver los datos de amplitud y frecuencia en las tablas anexas, pero reproducimos ahora el de los 3 medallistas:

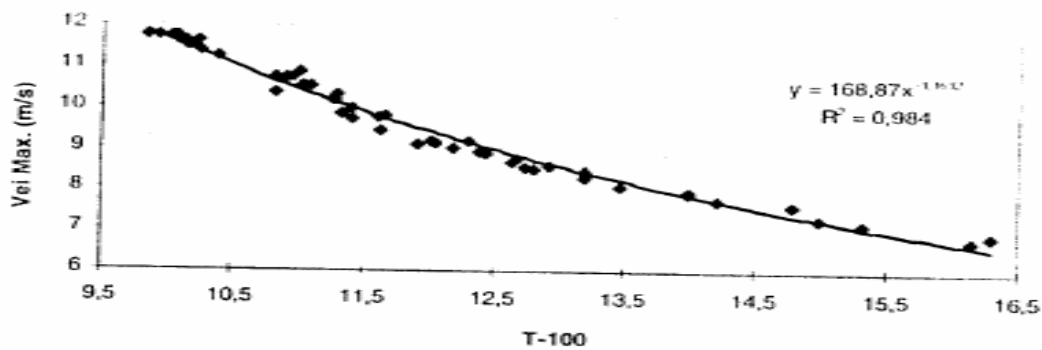
- Para el tramo 40-60: Bolt (2,67-4,49) / Powell (2,49-4,71) / Gay (2,42-4,88)
- Para el tramo 60-80: Bolt (2,77-4,49)/ Powell (2,51-4,74) / Gay (2,48-4,96)

En todos los finalistas es en este tramo donde se produce la máxima velocidad de desplazamiento (la media es de 42,51 km/h). El que alcancen la velocidad máxima en este tramo influyen factores de índole neuromuscular y energético especialmente. La frecuencia de estímulos “alfa” tiene especial importancia; la misma presenta una magnitud de 8 a 13 Herz. y tiene una correlación con la máxima frecuencia de los movimientos voluntarios. Por otro lado, el metabolismo del fosfágeno tiene importancia relevante en la potencia de la acción y se aprecia la gran eficiencia de la tarea enzimática no solamente en cuanto a la velocidad de accionarla, sino también en relación a la duración más prolongada: quizás hasta los 9,10 segundos. Aquí influyen no sólo los aspectos genéticos, sino también la eficiencia del entrenamiento sobre el metabolismo correspondiente.

En este tramo, respecto a la final olímpica de Pekín 2008, está pulverizando Bolt su récord. 7.92 por 7.96.

Durante esta fase de máxima velocidad es fundamental dominar perfectamente la técnica de carrera, lo que supone una exacta coordinación entre los músculos agonistas y antagonistas, siendo capaz de producir excitaciones e inhibiciones neuromusculares en minúsculas variaciones de tiempo.

Según García Manso y cols. (1998), existe una relación directa entre la máxima velocidad de carrera que es capaz de alcanzar un velocista y el resultado final que logra realizar sobre la distancia de 100 metros. La gráfica siguiente corresponde a la relación existente entre la máxima velocidad que alcanza un corredor en una carrera de 100 metros y el tiempo final realizado sobre la distancia, obtenida a partir de los datos de 45 sujetos de diferente nivel.



Uno de los principales objetivos del entrenamiento específico de un velocista será aquel que permita al atleta mantener el mayor número de metros posibles la máxima velocidad alcanzada en la fase de aceleración y, al mismo tiempo, procurar que esta velocidad sea lo más elevada posible.

La fase de velocidad máxima supone también la mayor expresión del fenómeno elástico-reflejo, por lo que se justifica también la correlación existente con el test de saltos reactivos. En esta fase de contactos de los pies en el suelo se manifiestan con su mínima duración (sobre 9 centésimas) con impulsos máximos dinámicos a gran frecuencia, de tal forma que los tiempos de apoyo en la carrera lanzada son menores que los invertidos en el transcurso de la aceleración. Este aspecto es también indicativo de la calidad neuromuscular del velocista: generar más fuerza en menos tiempo.

Foto 9. 80 metros.



Comentario: El récord que establecerá Bolt al final de la carrera se debe en parte al tramo del 60 al 90, donde consigue mantener la velocidad alcanzada todos estos metros, reduciendo el momento de desaceleración que sería la fase siguiente. Cuando el resto de los participantes sufren una desaceleración brutal (casi 2 km/h menos en todos los finalistas a excepción de Bolt) a causa del desgaste neuromuscular, Bolt mantiene la velocidad en este tramo y consigue hacer 0,81 centésimas otra vez. El resto de participantes, en este tramo pierde entre 0,04-0,15 centésimas. Casi nada. Si una cosa hay que destacar es que mientras 7 de los 8 finalistas están “crispados” en este tramo, Bolt mantiene una estructura facial relajada y tranquila, lo que le da más mérito a la carrera.

Siendo estrictos con el concepto de mantenimiento de la velocidad, podríamos hablar de capacidad de resistencia anaeróbica. El atleta no soporta el alto nivel de velocidad desarrollada, como consecuencia de un agotamiento del sistema nervioso central (SNC) y de la disminución parcial de fosfátenos y progresiva acumulación de lactato, por lo que el ritmo de la carrera decrece y se provoca una desaceleración. El incremento de las reservas de fosfocreatina (PC) (capacidad aláctica) incide favorablemente en el mantenimiento de la máxima velocidad.

Foto 10. 90 metros.



Comentario: Poco más hay que decir de esta fase, en la que Bolt empieza a desacelerar, como el resto de finalistas, siendo el único que consigue mantenerse por encima de los 12 m/s. La ventaja con el resto de participantes es muy grande y no hace como en Pekín que se deja ir sin más, sino que mira al lado derecho para comprobar que Gay no le alcanza y se dirige vencedor hacia la meta. Este último tramo rompe las leyes físicas que pronostican el desplome radical de la velocidad.

La pérdida de velocidad se registra hacia el término de la distancia de carrera y depende de la capacidad de resistencia a la velocidad de cada corredor. A niveles tan altos de rendimiento, influyen otros factores comentados anteriormente.

Foto 11. 100 metros. Llegada.



Comentario: En los últimos pasos de la carrera, cuando los finalistas se acercan a la línea de llegada se preparan para ejecutar una flexión de tronco. La carrera acaba cuando el atleta alcanza con cualquier parte de su tronco el plano vertical de la línea de llegada, una vez la haya cruzado. En este tramo final de la carrera de 100 metros, se caracteriza por una ligera reducción de la frecuencia de pasos por unidad de tiempo, con un cierto incremento en la longitud de los mismos (ver tabla de Análisis Biomecánico Individual). Esto se produce en todos excepto Tyson Gay, que es justo al revés.

Otro aspecto a comentar es que Bolt es más un corredor de 200 m, donde el tipo de entrenamiento realizado (esfuerzos de entre 8-20 segundos) mejora la aceleración negativa, con menor caída de la velocidad de traslación en la unidad de tiempo e incluso optimizando la duración del mecanismo del fosfágeno. La mezcla de ejercicios de reacción, de fuerza para la aceleración, de esfuerzos a alta intensidad/unidad tiempo y de esfuerzos de velocidad prolongada, hace que mejore todas las capacidades para el desarrollo de la velocidad.

