CONSIDERACIONES SOBRE LA ORIENTACION Y DIMENSIONES DE UN CAMPO DE FUTBOL Y SOBRE LA GEOMETRIA DE LOS GRADERIOS

Javier Rui-Wamba Martija

Ingeniero de Caminos

ESTEYCO, S. A.

CONTENIDO

1. Orientación del terreno de juego y graderíos
2. Geometría del terreno de juego
3. Geometría de los graderíos
 - 3.1. Dimensiones de las gradas para espectadores de pie.
 - 3.2. Dimensiones de las gradas para espectadores sentados.
 - 3.3. Definición de la pendiente transversal del graderío.
 - 3.4. Definición geométrica de un graderío con pendiente constante.
 - 3.5. Geometría en planta de los graderíos.
 - 3.6. Caso de varios niveles de graderío.
 - 3.7. Circulación de los espectadores.
4. Bibliografía

1. Orientación del terreno de juego y graderíos

1. ORIENTACION

Los factores que hay que tener presentes al decidir la orientación del terreno de juego son los siguientes:

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)

- a) Posición del sol
- b) Dirección e intensidad del viento
- c) Accesibilidad al Estadio
- d) Construcción
- e) Perspectiva.

a) Posición del sol

El terreno de juego conviene que esté orientado de forma que el sol moleste lo menos posible a los jugadores.

La mayor parte de los encuentros de fútbol tienen lugar en las primeras horas de la tarde. Por ello, el eje mayor del estadio conviene que se sitúe en dirección Norte-Noroeste / Sur-Sureste, aproximadamente (Fig. 1).

Fig. 1

La posición del sol debe ser tenida en cuenta, también, para situar la tribuna principal, con objeto de que los espectadores que la ocupen se enfrenten al sol y se evite, por otra parte, que la tribuna arroje sombras sobre el terreno que pueden dificultar la visión del juego.

b) Dirección e intensidad del viento

Con carácter general, hay que procurar situar los estadios en lugares protegidos del viento.

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es>

Fig. 2

Para una ubicación determinada, la orientación debe tener en cuenta la dirección de los vientos dominantes. El criterio fundamental será que el viento afecte lo menos posible al normal desarrollo de los partidos. Para ello y desde este punto de vista, una buena solución consiste en disponer la tribuna principal en dirección perpendicular a los vientos dominantes (Fig. 2).

La importancia y dirección del viento debe tenerse también en consideración al definir la longitud de las cubiertas de las tribunas, para que bajo la acción simultánea de viento y lluvia, queden protegidos los espectadores que tienen derecho a ello.

La orientación del estadio en relación con los vientos dominantes influye también, y ha de tenerse en cuenta en la valoración de los esfuerzos que pueden actuar sobre la estructura de las cubiertas de los estadios.

Finalmente, en el caso de estadios muy cerrados, con cubiertas en todo su perímetro, hay que comprobar que es posible una renovación suficiente del aire viciado en el interior del recinto.

c) Accesibilidad al Estadio

La ordenación de la red viaria en los alrededores del Estadio y, en particular, el acceso al mismo, es otro factor a considerar al orientar un Estadio. Los criterios generales, a este respecto, pueden ser los siguientes:

- el acceso a la Tribuna principal debe ser el más rápido y cómodo posible, debiéndose procurar que lo sea desde la vía de circulación de mayor rango entre las que acceden al Estadio.
- el aparcamiento de vehículos debe ser, también, fácilmente accesible y debe estar relacionado con la red viaria de manera que permita

la más eficaz salida de los vehículos en el momento de mayor movimiento, esto es, a la conclusión del partido.

- la ubicación de puntos de acceso a los transportes públicos (metro, autobuses, etc.), debe ser tomada también en cuenta, para fomentar el uso de estos medios de transporte.
- un estudio de tráfico específico para cada campo, podrá orientar sobre el número y posición de aparcamientos para vehículos privados recomendable.

d) Construcción

Una correcta implantación de un Estadio puede facilitar su construcción y limitar su coste. Así, la topografía del terreno debe ser tomada en cuenta, procurándose orientar la dimensión mayor del Estadio paralelamente a la dirección de las curvas de nivel, cuando el terreno natural esté en pendiente. En ocasiones, al ubicarse los Estadios en zonas fuertemente urbanizadas, la presencia de colectores, túneles, etc., pueden afectar también a las estructuras de los graderíos (Fig. 3).

Fig. 3

e) Perspectiva

Los Estadios, como las personas, pueden tener un punto de vista desde el que se realiza la belleza de su diseño. Ocurre también que su encanto estribe en pasar inadvertido. Puede ser, asimismo, importante que la arquitectura del Estadio se integre en su entorno natural o arquitectónico. La relación del Estadio con los posibles puntos de observación debe, por todo ello, tomarse en cuenta.

