Cálculo de Decalajes (Principios Básicos)

CNJ
RFEA ATLETISMO
COMITÉ NACIONAL DE JUECES

Introducción

En un deporte como el atletismo, donde medir (con exactitud) es una de las tareas principales de los jueces, es inevitable que las matemáticas tengan un papel importante. En concreto, las marcas en la pista de carreras y en los sectores de caídas de lanzamientos serán casos en que se usan las matemáticas.

Las instalaciones de atletismo han sido diseñadas, construidas y homologadas por personal competente y acreditado (incluyendo los Verificadores de Instalaciones del panel RFEA). Además, antes de y durante la competición los miembros del panel de Dirección Técnica se habrán encargado de dejar la pista totalmente preparada para la disputa de las diferentes pruebas.

A pesar de ello, el Juez Árbitro, como responsable último de lo que acontece en la competición, deberá tener unas nociones de cómo se mide una pista, especialmente para comprobar si alguna señalización en ella no es correcta (muy especialmente las marcas no permanentes), o si un sector de lanzamientos está bien puesto.

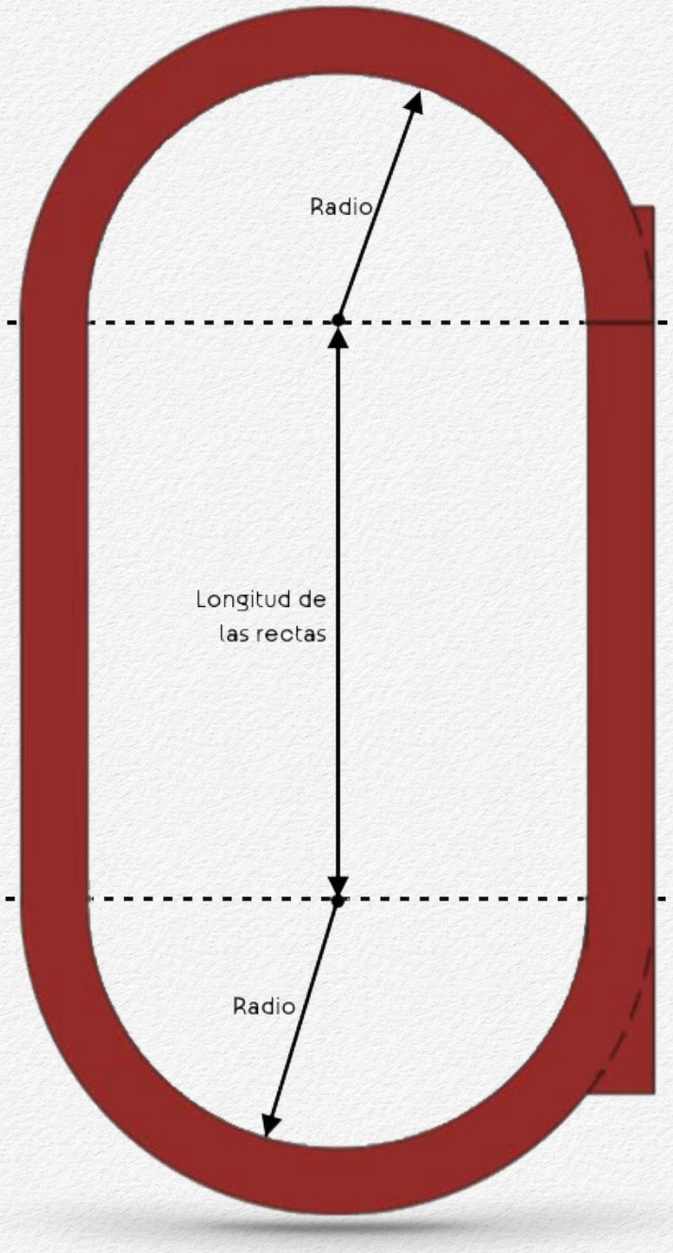
En esta publicación se van a tratar los siguientes temas:

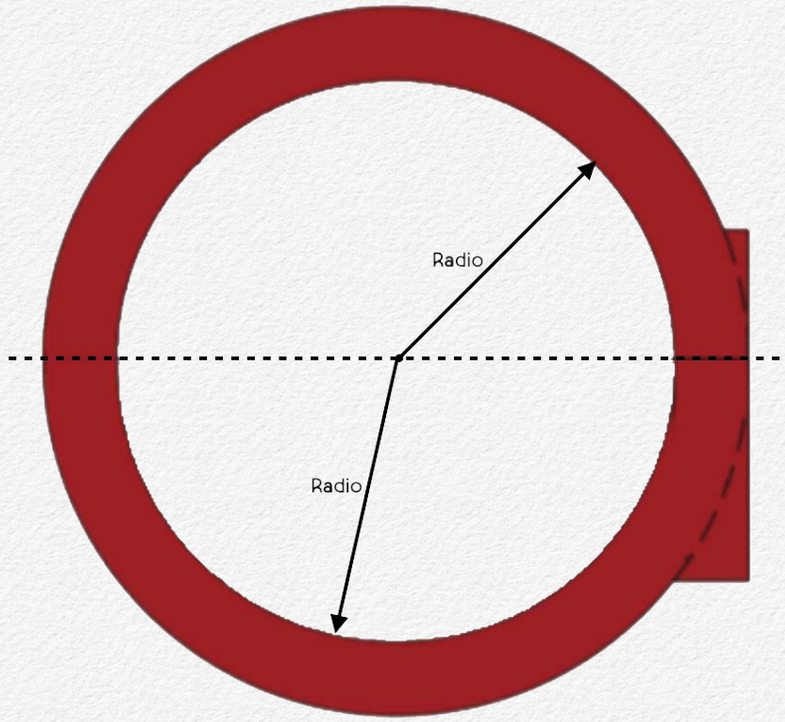
- Compensación de curva.
- Compensación de recta.
- Cálculo de una salida por la mitad exterior de la pista.
- Cálculo de los pasos kilométricos en la prueba de 3.000 m obstáculos

Las medidas de una pista

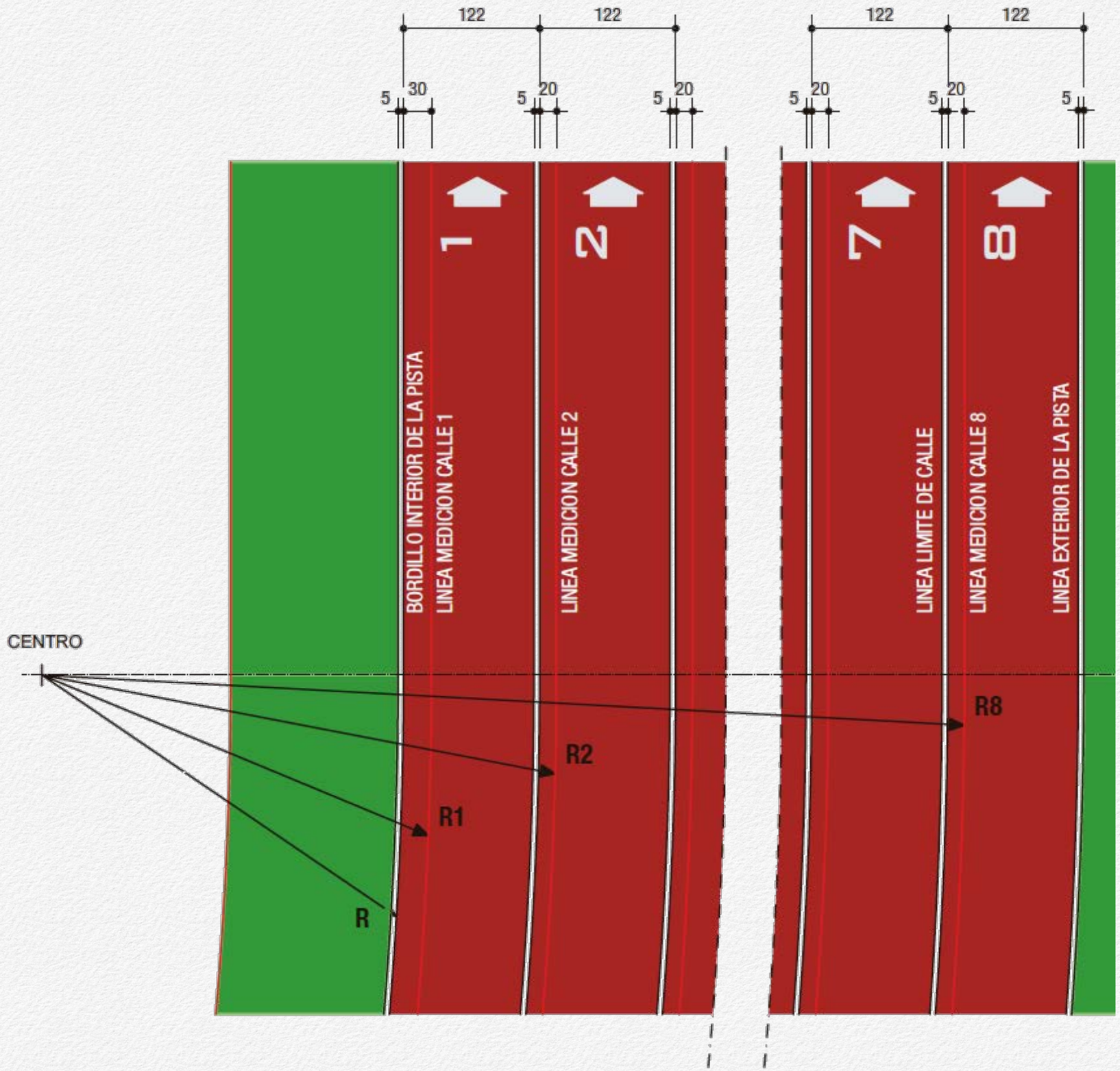
La longitud nominal de una pista estándar de carreras será de 400 metros.