Destacar que 5 de los 8 atletas establecen marcas por debajo de los 10,00 segundos, otros 2 finalistas hacen 10,00. Se considera esta final como una de las mejores de la historia porque se han establecido marcas estratosféricas que perdurarán en el tiempo. Puestos a hacer hipótesis de en cuanto puede quedar el récord de 100 metros, nos hacemos eco de un estudio científico del 2009 de la revista NSA¹⁰, en la que se fija el límite en 9,49, 10 centésimas menos. Donde se puede arañar ese tiempo? En tres parámetros: dos centésimas en los primeros 30 metros; otras dos en los últimos 20 metros y otras seis más con un viento favorable de 2 m/s a unos 600 metros de altitud.

Su amplitud media en los segundos 50 metros ya ha tocado techo: 2,78 m/zancada. El secreto será mejorar la frecuencia lanzada, que fue de 4,4 zancadas/segundo.

Conclusiones¹¹:

El análisis que he hecho de los parámetros de la carrera, tanto del tiempo empleado en cubrir cada tramo de la carrera como de la velocidad media lograda en cada fracción de 100 metros, permiten concluir que actualmente la fase de aceleración en los atletas de élite se prolonga hasta los 50-60 metros de carrera; que el pico de velocidad máxima se sitúa alrededor de los 60-65 metros, y que en todos los especialistas, a partir de esta distancia, se produce una ligera y paulatina desaceleración hasta llegar a la meta, producto de la disminución de la frecuencia de los pasos a pesar del aumento de la longitud de los mismos.

Cuando un aficionado observa la carrera, le parece que algunos velocistas aceleran en los últimos metros hasta alcanzar la llegada, pero lo que sucede realmente es que estos pierden menos velocidad que sus ocasionales adversarios.

¹⁰ Ver *Velocity dispersions in a cluster of stars: how fast could Usain Bolt have run*, Erikssen, H.; Kristiansen, J.; Langanen, O.; Wehus, I.

¹¹ Referencias del Boletín Técnico, nº 22 de CRD-IAAF de Santa Fé, Argentina, 2000. Ver apartado de conclusiones del estudio biomecánico realizado en Atenas 1997.

Practicum de Rendiment d'Atletisme
INEFC Barcelona 2009-2010

Finalmente, cabe señalar que los antecedentes aportados por los investigadores corroboran que los principales factores determinantes de la velocidad, a partir de un más breve tiempo de respuesta al estímulo de partida, son la adecuada relación que se alcance entre la frecuencia y la longitud de los pasos de carrera. Si bien la frecuencia de movimientos está determinada fundamentalmente por la aptitud genética del individuo, los modernos medios específicos de entrenamiento de la velocidad permiten estimular ligeramente su desarrollo. Con respecto a la longitud de zancada, esta se puede mejorar mediante el entrenamiento integral de las cualidades físicas básicas, con énfasis en el desarrollo de la fuerza especial, la resistencia a la velocidad, la amplitud de movimiento y la coordinación. Todo esto, junto a un óptimo entrenamiento técnico específico y una adecuada táctica de carrera para lograr una eficiente distribución de la energía, constituyen los pilares fundamentales sobre los que se debe formar un velocista que pretenda alcanzar niveles altos de rendimiento.

Comentar también que la altitud de la pista de Berlín (Estadio Olímpico de Berlín) es de 77 metros, la presión atmosférica es de 1027 mb y que en la carrera de 100 metros no influyó para nada las condiciones ambientales.

6. Algunos conceptos teóricos

6.1. *Reseña histórica*

La prueba de los 100 metros lisos masculinos formó parte del programa de la primera edición de los Juegos Olímpicos de la era moderna que se celebraron en la ciudad de Atenas en 1896 (la prueba femenina no debutaría en unos Juegos hasta la edición de 1928 celebrada en Ámsterdam). En aquella ocasión se corrió sobre una pista de ceniza y carbón. La posición de salida era libre y cada atleta adoptaba la que más creía que le favorecía, resultando ganador el norteamericano Thomas Burkeel, único atleta de la prueba que salió con las manos apoyadas sobre la pista y realizando unos agujeros en el suelo para tener un mejor apoyo de salida.

En 1912, con la fundación de la Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo (IAAF), se reconoce la primera marca mundial de la prueba en la persona de Donald Lippincott que, con un tiempo de 10,6 s, recorrió la distancia en la pista olímpica de Estocolmo.

En 1928 los norteamericanos George Breshnahan y William Tuttle inventan los tacos de salida, mejorando así el punto de apoyo en la salida y optimizando el impulso que, hasta entonces, se obtenía practicando sobre la pista de ceniza unos pequeños hoyos en los que se introducían los pies, práctica que había introducido, en 1887, Charles Sherill. Sin embargo, los tacos de salida no fueron reconocidos por la IAAF hasta 1937.

En 1938 la IAAF estableció que para considerar válida cualquier marca de la distancia, el viento favorable durante la realización de la prueba debía ser inferior a los 2,0 m/s.

El 20 de junio de 1968, en Sacramento, durante la celebración de las pruebas de selección del equipo norteamericano que habría de competir en los Juegos Olímpicos de México, los norteamericanos Jim Hines, Ronnie Ray Smith y Charles Greene lograron correr por primera vez la distancia por debajo de los 10 segundos, fijando la marca mundial en 9,9 s.

El 1 de enero de 1977 la IAAF decide abandonar el cronometraje manual que había venido coexistiendo con el electrónico desde 1932, estableciendo que todo registro oficial debía realizarse electrónicamente para tener validez oficial.

6.2. Desarrollo del Récord de 100 metros

La representación de los récords del mundo y de las mejores marcas anuales pretende servir de esquema para mostrar el desarrollo del rendimiento en esta disciplina.

6.2.1 Récord del mundo, olímpico y por continentes.

Récord	Categoría	Marca (s)	Atleta	País	Lugar	Fecha
Mundial (WR)	Hombres	9,58	Usain Bolt	 Jamaica	Berlín	16 de agosto de 2009
	Mujeres	10,49	Florence Griffith-Joyner	 Estados Unidos	Indianapolis	16 de julio de 1988
Olímpico (OR)	Hombres	9,69	Usain Bolt	 Jamaica	Pekín	16 de agosto de 2008
	Mujeres	10,62	Florence Griffith-Joyner	 Estados Unidos	Seúl	24 de septiembre de 1988
Europeo (ER)	Hombres	9,86	Francis Obikwelu	 Portugal	Atenas	22 de agosto de 2004
	Mujeres	10,73	Christine Arron	 Francia	Budapest	19 de agosto de 1998
Americano (AM)	Hombres	9,58	Usain Bolt	 Jamaica	Berlín	16 de agosto de 2009
	Mujeres	10,49	Florence Griffith-Joyner	 Estados Unidos	Indianapolis	16 de julio de 1988
Africano (AF)	Hombres	9,85	Osuloji Fasuba	 Nigeria	Doha	12 de mayo de 2006
	Mujeres	10,90	Glory Alozie	 Nigeria	La Laguna	5 de junio de 1999
Asiático (AS)	Hombres	9,99	Samuel Francis	 Qatar	Amman	26 de julio de 2007
	Mujeres	10,79	Xunmei Li	 China	Shanghai	18 de octubre de 1997
Oceánico (OC)	Hombres	9,93	Patrick Johnson	 Australia	Mito	5 de mayo de 2003
	Mujeres	11,12	Melinda Gainsford	 Australia	Sestriere	31 de julio de 1994