La consideración de todo este conjunto de factores puede ser, y de hecho lo es en numerosas ocasiones, contradictoria, lo que exige su evalua-

ción cuidadosa para poder ponderar adecuadamente su importancia relativa. El diseño pondrá en evidencia las prioridades decididas por el autor del proyecto y el resultado desde el punto de vista funcional, estético y económico, su grado de acierto.

2. Geometría del terreno de juego

De acuerdo con los reglamentos internacionales, las dimensiones idóneas para un campo de fútbol son las de un rectángulo de 105 x 68 m. Estas dimensiones pueden variar entre un mínimo de 100 x 64 y un máximo de 110 x 75 m. El aumento de anchura con prioridad al aumento de la longitud del campo suele favorecer la vistosidad del juego.

Alrededor del espacio destinado al terreno de juego hay que disponer unas zonas de protección, libres de todo obstáculo que, como mínimo, serán de 2,50 m junto a los lados mayores del terreno, y de 4 m tras las líneas de fondo. Dada la influencia que la anchura de estas bandas de protección

tienen en la altura de graderíos, conviene superar las dimensiones mínimas citadas (Fig. 4).

Entre la banda de protección lateral y las gradas, en las proximidades del acceso a los vestuarios, hay que prever espacio para situar dos fosos, uno para cada equipo participante, con una longitud de 6 m aproximadamente. La cubierta de los fosos no deberá ser rígida, para impedir daños por movimientos de júbilo y no debe perturbar la visión de los espectadores.

El terreno de juego se construirá con pendientes que no superarán el 1%, para permitir el drenaje superficial de las aguas.

Debe existir una valla perimetral para impedir el acceso de espectadores al campo, que tendrá una altura mínima de 2,50 m sobre el nivel de la primera fila de espectadores. En sustitución de esta valla podrá construirse un foso con una profundidad mínima de 2 m y anchura mínima de 2,20 m (Fig. 5).

Dada la tendencia creciente hacia la construcción de estadios para diferentes disciplinas, se muestra en la figura 6, con carácter orientativo, las dimensiones de un terreno combinado de fútbol, rugby y atletismo.

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

3. Geometría de los graderíos

3.1. Dimensiones de las gradas para espectadores de pie

Tal como se muestra en la figura 7, la plataforma horizontal de las gradas estará comprendida entre 0,40 y 0,50 m.

La inclinación máxima no debe superar, en ningún caso, los 45° sexagesimales.

Conviene, en general, dar una ligera inclinación a las gradas hacia el campo, para facilitar la circulación del agua de lluvia o de limpieza y prever el adecuado drenaje en los puntos bajos del graderío.

La anchura asignable de cada espectador suele ser de 0,50 m.

3.2. Dimensiones de las gradas para espectadores sentados

La plataforma horizontal de la grada tendrá una dimensión comprendida entre 0,70 y 0,80 m, para permitir la colocación del asiento y dejar un pasillo de 0,35 a 0,40 m.

El asiento se situará aproximadamente a 0,45 m de altura para que los pies del espectador sentado apoyen cómodamente en el suelo.

La altura de la grada no debe superar los 0,60 m. Cuando dicha altura sea superior a 0,45 m habrá que recrecer el pasillo.

El ancho de cada plaza suele ser de 0,50 ó 0,55 metros.

Fig. 7

3.3. Definición de la pendiente transversal del graderío

El criterio de visibilidad que permite la definición de la pendiente transversal de las gradas queda reflejado en el esquema de la figura 8.

La visual de cada espectador sentado dirigida al borde más próximo del terreno de juego, salvará la cabeza del espectador colocado en la fila anterior. Por ello, un dato clave en el trazado de la grada es la distancia k entre el ojo y la parte superior de la cabeza de un espectador normal. En general este valor suele considerarse comprendido entre 10 y 15 centímetros.

Fig. 8

En el caso de los espectadores de pie se puede considerar que el de la fila inmediatamente anterior no molesta, dado que el espectador cuya visión estamos analizando se situará en una posición contrapeada, en relación con los de la fila anterior. Por ello, para el trazado o cálculo de las visuales se considerarán las filas pares o impares exclusivamente.

Definido el principio de visibilidad, podremos proceder al trazado gráfico o analítico del graderío. El trazado gráfico es obvio y queda representado en la figura anterior. Se suele considerar, a estos efectos, que la altura del espectador por encima de la grada es de 1,65 m en el caso de los espectadores de pie, y de 0,90 m en el caso de los espectadores sentados.