La pista tendrá dos rectas paralelas y dos curvas cuyos radios serán iguales.





La medida del contorno de la pista se tomará a 0,30 metros al exterior del bordillo interno de la misma o, donde no haya bordillo en una curva (o en el desvío de la pista para la ría de los obstáculos), a 0,20 metros de la línea que limita el interior de la pista.


122
122
122
122
5
30
5
20
5
20
5
20
5
20
5
BORDILLO INTERIOR DE LA PISTA
LINEA MEDICION CALLE 1
LINEA MEDICION CALLE 2
LINEA LIMITE DE CALLE
LINEA MEDICION CALLE 8
LINEA EXTERIOR DE LA PISTA
1
2
7
8
CENTRO
R
R1
R2
R8

Compensación de curva

En carreras en que se desarrolle alguna parte por curva, para calcular la distancia con la que tenemos que compensar a un atleta por el hecho de iniciar su carrera en una calle diferente a la 1, con el fin de que los metros a correr sean exactamente los mismos, tendremos en cuenta dos factores:

- El ancho de calles (normalmente 1,22 metros, debiendo tener todas el mismo ancho).
- El radio de las curvas de la pista (aunque veremos a continuación que, según cómo se realicen los cálculos, no es del todo necesario).

Para ello deberemos conocer que la longitud de una circunferencia es **2** x **π** x **r**, donde **π** (el número pi) es una constante que toma el valor 3,14159 y **r** es el radio de la circunferencia de la curva.

Longitud = 2 x **π** x **r**

Vamos a suponer que la pista a la cual le queremos calcular las diferentes compensaciones, tiene un radio de 37 metros y un ancho de calles de 1,22 metros. Empezamos calculando las medidas por la calle 1:

- Una curva medida por la calle 1 será una media circunferencia con un radio de 37,3 metros.

  Radio calle 1 = 37 m de radio + 30 cm que es donde se miden las calles que llevan bordillo.

- Como la longitud de una circunferencia es **2** x **π** x **r**, la de media circunferencia será **π** x **r**. Por lo tanto, esta curva tendrá una longitud de **π** x **37,3** = **117,181** metros en la línea de medición de la calle 1.
- Si una curva mide **117,181 metros**, la suma de las dos curvas será **2 x 117,181 = 234,362 m**
- Como sabemos que la pista debe medir 400 metros, restando la distancia en curva obtendremos la distancia que suman las 2 rectas:

  rectas = 400 – 234,362 = 165,638 m

- Dividiendo por 2, obtenemos la longitud de cada recta:

$$\textbf{recta} = \frac{165{,}638}{2} = 82{,}819 \text{ m}$$

  Lógicamente, la longitud de las rectas será idéntica en todas las calles, no así las de las curvas.