6.2.2 Mejores marcas mundiales del año 2009 en hombres.

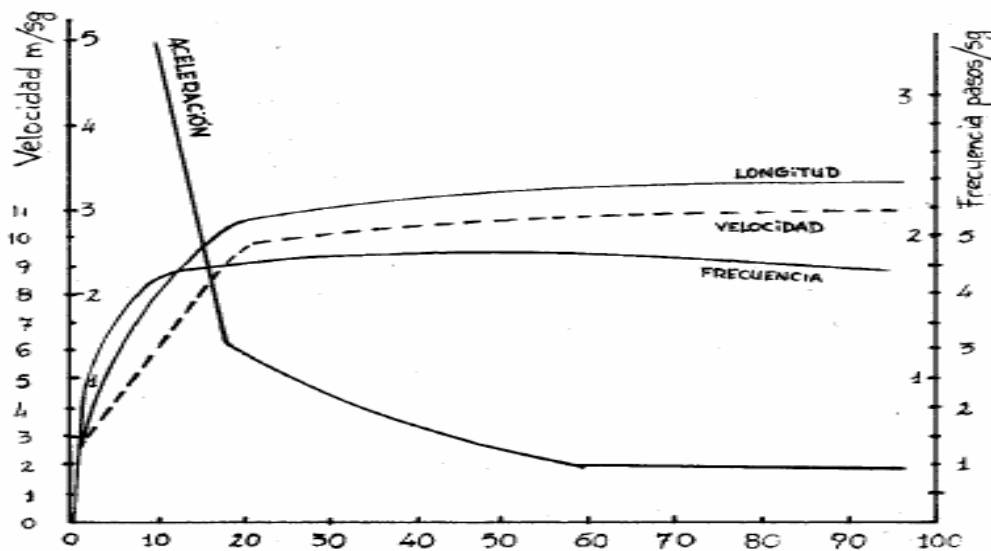
Posición	Marca (s)	Viento (m/s)	Atleta	País	Fecha	Lugar
1	9,58	+0,9	Usain Bolt	 Jamaica	16 de agosto	Berlín
2	9,69	+2,0	Tyson Gay ²	 Estados Unidos	20 de septiembre de 2009	Shanghai
3	9,71	+0,9	Tyson Gay	 Estados Unidos	16 de agosto	Berlín
4	9,84	+0,9	Asafa Powell	 Jamaica	16 de agosto	Berlín
5	9,89	+1,6	Travis Padgett	 Estados Unidos	28 de junio	Eugene (OR)
6	9,89	+1,6	Darvis Patton	 Estados Unidos	28 de junio	Eugene (OR)
7	9,93	-0,1	Daniel Bailey	 Antigua y Barbuda	16 de agosto	Berlín
8	9,93	-0,1	Richard Thompson	 Trinidad y Tobago	18 de mayo	Auburn
9	9,94	+1,6	Ivory Williams	 Estados Unidos	28 de junio	Eugene (OR)
10	9,95	+1,6	Rodney Martin	 Estados Unidos	28 de junio	Eugene (OR)
11	9,96	+1,7	Walter Dix	 Estados Unidos	28 de junio	Eugene (OR)

Extraído de la web oficial de la IAAF¹².

¹² Extraído de www.iaaf.org/statistics/records/inout=o/discType=5/disc=100/detail.html

6.3. Las fases de la carrera de 100 metros

- SALIDA DE TACOS (5%)¹³
 - Tiempo de reacción (1%).
- ACELERACIÓN (64%)
 - Trabajo en la arrancada.
 - Acción sobre los bloques de salida.
 - Ritmo de incremento de la velocidad.
- VELOCIDAD MAXIMA
 - Pico de velocidad.
- MANTENIMIENTO DE LA VELOCIDAD MAXIMA (18%)
 - Distribución de esfuerzos.
 - Resistencia específica.
- DESACELERACION (12%). Reducción del índice de resistencia a la velocidad¹⁴. La distancia durante la que se mantiene la velocidad casi máxima después de haber pasado el punto de velocidad máxima.



Comportamiento de la prueba de 100 metros.

¹³ Los porcentajes de importancia de cada fase de la velocidad en una carrera de 100 metros tomado de Téllez (1989), citado por García Manso y cols. (1998).

¹⁴ Ver García Manso y col. 1998.

6.4. Factores influyentes en la carrera de 100 metros

6.4.1. Fisiológicos.

Características de los corredores de ambos géneros¹⁵:

	Edad (años)	Estatura (m)	Peso (Kg)	Índ. M.C. (Kg/m ²)
H O M B R E S				
100 m	25 ± 3	1.81 ± 0.06	77 ± 5	23.5 ± 1.6
M U J E R E S				
100 m	26 ± 4	1.68 ± 0.06	57 ± 6	20.4 ± 1.5

Pekín 2008 ¹⁶	Edad (años)	Estatura (m)	Peso (Kg)	Índ. M.C. (Kg/m ²)
H O M B R E S				
Final 100 m.	27,12	182,38	75,13	22,68
Semifinal 100 m.	27,25	182,25	76,13	22,98

Berlín 2009 ¹⁷	Edad (años)	Estatura (m)	Peso (Kg)	Índ. M.C. (Kg/m ²)
H O M B R E S				
Final 100 m.	27,62	183,87	77,38	23,10
Semifinal 100 m.	26,81	182,75	76,32	23,04

Calidad y cantidad de las fibras:

“*Un velocista nace, pero tiene que hacerse con el tiempo*”. Esta es la afirmación que la Universidad de Pensilvania y de Burnaby se cuestionan en un estudio¹⁸ de finales de 2009 en el que concluyen que los velocistas tienen los dedos de los pies más largos y el tendón de Aquiles más corto que el resto de los atletas.

Los velocistas tienen un mayor porcentaje de fibras rápidas que el resto de deportistas (70% según Laich, 1986; 80% según Grosser, 1992). Las fibras rápidas permiten una contracción rápida, una conexión neuromuscular rápida, y son idóneas para ejercicios explosivos.

El porcentaje de fibras rápidas y lentas no se encuentra definitivamente establecido en el momento del nacimiento. Se considera posible que el porcentaje de fibras rápidas puede dentro de ciertos límites, aumentar hasta la pubertad siempre que se apliquen los estímulos adecuados (Harre y Hauptmann, 1987).

¹⁵ Vélez Blasco, Miguel. *Apuntes de Atletismo I. Apartado 2. Técnica de Carrera*. INEF Barcelona, 2009.

¹⁶ Vicente Pacho, Jesús María. *Practicum Atletismo*. INEF Barcelona, 2010.

¹⁷ Vicente Pacho, Jesús María. *Practicum Atletismo*. INEF Barcelona, 2010.

¹⁸ Piazza, S.; *The Sprinter's foot: An examination of an elite athlete has led to a rethinking of the way the fastest runners accelerate and how all of us walk*, Mechanical Engineering, Octubre 2009.

Musculación:

Es un factor clave en el velocista en los últimos años y se tiende a buscar velocistas potentes, fuertes y musculados. Se trabaja habitualmente en el gimnasio con máquinas de pesas, complementadas con sesiones de masaje para que se mantenga relajada la musculatura.

Varias investigaciones han demostrado que una mejora de fuerza puede provocar una mejora de la velocidad de desplazamiento. La fuerza máxima, habitualmente, tiene una acción positiva sobre la capacidad de aceleración y sobre la velocidad máxima. El hecho de aumentar la fuerza de un músculo, por ejemplo, a través de la hipertrofia, permite una proliferación del número de puentes entre las moléculas de actina y la miosina que componen las fibras musculares, aumentando la velocidad de contracción del músculo (Bührlé y Schmitzbleicher, 1981).

Este aumento de la fuerza va a tener una repercusión favorable sobre la amplitud de zancada y, dependiendo del tipo de fuerza desarrollado, sobre la frecuencia de las zancadas, como consecuencia de una disminución del tiempo de contacto en las fases de amortiguación e impulsión de la carrera.

Durante una carrera el tiempo de contacto en el suelo (suma de los tiempos de las fases de amortiguamiento, apoyo e impulsión) disminuye a medida que la velocidad es mayor. Este descenso del tiempo de apoyo origina, asimismo, un nivel distinto de fuerza de reacción del terreno. El tipo de fibras del sujeto va a ser determinante para generar más fuerza en menos tiempo.

Nutrición:

En un velocista, el principal gasto en sus entrenamientos se produce en los hidratos de carbono. El glucógeno muscular juega un papel fundamental porque estos atletas trabajan especialmente el aspecto anaeróbico.

Por decirlo de alguna manera, el glucógeno es la “gasolina super” de los corredores de 100, 200 y 400 metros; por eso deben reponerlo diariamente a base sobre todo de los hidratos de carbono complejos. El almidón que contienen la mayoría de los vegetales es un ejemplo claro de este tipo de nutrientes.

Los velocistas tienen mayores dificultades para eliminar grasas; por las características de su entrenamiento no queman casi esas reservas. Por eso deben llevar mucho cuidado con no pasarse con los dulces y con la ingestión de grasas.

Les cuesta mucho eliminar ese tipo de sustancias y, a la postre, el exceso del peso puede ser muy negativo en la carrera de un velocista.

Para asimilar adecuadamente su dieta de carbohidratos, estos atletas deben beber bastante, ya que el glucógeno se almacena hidratado en el organismo. El mecanismo de almacenamiento de glucógeno, como hemos apuntado, necesita la suficiente cantidad de agua. Si se produjese una carencia en su hidratación, estos atletas podrían sufrir calambres.

Es vital en un velocista la magnitud del fosfágeno almacenado en las fibras musculares, unido a ello la eficiencia de la acción enzimática para dicha tarea: ATP-asa; CPK. La magnitud de fosfágeno almacenado en los músculos es de unos 25 mMol/kg (Keul, 1978). Con el entrenamiento, se puede incrementar esta cantidad, lo que favorecerá la velocidad de contracción muscular.

6.4.2. Físicos¹⁹.

La velocidad es el producto de la amplitud y de la frecuencia de las zancadas.

* La amplitud. Es la distancia entre el punto de despegue de un pie hasta el punto de aterrizaje del otro pie. La amplitud puede ser considerada como la suma de tres distancias diferenciadas:

- Distancia de despegue. Es la distancia horizontal recorrida por el C.M desde la punta del pie de impulso, hasta la proyección de este, en el momento en que el pie abandona el suelo.
- Distancia de vuelo. Es la distancia horizontal recorrida por el C.M durante el tiempo que el corredor está en el aire.
- Distancia de aterrizaje. Es la distancia horizontal que existe entre la proyección del C.M y el pie que aterriza con el suelo por delante.

Durante la fase de apoyo el C.M sigue desplazándose, siendo mayor su recorrido horizontal cuanto más rápido se desplace, siempre que el tiempo de contacto no varíe.

* La Frecuencia. En la carrera, se expresa por el número de zancadas realizadas por unidad de tiempo (zancadas/segundo). El tiempo lo podemos dividir en:

¹⁹ Modificado de: Vélez Blasco, Miguel. *Apuntes de Atletismo I. Apartado 2. Técnica de Carrera*. INEF Barcelona, 2009.

- Tiempo de contacto. Tiempo durante el que el corredor realiza sus fases de amortiguación, sostén e impulsión. Los tiempos de contacto, disminuyen a medida que aumenta la velocidad de desplazamiento, hasta un límite que dependerá de las características del atleta. En las pruebas de velocidad su duración varía entre los 80/110 milésimas.
- Tiempo de vuelo. Aumenta a medida que lo hace la velocidad para acortarse ligeramente cuando el atleta intenta alcanzar su velocidad máxima. La duración de las fases de vuelo puede ir desde las 110/140 milésimas en pruebas de velocidad.

La frecuencia de carrera será mayor cuanto menor sea la suma del tiempo de vuelo y el tiempo de contacto que dura una zancada, dado que podrán realizarse más zancadas en un tiempo determinado.

Puesto que la duración de estas 2 fases varía en función de la velocidad de carrera y también en función de la economía de carrera, resulta interesante dividir el tiempo de vuelo entre el tiempo de contacto.

Este índice que Kutznesov denomina “indicador de la actividad de carrera” puede servirnos para evaluar la técnica empleada por un corredor, siendo de 1.5-1.2 para la velocidad.

Todo velocista con posibilidades de alto rendimiento debe conocer la relación óptima entre amplitud y frecuencia (Test Donatti).

6.4.3. Dinámico-corporales²⁰:

- La acción de la pierna libre.
 - Trabajo en el plano anterior.
 - Trabajo en el plano posterior.
- Acción de la cadera. La única velocidad articular de la cadena cinética de impulsión que diferencia claramente a los mejores velocistas del resto de atletas es la velocidad de extensión de la cadera.
- Acción de la rodilla. Los isquiotibiales actúan durante toda la fase de extensión de la cadera. Aportan la energía necesaria para la propulsión hacia delante, brindando una alta velocidad a la pierna en sus movimientos de descenso y zarpazo. Mayor elevación de rodillas respecto a los mediofondistas.

²⁰ Modificado de: Vélez Blasco, Miguel. *Apuntes de Atletismo I. Apartado 2. Técnica de Carrera*. INEF Barcelona, 2009.

- Acció del tobillo. Major extensió de la articulació del tobillo respecte a los mediofondistas.
- El tronco y la cabeza. Menor diagonalidad de hombros.
- La acción de brazos. Mayor amplitud del recorrido de brazos.
- Menor descenso del centro de masas.

6.4.4. Internas y Externas²¹:

Dentro de la combinación de tipos de fuerzas, existen las fuerzas que favorecen el desplazamiento y las que lo perjudican.

a) Fuerzas internas:

* Fuerzas favorecedoras del desplazamiento:

* Contracción de músculos agonistas y sinérgicos.

* Fuerza elástico-refleja de músculos y tendones. En los humanos parte de la energía necesaria para la carrera se consigue por transformación de la energía elástica que es capaz de almacenar en las estructuras músculo-tendinosas.

* Fuerzas que perjudican el desplazamiento:

* Contracción de músculos antagonistas.

* Rozamiento de músculos, fibras lentas/rápidas, tendones.