Repitamos ahora el mismo procedimiento para las medidas de la calle 2:

- El radio en la línea de medición por la calle 2 será el radio de la pista (37 metros) + la calle 1 (1,22 metros) + la distancia en la que medimos la línea de carrera cuando no hay bordillo (20 centímetros), o sea el radio en la línea de medición por la calle 2 será: 38,42 metros.

  Radio calle 2 = 37 m + 1,22 m + 20 cm = 38,42 m

- La curva medirá **π** x **r**. Por tanto, esta curva tendrá una longitud de **π** x **38,42** = **120,700 m**
- Las dos curvas medirán **2 x 117,181 = 234,362 m**
- Sumando las 2 rectas (165,638 metros) obtenemos cuánta distancia recorreríamos por la calle 2 si tomásemos la misma salida que por la calle 1:

  165,638 m + 241,400 m = 407,038 m

Se podría repetir el mismo procedimiento para el resto de calles. Por ejemplo, para la calle 4:

Radio calle 4 = 37 m + (1,22 m x 3) + 20 cm = 40,86 m

Longitud de 2 curvas será 2 x π x 40,86 = 256,731 m

Sumándole las 2 rectas obtenemos la distancia que recorreríamos por la calle 4 si tomásemos la misma salida que por la calle 1:

165,638 m + 256,731 m = 422,368 m

De hecho, se puede calcular la distancia corrida de más entre cada calle sin saber el radio de la pista. Solo debemos conocer el ancho de calle, que será casi siempre 1,22 metros.

Por ejemplo, la distancia que se corre de más entre cualquier calle y su inmediatamente interior (6 y 5, por ejemplo) será **2 x π x 1,22** ya que el radio entre 2 calles aumenta 1,22 metros. Así, entre 2 calles la distancia corrida de más será **7,665 m**.
La única excepción es si la calle de comparación es la 1, ya que la distancia de la línea de medición de la calle 1 a la 2 es de 1,12 metros (al ser la medición en calle 1 a 30 centímetros y en calle 2 a 20 centímetros).

Habrá que compensar para cada calle su exceso de recorrido, llevando la línea de salida adelante en dirección de carrera. Por supuesto, habrá que tener en cuenta el número de curvas que realiza un atleta.

A continuación, se observan las compensaciones para una carrera de 400 m:

- Para una carrera de 200 m, la compensación sería exactamente la mitad.
- Para una carrera de relevos 4x200 m, íntegramente por calles, la compensación será el doble que para una carrera de 400 m.

π = 3,14159

Radio = 37,00 m

Ancho de calle = 1,22 m

- Para una carrera de relevos 4x400 m corrida con 3 curvas, la compensación será 1,5 veces la de la carrera de 400 m ..., aunque faltará algo que veremos a continuación.

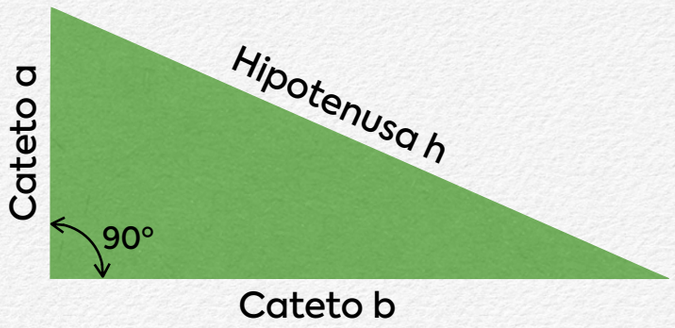
Calle	Línea de medición	Radio	D (diferencia de radios con C_1)	1 curva	2 curvas	2 rectas	Longitud (saliendo desde línea de meta)	Compensación respecto meta	Compensación respecto calle contigua
1	0,30	37,30	0,00	117,181	234,363	165,637	400,000	0,000	
2	0,20	38,42	1,12	120,700	241,400	165,637	407,037	7,037	7,037
3	0,20	39,64	2,34	124,533	249,065	165,637	414,703	14,703	7,665
4	0,20	40,86	3,56	128,365	256,731	165,637	422,368	22,368	7,665
5	0,20	42,08	4,78	132,198	264,396	165,637	430,034	30,034	7,665
6	0,20	43,30	6,00	136,031	272,062	165,637	437,699	37,699	7,665
7	0,20	44,52	7,22	139,864	279,727	165,637	445,365	45,365	7,665
8	0,20	45,74	8,44	143,696	287,393	165,637	453,030	53,03	7,665

Tabla de distancias y compensaciones para una prueba de 400 m (pista estándar)

Compensación de recta

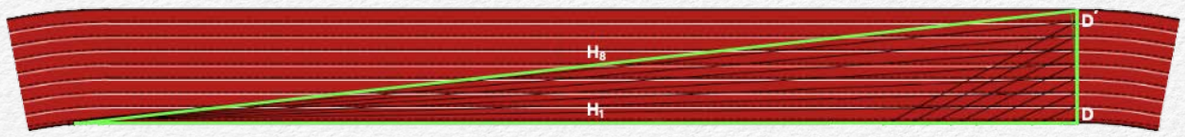
Hasta ahora hemos visto ejemplos en que la carrera completa se desarrolla por calles (200 m, 400 m, relevos 4x200 m) y quedaba pendiente qué pasaba con el relevo 4x400 m, prueba en la que hay que compensar correr con más radio al ir por una calle exterior, pero también la distancia de la calle hasta la calle uno cuando se toma la calle libre. Esto no ocurre solamente en los relevos 4x400 m, también en los 800 m u otras pruebas en que se combine una parte por calles y otra por calle libre.

Para calcular la distancia adicional (mucho más corta que en el apartado anterior) que recorre un atleta que no sale por la calle 1, deberemos aplicar el Teorema de Pitágoras, que dice: en un triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma de los cuadrados de los catetos.



$$h^2 = a^2 + b^2 \Rightarrow h = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Veamos cuánto debe compensarse a un corredor que va por la calle 8 y entra en calle libre. El triángulo rectángulo que hay pintado en la figura (en verde) tiene los catetos **a** y **b** que son, respectivamente, la longitud de la recta (H_1) y la amplitud de la pista entre las calles 1 y 8 ($D - D'$). La distancia que recorre por la recta el corredor de la calle 8 hasta alcanzar la calle 1 es h (H_8 en la figura).



H_1 la hemos calculado antes, es la longitud de la recta, 82,819 metros en nuestro caso. El otro cateto será la suma de las amplitudes de las calles 1 a 7, recordando que en calle 1 se considerarán solo 1,12 metros y en el resto 1,22 metros. Así, tendremos que esta suma es 1,12 + (1,22 x 6) = 8,44 metros.

Ya podemos calcular cuanto está corriendo el atleta de la calle 8 por la hipotenusa (H_8):

$$H_8 = \sqrt{82{,}819^2 + 8{,}44^2} = 83{,}248 \text{ m}$$

Como la recta es de 82,819 metros, el atleta de la calle 8 está

haciendo 0,429 metros de más (83,248 - 82,819 = 0,429 m). Por ello, habrá que mover su salida 0,429 metros hacia adelante para compensar esta pérdida.

En la tabla siguiente se pueden ver las compensaciones de recta para cada calle:

Longitud de recta = 82,819 m.
Ancho de calle = 1,22 m.

Compensación de recta (a sumar con la compensación de curva)

Calle	Línea de medición	D (diferencia de radios con C_1)	Hipotenusa	Compensación
1	0,30	0,00	82,819	0,000
2	0,20	1,12	82,826	0,008
3	0,20	2,34	82,852	0,033
4	0,20	3,56	82,895	0,076
5	0,20	4,78	82,956	0,138
6	0,20	6,00	83,036	0,217
7	0,20	7,22	83,133	0,314
8	0,20	8,44	83,248	0,429

Como antes, estas compensaciones dependerán del radio de la pista (del cuál depende la longitud de la recta) y de la amplitud de las calles.

Finalmente, habrá que sumar las compensaciones por curva y por calle, tal y como se ve en la tabla:

π = 3,14159
Radio = 37,00 m.
Ancho de calle = 1,22 m.