* Viscosidad muscular (en función de la temperatura).

b) Fuerzas externas:

• Fuerzas que favorecen el desplazamiento:

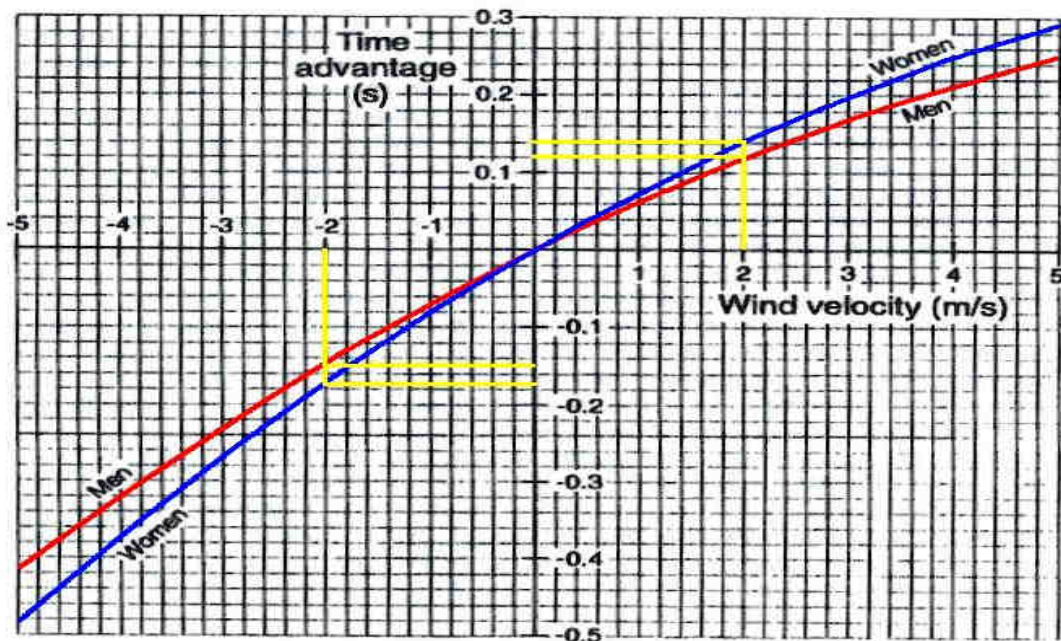
○ Viento a favor. Una velocidad del viento de + 1m/s supone una mejora de alrededor de 0.07 seg.

○ El calzado empleado por los corredores según el reglamento de la IAAF, puede ir provisto con clavos de hasta 9 mm de longitud. De este modo se logra un mejor agarre y una más eficiente transmisión de fuerzas entre atleta y pavimento. Con ayuda de los clavos se incrementa la transmisión de las enormes fuerzas musculares al pavimento con lo que se posibilita el alcance de las altísimas velocidades de carrera. Una base rígida (suela) sirve a una acción/transmisión de fuerzas más efectiva.

²¹ Modificado de: Vélez Blasco, Miguel. *Apuntes de Atletismo I. Apartado 2. Técnica de Carrera*. INEF Barcelona, 2009.

Practicum de Rendiment d'Atletisme
INEFC Barcelona 2009-2010

- El pavimento de la pista. No todos los pavimentos son adecuados para conseguir marcas punteras en las disciplinas de velocidad. Deben cumplir ciertos requisitos: una subbase rígida poco deformable (o flexible) hecha de asfalto o hormigón, con una capa superficial sintética de 5-8 mm (tartán) que ofrecen las condiciones óptimas para la consecución de buenas marcas en velocidad. El motivo es la escasa absorción de las fuerzas actuantes, que de este modo se puede utilizar casi en su totalidad para la impulsión del cuerpo. Las duras condiciones suponen una gran sollicitación para el aparato locomotor de los atletas.
- Fuerza de reacción del suelo.
- Fuerzas que perjudican el desplazamiento:
 - Fuerza de la gravedad. Cada 1000 metros de altitud suponen aproximadamente una ventaja de 0.03 segundos.
 - Resistencia del aire: en una carrera de 100 metros, aproximadamente el 5% de la fuerza se utiliza en vencer la resistencia aerodinámica (N.Linthorne, 1994). La utilización de ropa especial puede reportar un beneficio de 0.02 seg (Kyle, 1986).
 - Viento en contra.
 - Rozamiento y deformación del suelo.



Efecto del viento en los tiempos de la carrera de 100 m para velocistas de nivel internacional, hombres y mujeres (N. Linthorne, 1994).

7. El modelo rítmico de la final de 100 metros

Parafraseando las palabras de Lord Kelvin, que podemos encontrar al inicio de esta memoria, en las que afirma que sin medir algo o expresarlo en números no se sabe nada sobre lo que se estudia, me he propuesto hacer una hipótesis del modelo rítmico de la carrera de 100 metros de los 8 finalistas en la carrera de Berlín (2009).

Una vez extraídos y analizados todos los datos de la final de 100 metros en los capítulos anteriores (4 y 5), me he propuesto, siguiendo la estructura que propone Carlo Vittori en su libro²² hacer una tabla de referencia de los finalistas de Berlín 2009.

En el apartado de conceptos teóricos exponía que la velocidad era resultado del producto de la frecuencia por la amplitud y, de esta manera, puedo precisar para cada atleta un modelo rítmico que conjugue los dos parámetros que influyen en la velocidad de carrera.

A partir del modelo hecho, el propio entrenador de cada finalista, podrá valorar en los entrenamientos actuales y futuros, como está su atleta respecto al hipotético modelo y ver en qué punto puede mejorar.

A continuación voy a citar los pasos que utiliza Vittori en su estudio y en los que me he basado para hacer mis tablas de referencia:

1A. La primera operación es medir la longitud de la pierna, a partir de la línea media del trocánter mayor, hasta el suelo. En esta primer paso es donde mayores problemas he encontrado para poder resolverlo de forma positiva, ya que no tengo ni he tenido posibilidad de medirlo en los finalistas ni acceder a esos datos a través de la federación respectiva. Pero mi ingenio y astucia me han llevado a buscar para cada atleta fotografías tanto de perfil como frontales, en las que mediante un sencillo programa llamado e-Ruler²³, podía medir su altura trocantérea, haciendo una simple operación matemática. El resultado de la altura trocantérea de cada finalista se ha podido optimizar gracias al análisis de vídeo de la carrera y a los resultados obtenidos y el margen de error es mínimo, por lo que sin poder medir a los finalistas he conseguido realizar las tablas de referencia del modelo rítmico de cada atleta.

²² Vittori, Carlo; *Hipótesis de si un modelo ritmico de la corsa dei 100 m e su utilizzazione como método de controlo del'allenamento*. Atleticastudi, Italia, 1986.

²³ www.mycnknow.com

1B. Multiplicar la altura trocantérea por el coeficiente de 2,60, obteniendo la longitud de zancada en la carrera lanzada. Este coeficiente que Vittori coge de Tabashnick (1991) es una medida que puede estar distorsionada por varios factores: el paso del tiempo, la mejora en los biotipos de los velocistas y la genética. Si utilizamos el criterio de Vittori, en la final de Berlín nos sale un coeficiente de 2.65, muy cercano al suyo. Pero, después de hacer un estudio pormenorizado del tema, creo que además de diferenciar entre hombres y mujeres, que esto ya lo tiene en cuenta Vittori, habría que diferenciar entre atletas que tengan más de 1 metro de longitud de la altura trocantérea y los que tienen menos (este aspecto lo tiene en cuenta Vittori, pero no propone soluciones). Después de hacer el análisis tanto de Berlín, como de algunos corredores en los JJOO de Pekín, he llegado a la conclusión que el coeficiente por el que hay que multiplicar la altura trocantérea de los atletas de más de 1 metro de longitud de su pierna está en torno a 2.30-2.40. En los atletas de menos de 1 metro he utilizado de referencia el coeficiente de Tabashnick.