Calle	Compensación de 1 curva	Compensación de recta	Decalaje
1	0,000	0,000	0,000
2	3,519	0,008	3,526
3	7,351	0,033	7,384
4	11,184	0,076	11,261
5	15,017	0,138	15,155
6	18,850	0,217	19,067
7	22,682	0,314	22,996
8	26,515	0,429	26,944

Una vez realizados todos estos cálculos, sería sencillo saber cuál es la compensación que hay que dar a cada atleta en una determinada carrera, sin más que saber cuántas curvas debe correr por calles y si es necesario darle la compensación de recta por tener que tomar, en un determinado momento de la carrera, la calle libre.

Vamos a verlo con un ejemplo. Queremos saber cuánto tendremos que adelantar la salida de un atleta que corre por la calle 3, en una pista de radio 37 metros con calles de 1,22 metros de ancho, para las siguientes carreras:

Carrera	Curvas por calles	Compensación de recta	Cálculos	Compensación total
200 m	1 curva	NO	1 x 7,351	7,351 m.
400 m	2 curvas	NO	2 x 7,351	14,702 m.
800 m	1 curva	SI	(1 x 7,351) + 0,033	7,384 m.
4 x 200 m	4 curvas	NO	4 x 7,351	29,404 m.
4 x 400 m	3 curvas	SI	(3 x 7,351) + 0,033	22,086 m.

Cálculo de una salida en una carrera disputada por la mitad exterior de la pista

A veces se disputan dos carreras a la vez, una con salida por la calle 1 y otra con salida por la calle 5 (o calles 1 y 4 en pistas de 6 calles). Para la carrera con salida por la calle 5 habrá que determinar cuánta distancia se está corriendo de más por esa calle respecto a la 1.

Imaginemos que se van a disputar dos pruebas de marcha de 5.000 m, una con salida por la calle 1 y otra con salida por la calle 5.

Para la calle 1 no hace falta hacer nada, ya que la marca de la salida estará pintada en la pista. Para la calle 5 habrá que determinar cuánta distancia se recorre por ella en cada vuelta. Esto va a depender del radio de la pista y de la amplitud de las calles. Continuaremos con nuestro ejemplo de una pista de 37 metros de radio y calles de 1,22 metros de ancho.

El dato de cuánto más mide una vuelta a la pista por la calle 5 respecto a la calle 1 lo tenemos en la Tabla 1 (30,034 m). Aún así, vamos a calcularlo de nuevo:

El exceso de distancia será:

2 x π x exceso de radio = 2 x π x (1,22 x 3 + 1,12) = 30,034 m

Con esta fórmula podemos adaptar el cálculo para cualquier calle exterior, cualquier radio de pista y cualquier ancho de calle.

Ya sabemos que:

- El atleta recorrerá 430,034 metros por cada vuelta que dé a la calle 5.
- Como tiene que recorrer 5.000 metros, dividiendo 5.000 entre 430,034 obtenemos el número de vueltas que tiene que dar:

$$\textbf{N° vueltas} = \frac{\textbf{5.000}}{\textbf{430,034}} = \textbf{11,627 vueltas.}$$

Es decir, el atleta deberá realizar 11 vueltas por la calle 5, más "un pico" de 0,627 vueltas por la calle 5.

- Estas 0,627 vueltas de más por la calle 5 suponen 0.627 x 430.034 = 269.630 metros adicionales a las 11 vueltas.
- Por tanto, hay que medir 269,630 metros desde la meta, en dirección por donde vendría el atleta en

carrera, a 30 centímetros de la línea de la calle 5. Esto no lo vamos a hacer, ya que sería muy complejo, lento y proclive a errores.