2. Dividiendo los 100 metros por la longitud de la zancada, obtendremos el número de pasos en los 100 metros lanzados.

3. A este resultado dado se le añade el 10%, hallando el número de pasos sobre los 100 metros con salida de bloques.

4A. En este paso, se trata de **dividir el tiempo objetivo** (o marca final) **de la carrera de 100 metros en los dos sectores de 50 metros** (el primero desde salida de bloques y el segundo lanzado).

4B y 4C. Según Vittori **la diferencia entre los dos 50 metros es de 1.25 segundos, por lo que al tiempo del paso anterior le sumamos la mitad de este 1.25 s. para hallar el valor del primer 50 metros.** El siguiente paso (4C) se trata de restar al tiempo objetivo (o marca final), el tiempo del primer 50 metros (desde salida de tacos) para hallar el segundo parcial de 50 metros (lanzado).

4D y 4E. En este paso, de cosecha propia, he tratado de hallar los tiempos de los 50 metros desde salida de tacos y los 50 metros de lanzado, hallando que la diferencia promedio de los 8 finalistas es de 1.29 segundos (pero alertando que 6 de los 8 finalistas hicieron una distribución del esfuerzo similar y que su tiempo promedio entre el primer y segundo 50 metros sería de 1.32 segundos).

5A. En este paso, para encontrar el **nº de pasos de los 50 metros lanzados**, hay que dividir 50 metros por la longitud de zancada.

5B. En este paso, para **hallar el n° de pasos de los 50 metros desde salida de bloques**, hay que restar el n° de pasos totales desde salida de bloques (PASO 3) de los 50 metros lanzados (PASO 5A).

Tengo que resaltar que en los pasos 5A y 5B de mi modelo hipotético de la final de 100 metros he podido hallar los pasos realizados por cada atleta en toda la carrera y en los segmentos de 50 metros.

6A. En este paso, **hallaremos la velocidad media de los 50 metros lanzados en m/s, dividiendo el espacio de 50 metros entre el tiempo empleado.**

6B. Conversión de m/s a km/h del paso 6^a.

6C. En este paso, **hallaremos la velocidad media de los 50 metros desde salida de bloques en m/s, dividiendo el espacio de 50 metros (desde salida de bloques) entre el tiempo empleado en este tramo.**

6D. Conversión de m/s a km/h del paso 6C.

6E. Con todos los resultados y análisis, se extrae la velocidad media del 0-100 en km/h.

6F. En este paso, se halla la velocidad máxima de 0-100 metros en km/h, gracias a los estudios biomecánicos de la Universidad de Halle²⁴.

6G. Conversión de km/h a m/s del paso 6F.

7A. En este paso, **hallaremos la frecuencia media de zancada de la distancia de 50-100 metros**, es decir, de los 50 metros lanzados, **dividiendo el n° de pasos del 50 metros lanzado por el tiempo empleado en recorrerlo.**

Una vez hecho el paso 7A, afirma Vittori que **la velocidad máxima es cerca del 3% superior a la velocidad media (en atletas que su longitud de pierna no pase de 1 metro)**. Pero en los cálculos realizados para los finalistas de Berlín 2009, hemos de decir que este coeficiente de 3% sube hasta un 9,71%.

7B. En este paso, hallaremos la frecuencia máxima de zancadas, dividiendo la velocidad máxima por la longitud de zancada (PASO 1B).

7C y 7D. Estos pasos no los contempla Vittori en su estudio, pero están añadidos para una mejor comprensión de lo que sucede en la carrera de 100 metros.

En la página siguiente se puede observar el cuadro de referencia que he utilizado para concretar todos estos pasos:

²⁴ Graubner, Rolf; Buckwitz, Ralf; Landmann, Mirko; Starke, Anja; *Results of the biomechanical analysis of sprint/hurdles events at the 12 IAAF World Championships in Athletics Berlin 2009*. Martin Luther Universität. Halle-Wittenberg. 2009.

Tabla 7. Finalistas de los 100 metros y datos analizados de la carrera.

	Atleta	País	Tiempo	Tiempo de Reacción	Viento (m/s)	Altura (cm)	Peso (Kg)	Año de Nacimiento	Altura Trocantérea	Dif. E.I-E.S
1º	Usain Bolt	JAM	9,58	0,146	0,9	196	75	1986	1,031	5,10%
2º	Tyson Gay	USA	9,71	0,144	0,9	181	75	1982	0,9718	6,68%
3º	Asafa Powell	JAM	9,84	0,134	0,9	188	87	1982	1,0900	15%
4º	Daniel Bailey	ANT	9,93	0,129	0,9	179	68	1986	0,9827	8,77%
5º	Richard Thompson	TRI	9,93	0,119	0,9	187	79	1985	1,0466	11,16%
6º	Dwain Chambers	GBR	10,00	0,123	0,9	180	83	1978	0,9412	4,12%
7º	Marc Burns	TRI	10,00	0,165	0,9	185	77	1983	1,0415	14,65%
8º	Darvis Patton	USA	10,31	0,149	0,9	183	75	1977	1,0667	15,17%

Tabla 8. Modelo rítmico de los finalistas de 100 metros en Berlín 2009.

Atletas	Usain Bolt	Tyson Gay	Asafa Powell	Daniel Bailey	Richard Thompson	Dwain Chambers	Marc Burns	Darvis Patton
Pasos								
1a	1,03	0,97	1,09	0,98	1,05	0,94	1,04	1,07
1b	2,69	2,53	2,83	2,56	2,72	2,45	2,71	2,77
2	37,20	41,76	40,41	43,64	40,00	40,45	39,09	41,36
3	40,92	45,94	44,45	48,00	44,00	44,50	43,00	45,50
4a	4,79	4,86	4,92	4,97	4,97	5,00	5,00	5,16
4b	5,42	5,48	5,55	5,59	5,59	5,63	5,63	5,78
4c	4,17	4,23	4,30	4,34	4,34	4,38	4,38	4,53
4d	5,48	5,55	5,57	5,61	5,58	5,63	5,64	5,75
4e	4,10	4,16	4,27	4,32	4,35	4,37	4,36	4,56
5a	22,32	25,00	24,20	27,00	24,00	24,50	23,90	25,00
5b	18,60	20,50	20,25	21,00	20,00	20,00	19,10	20,50
6a	12,20	12,02	11,71	11,57	11,49	11,44	11,47	10,96
6b	43,90	43,27	42,15	41,67	41,38	41,19	41,28	39,47
6c	9,14	9,01	9,01	8,94	8,94	8,89	8,89	8,65
6d	32,91	32,43	32,43	32,20	32,20	32,00	32,00	31,14
6g	39,99	39,42	38,69	38,34	38,29	38,05	38,08	36,60
6h	44,71	45,57	42,57	46,07	46,41	41,54	44,00	46,25
6i	12,42	12,66	11,83	12,80	12,89	11,54	12,22	12,85
7a	4,40	4,95	4,59	4,86	4,60	4,58	4,38	4,50
7b	4,53	5,01	4,73	5,01	4,74	4,72	4,51	4,63
7c	4,33	4,80	4,56	4,70	4,55	4,42	4,33	4,45
7d	2,76	2,42	2,55					

Este cuadro es el que ha servido de base para hacer “pruebas” acerca de los coeficientes a utilizar para cada atleta y hacer una individualización de los mismos o variar la altura trocantérea establecida desde un principio.

En la página siguiente podemos observar el mismo cuadro, con las variaciones realizadas en la altura trocantérea, el coeficiente de multiplicación de la misma y las velocidades máximas de 0 a 100 metros.

Tabla 9. Modelo rítmico de los finalistas de 100 metros en Berlín 2009 (modelo de pruebas).

Atletas	Usain Bolt	Tyson Gay	Asafa Powell	Daniel Bailey	Richard Thompson	Dwain Chambers	Marc Burns	Darvis Patton
Pasos								
1a	1,05	0,94	1,09	0,90	1,05	0,95	1,07	1,07
1b	2,74	2,45	2,52	2,35	2,45	2,47	2,58	2,45
2	37,20	41,76	40,41	43,64	40,00	40,45	39,09	41,36
3	40,92	45,94	44,45	48,00	44,00	44,50	43,00	45,50
4a	4,79	4,86	4,92	4,97	4,97	5,00	5,00	5,16
4b	5,42	5,48	5,55	5,59	5,59	5,63	5,63	5,78
4c	4,17	4,23	4,30	4,34	4,34	4,38	4,38	4,53
4d	5,48	5,55	5,57	5,61	5,58	5,63	5,64	5,75
4e	4,10	4,16	4,27	4,32	4,35	4,37	4,36	4,56
5a	22,32	25,00	24,20	27,00	24,00	24,50	23,90	25,00
5b	18,60	20,50	20,25	21,00	20,00	20,00	19,10	20,50
6a	12,20	12,02	11,71	11,57	11,49	11,44	11,47	10,96
6b	43,90	43,27	42,15	41,67	41,38	41,19	41,28	39,47
6c	9,14	9,01	9,01	8,94	8,94	8,89	8,89	8,65
6d	32,91	32,43	32,43	32,20	32,20	32,00	32,00	31,14
6g	39,99	39,42	38,69	38,34	38,29	38,05	38,08	36,60
6h	44,71	44,22	42,85	42,35	41,86	41,86	41,86	40,91
6i	12,42	12,28	11,90	11,77	11,63	11,63	11,63	11,36
7a	4,40	4,95	4,59	4,86	4,60	4,58	4,38	4,50
7b	4,53	5,01	4,73	5,01	4,74	4,72	4,51	4,63
7c	4,33	4,80	4,56	4,70	4,55	4,42	4,33	4,45
7d	2,76	2,42	2,55					

Para acabar con este capítulo número 7, destacar 2 aspectos que no he comentado con anterioridad y son los siguientes:

- La frecuencia media del 0-100 es igual a:
 - Para atletas de 1 metro o más de altura trocantérea: hay que restarles 1,12%
 - Para atletas de menos de 1 metros de altura trocantérea: hay que restarles 3,33%.
- La zancada media del 40-100 metros:
 - Para atletas como Bolt/Powell es igual a +8,86% respecto a la zancada media del 0-100 metros.
 - Para atletas como Gay es igual a + 7,85% respecto a la zancada media del 0-100 metros.

Practicum de Rendiment d'Atletisme
INEFC Barcelona 2009-2010

Haciendo un análisis muy detallado de la carrera de 100 metros y haciendo una distribución de los esfuerzos de los 3 mejores en Berlín podemos observar en la siguiente tabla un análisis comparativo de estos datos:

Tabla 10. Cálculo de tiempos parciales, velocidades medias y porcentajes de velocidad en cada tramo de 20 metros.

	0 – 20 m.	20 – 40 m	40 – 60 m.	60 – 80 m.	80 – 100 m
Bolt	2.89 sec.	1.75 sec.	1.67 sec.	1.61 sec.	1.66 sec.
	6.92 m/sec.	11.43 m/sec.	11.98 m/sec.	12.42 m/sec.	12.05 m/sec.
	24.913 k/h	41.140 k/h	43.128 k/h	44.712 k/h	43.373 k/h
	56%	92%	96%	100%	97%
Gay	2.92 sec.	1.78 sec.	1.69 sec.	1.63 sec.	1.69 sec.
	6.85 m/sec.	11.23 m/sec.	11.83 m/sec.	12.27 m/sec.	11.83 m/sec.
	24.660 k/h	40.428 k/h	42.588 k/h	44.172 k/h	42.603 k/h
	56%	91%	96%	100%	96%
Powell	2.91 sec.	1.80 sec.	1.71 sec.	1.68 sec.	1.74 sec.
	6.87 m/sec.	11.11 m/sec.	11.70 m/sec.	11.90 m/sec.	11.50 m/sec.
	24.742 k/h	40.032 k/h	42.120 k/h	42.857 k/h	41.380 k/h
	58%	97%	98%	100%	96%

8. Conclusión

El modelo rítmico hipotético que he presentado anteriormente, se utiliza no sólo como una referencia para observar en todos los finalistas su medida técnica adecuada en la competición, sino también para controlar el desarrollo de los entrenamientos durante los diferentes mesociclos preparatorios y específicos.

A partir de la presentación del modelo rítmico de los finalistas de Berlín 2009, se pueden hacer distintas estrategias de entrenamiento, individualizando en cada caso, la fase de la carrera de 100 metros que pueda mejorar cada atleta. Con estos datos, un entrenador que sepa manejar los diferentes parámetros de carrera (especialmente amplitud y frecuencia), puede individualizar el entrenamiento hacia una carrera rápida o una carrera amplia. Este aspecto lo trata Vittori en su hipótesis del modelo rítmico, explicando que este control del entrenamiento lo lleva a cabo en la fase de sobrecompensación y le permite conocer las capacidades necesarias para desarrollar la velocidad de la carrera.

Afirma que de la mezcla de la carrera rápida y de la carrera en amplitud nace la más alta velocidad de cada atleta y a partir de aquí establece un modelo para cada atleta, que es lo que a partir de este trabajo, cada uno puede hacer con los 8 finalistas, viendo en cada caso, cual es el objetivo último que se ha fijado para la prueba, si evoluciona a lo largo de los macrociclos y si tiene un resultado en la competición acorde a lo preparado en los entrenamientos.

El siguiente paso a este trabajo sería ya la preparación y control de cada uno de los atletas que han disputado la final, aspecto que por ahora no se prevé en un futuro a corto y medio plazo, pero que serviría para cerrar el bucle abierto con la presentación del tema de esta memoria.