- En cambio, lo que sí haremos es buscar una marca que ya esté pintada en la pista y que nos permita realizar una medida más corta y segura. Qué marca utilizar dependerá totalmente de la distancia que haya que medir (que como se ha dicho depende de diversos factores).
- En este caso vamos a pensar que marca puede estar cerca de los 269,630 metros a meta. En una prueba de 400 m con vallas, los atletas se encuentran con:

Valla	Distancia desde línea de meta	
10ª	40 m	
9ª	75 m	(40 + 35)
8ª	110 m	(75 + 35)
7ª	145 m	(110 + 35)
6ª	180 m	(145 + 35)
5ª	215 m	(180 + 35)
4ª	250 m	(215 + 35)

  - A nosotros nos interesan 269,630 metros. Estamos en recta, con lo cuál no hace falta medir a 30 centímetros de la línea. Tirando una cinta métrica metálica desde la marca de la 4ª valla del 400 vallas, 19,630 metros hacia la salida (no hacia la meta) obtendremos una distancia de 269,630 metros (250+19,630 m). En ese punto estaría la salida del 5.000 por la calle 5. Al llegar a meta por primera vez, quedarían 11 vueltas más para acabar la carrera.

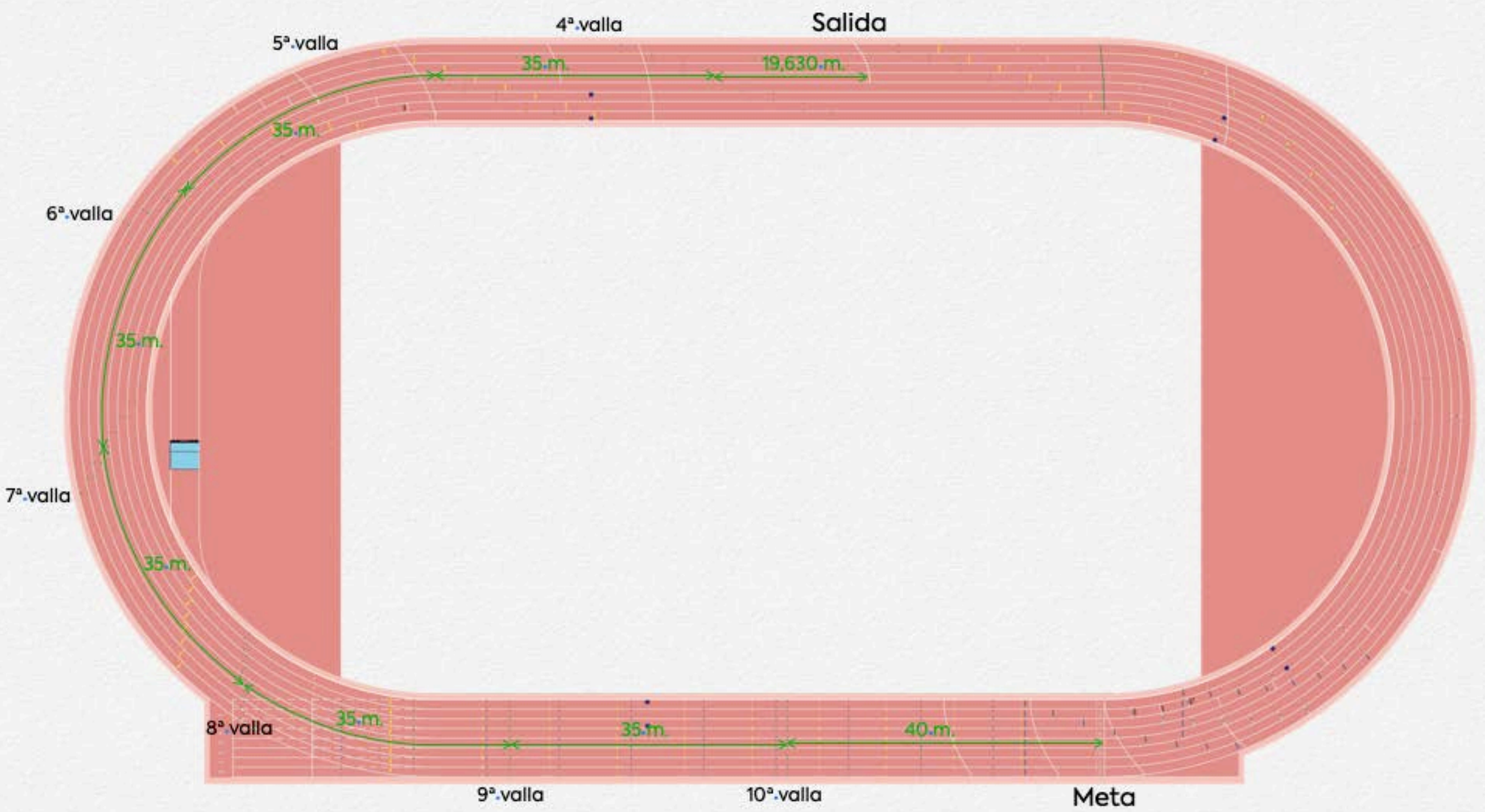
De la misma forma que hemos obtenido esa salida de 5.000 m, se puede obtener cualquier otro dato de interés (por ejemplo, otras salidas o puntos kilométricos de paso). El procedimiento siempre será el mismo:

1. Calcular el exceso de recorrido por la calle de interés respecto a la calle 1 (en el ejemplo, 30,034 m).
2. Obtener la distancia recorrida por la calle de interés sumando el resultado del punto 1 + 400 (en el ejemplo, 430,034).
3. Calcular el número de vueltas necesarias para completar la distancia de competición + "el pico" de vuelta que no se realiza de forma completa (en el

ejemplo, 11 vueltas + 0.627 de “pico”).

4. Convertir ese “pico” en metros multiplicando “el pico” del punto 3 por la distancia de cada vuelta del punto 2 (en el ejemplo, 269,630 m).
5. Buscar una marca en la pista que se aproxime al resultado obtenido en el punto 4 (en el ejemplo, 4ª valla del 400 vallas).
6. Mover la salida deseada desde la marca obtenida en punto 5 sumando (o restando, según convenga) los metros necesarios hasta obtener la distancia del punto 4.

Para los puntos kilométricos solo hay que saber a qué distancia de meta estamos. Por ejemplo, para el km 2 del 5.000 m por la calle 5, sabemos que nos faltan 3.000 metros para llegar a meta. Encontraremos ese punto haciendo el mismo cálculo que si quisiéramos encontrar la salida del 3.000 por la calle 5.


Salida
4ª.valla
5ª.valla
6ª.valla
7ª.valla
8ª.valla
9ª.valla
10ª.valla
Meta
19,630.m.
35.m.
35.m.
35.m.
35.m.
35.m.
35.m.
40.m.

Cálculo de los pasos kilométricos en la prueba de 3.000 m obstáculos

Si deseamos marcar los puntos kilométricos de paso para un 3.000 m obstáculos el procedimiento es muy sencillo. En España es obligatorio que estén marcadas las siguientes salidas:

- 3.000 m lisos
- 3.000 m obstáculos
- 2.000 m obstáculos

Así, el paso del primer kilómetro es trivial, ya que coincidirá con la salida del 2.000 m obstáculos.

En cambio, para encontrar el paso del kilómetro 2 será necesario restar la distancia entre las salidas del 3. 000 m lisos y obstáculos, algo que podemos hacer con una cinta métrica metálica. Imaginemos que dicha distancia es de 14,700 metros. Si estamos ante el caso habitual de una ría interior, como sabemos que en un 3.000 obstáculos se saltan 7 rías, la distancia que se recorta en cada vuelta al pasar la segunda curva por el interior para atacar la ría es de 2,100 metros (= 14,700/7).

Para encontrar el kilómetro 2, debemos buscar un punto en el que falte 1 kilómetro de carrera. Este punto estará cercano a la salida del 1.000 m lisos, concretamente 6,300 metros antes ya que en ese momento hay que pasar aún 3 rías, con un recorte 2,100 metros por vuelta (6,300 m = 2,100 x 3).

En general, el kilómetro 2 estará en 1000 + D,3 metros hasta la meta, donde D es la diferencia en metros entre la salida del 3.000 m lisos y 3. 000 m obstáculos.

Para pistas con rías exteriores, el procedimiento es el mismo, aunque esta vez será necesario restar (y no sumar) la distancia, ya que al estar la ría al exterior de la curva el atleta recorre más distancia cada vuelta en la que salta un obstáculo. En este caso, obtener la distancia entre las salidas lisa y de obstáculos será más complejo, ya que es una distancia mucho mayor.

CNJ

RFEA ATLETISMO

COMITÉ NACIONAL DE JUECES