Es posible que algún lector se quede con las ganas de más información, de más trabajo de campo, pero no entra dentro de los objetivos que me he marcado para este Practicum. He intentado a lo largo de toda la memoria desarrollar los contenidos previstos y hacer frente a los objetivos propuestos, por lo que considero que este trabajo ha sido muy aprovechable para leer, estudiar y repasar toda una serie de conceptos que a lo largo de los años he ido aprendiendo tanto en mi carrera atlética, como en la universidad y que han servido para tener una sensibilidad especial por este mundo atlético, intentando aportar algunas novedades con la memoria y haciendo reflexionar a mucha gente sobre el trabajo bien hecho, con una estructura, con unas buenas bases y sobre todo acorde con lo que se exige para un Proyecto Final de Carrera.

9. Crítica y revisión

Análisis Biomecánico del 7º Campeonato Mundial de Atletismo. Sevilla 1999. Amelia Ferro, Alicia Rivera, Itziar Pagola, Miguel Ferreruela, Alvaro Martín, Valentín Rocandio, publicado en la Revista NEA 2:1/2 pp.25-60 de 2003.

Errores:

- * Tabla 3. Tiempo al final de cada sección (seg). En esta tabla falta el tiempo de reacción de todos los participantes.
- * Tabla 4. Tiempos en las secciones de los 30 a 50 metros (seg.). En el gráfico adjunto, no se muestra correctamente los datos, debido a que sólo hay una variable (tiempo) y no se sabe si es mejor 1,74 que 1,80 por el dibujo de la gráfica.
- * Tabla 5. Tiempos en las secciones de 80 a 100 metros (seg.). En el gráfico adjunto, no se muestra correctamente los datos, debido a que sólo hay una variable (tiempo) y no se sabe si es mejor 1,71 que 1,86 por el dibujo de la gráfica.
- * Figura 1. Intervalos individuales (seg.). Un gráfico de barras no es la mejor manera para dibujar la diferencia de intervalos entre los participantes. Hubiera escogido un gráfico de puntos.
- * Tabla 7. Sección de máxima velocidad (m/s) y sección. Estos datos son inventados. O tendría que decir “sección de máxima velocidad media (m/s)” porque la máxima velocidad se establece en un punto y no es una media.
- * Figura 3. Importancia porcentual de cada sección en el total del tiempo de cada atleta (%). No ha tenido en cuenta el tiempo de reacción de los atletas y si lo ha tenido en cuenta hay un error monumental, porque no da el 100%.

10. Agradecimientos.

- Miguel Vélez Blasco, entrenador de salto de altura de la RFEA en el Car de San Cugat de Barcelona y adjunto del responsable estatal de saltos, por su apoyo incondicional en la búsqueda de mis inquietudes personales y profesionales.
- Rolf Graubner, por la ayuda mostrada al detallarme los resultados del Proyecto Berlín de análisis biomecánico de la prueba de 100 metros.
- Alex Codina Trenzano, entrenador de velocidad de la RFEA en el CAR de Sant Cugat y responsable del equipo de relevos absoluto femenino de la RFEA, que me revisó la presente memoria y me orientó sobre la mejor manera de plasmar todo lo analizado.

11. Fuentes documentales

Akira Ito, M.; Suzuki, M.; *The men's 100 metres*. News Studies in Athletics. Volumen 7. Fascículo 1. Páginas 47-52. IAAF. 1992.

Erikssen, H.; Kristiansen, J.; Langangen, O.; Wehus, I.; *Velocity dispersions in a cluster of stars: how fast could Usain Bolt have run*. 2008.

Ferro, A.; Rivera, A.; Pagola, I.; Ferreruela, M.; Martín, A.; Rocandio, V.; *Proyecto de Investigación Biomecánica en 7º Campeonato Mundial de Atletismo Sevilla 1999*. Nuevos Estudios en Atletismo. Volumen 2, fascículo 1/2; Julio. Santa Fe, Argentina. 2003.

García Manso, J.M.; Navarro, M.; Ruiz, J.A.; Martín, R.; *Bases teóricas del entrenamiento deportivo: Principios y aplicaciones*. Ed.Gymnos. Madrid. 1998.

Graubner, Rolf; Buckwitz, Ralf; Landmann, Mirko; Starke, Anja; *Results of the biomechanical analysis of sprint/hurdles events at the 12 IAAF World Championships in Athletics Berlin 2009*. Martin Luther Universität. Halle-Wittenberg. 2009.

Harre, D.; Hauptmann, M.; *El entrenamiento de la fuerza máxima*. RED. Vol 1 (2). 1987.

Ikai, M.; *Biomechanics of sprint running with respect to the speed curve*. International Seminar of Biomechanics. Zurich. 1967.

Moravec, P.; Ruzicka, J.; Susanka, P.; Dostal, E.; Kodejs, M.; Nosek M.; *The 1987 International Athletic Foundation/IAAF Scientific Project Report: Time analysis of the 100 metres events at the II World Championships in Athletics*. News Studies in Athletics. Volumen 3. Páginas 61-96. 1988. IAAF.

Müller, H.; Hommel, H.; *Biomechanical Research Project at the VIth World Championships in Athletics, Athens 1997: Preliminary Report*. News Studies in Athletics. Volumen 12. Fascículo 2-3. Páginas 43-73. IAAF. 1997.

Mureika, J.R.; *The legality of wind and Altitude Assisted Performances in the sprints*. University of Toronto. Toronto. 2001.

Practicum de Rendiment d'Atletisme
INEFC Barcelona 2009-2010

Piazza, Stephen; *The Sprinter's foot: An examination of an elite athlete has led to a rethinking of the way the fastest runners accelerate and how all of us walk*, Mechanical Engineering, Nueva York (EUA), Octubre 2009.

Prendergast, K.; *Modelo Matemático de los 100 metros y su significado*. Nuevos Estudios en Atletismo. Volumen 2, fascículo 3/4; Diciembre. Santa Fe, Argentina. 2003.

Scarpín, Juan Alberto (dir). *Revista Centro Regional de Desarrollo (CRD)*. Boletín Científico 100 y 100 metros vallas. N° 25. Julio. Santa Fe (Argentina). 2002.

Tabashnick, B. *La preparazioni pluriennale dei velocisti*. *Atletica Studi*, 3-4: 61-129. Italia. 1991.

Vélez Blasco, Miguel. *Apuntes de Atletismo I. Apartado 2. Técnica de Carrera*. INEF Barcelona, 2009.

Vittori, Carlo et al. *Le Gare di Velocità. La scuola italiana di velocità 25 anni di esperienze di Carlo Vittori e Collaboratori*. Federazione Italiana di Atletica Leggera. Suplemento n°2/95 Marzo Abril de *Atletica Studi*.

Vittori, Carlo, *Hipótesis de un modelo rítmico de la carrera de 100 metros y su utilización como método de control del entrenamiento*. Direcció General de l'Esport. INEF Barcelona.

Vittori, Carlo, *Hipótesis si un Modelo Rítmico de la corsa dei 100m e sus utilizzazione como método de control del allenamento*. *Atleticastudi*, Nov-Dic: 6:451-456. Italia, 1986.

Vittori, Carlo. *El entrenamiento de la fuerza para el sprint*. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. Volumen 4, 3: 2-8. 1990.

Vittori, Carlo. *Métodos y medios para el desarrollo de la fuerza rápida en las pruebas de velocidad*. Simposio de fuerza rápida. E.N.E., Estepona. 1988.

WEBS:

www.tilostopaja.org

www.noivelocisti.net/allenamento/metodo-di-controllo-dellallenamento

www.iaaf.org

12. Anexos