Es sencillo establecer, también, las expresiones analíticas que permiten la definición de la geometría transversal del graderío.

Sea, tal como se ve en la figura 9,

h_i altura de los ojos del espectador situado en la fila i con relación al plano de referencia considerado.

Fig. 9

- b profundidad de las gradas.
- d_i distancia de la fila i al punto límite de visión más próximo.
- k distancia considerada entre la vista y la cabeza del espectador tipo.
- Δh_i altura de la grada correspondiente a la fila i .
- p_i pendiente de la grada correspondiente a la fila i .

En general, los datos de partida para la definición del graderío suelen ser h_1 , b , d_1 y k . En función de estos datos podemos deducir las siguientes relaciones:

1.º) Dedución recurrente de la altura h_i

De acuerdo con el gráfico y teniendo en cuenta que,

$$d_i = d_1 + (i - 1) \cdot b,$$

tendremos

$$h_i = (h_{i-1} + k) \times \frac{d_1 + (i - 1) \cdot b}{d_1 + (i - 2) \cdot b} \quad [1]$$

Utilizando esta expresión, a partir del valor h_1 y haciendo $i = 2, 3, 4, \dots$ podremos obtener los sucesivos valores de $h_2, h_3, h_4, \dots$

2.º) Dedución recurrente de la pendiente P_i

La pendiente p_i de la grada i , tiene por valor

$$p_i = \frac{h_i - h_{i-1}}{b}$$

y teniendo en cuenta la expresión (1), se deduce

$$p_i = \frac{h_{i-1}}{d_{i-1}} + \frac{k}{b} + \frac{k}{d_{i-1}} \quad [2]$$

Como por otro lado se verifica que,

$$h_i = h_1 + b \cdot \sum_{a=2}^i p_a$$

Fig. 10. — Influencia de K en la altura de peldaño Δh_i .

Fig. 11. — Influencia de d_1 en la altura de peldaño Δh_i .

Obtenemos finalmente:

$$p_i = \frac{k + h_1 + b \sum_{a=2}^{i-1} p_a}{d_1 + (i-2) \cdot b} + \frac{k}{b} \quad [3]$$

Conocido p_i podremos calcular la altura h_i de cada grada

$$\Delta h_i = p_i \cdot b \quad [4]$$

A partir de estos valores deduciremos:

$$h_i = h_1 + \sum_{a=2}^{i-1} \Delta h_a \quad [5]$$

Utilizando las expresiones (3), (4) y (5) se puede, con gran sencillez, calcular manualmente la geometría del graderío.

Las expresiones anteriores son también muy sencillas de programar para que un ordenador pueda calcular y, si se dispone de los medios necesarios, dibujar también el trazado de las gradas. Así es posible rápidamente analizar la influencia de las diferentes variables en la concepción de un graderío.

En la figura 10, por ejemplo, se han dibujado de trazo grueso las curvas que representan la variación de la altura de peldaño Δh_i , para un caso concreto, en función del número de filas del graderío y para diferentes valores de k .

En la figura 11, también con trazo grueso, se representan las curvas correspondientes a Δh_i , en función del número de filas y para diferentes valores de d_1 , distancia al terreno de juego de la primera fila de espectadores.

También es interesante observar la influencia de la variable k en la altura total de un graderío, en función del número de filas, lo que se ha hecho en la figura 12.

Finalmente, en la figura 13 se analiza la influencia en la altura total de la distancia d_1 .

Como puede observarse el valor de k hace variar tanto los valores de Δh como los de la altura total del graderío dentro de límites del orden de $\pm 10\%$ en relación con los valores medios correspondientes a $k=12,5$ centímetros. Su influencia es por ello relativamente pequeña. La influencia de d_1 es mucho mayor. El valor de Δh puede incrementarse en un 60% cuando reducimos d_1 de

12,50 a 5,0 m. También puede observarse que a medida que crece d_1 su influencia se va haciendo menor y que, por ello, por encima de $d_1 = 10,00$ metros, los valores se van aproximando sensiblemente. Este tipo de consideraciones nos puede orientar en la elección de dimensiones óptimas de un graderío.

3.4. Definición geométrica de un graderío con pendiente constante

Por razones fundamentalmente constructivas, en numerosas ocasiones se suele sustituir el trazado curvo, que resulta teóricamente con los criterios establecidos anteriormente, por tramos rectos de pendiente constante. Generalmente no conviene que estos tramos tengan una longitud superior a los 10,00 m para que el ajuste al trazado curvo sea bueno.

La expresión geométrica de un graderío de pendiente constante podremos deducirla recordando las que han sido deducidas en el apartado anterior.

$$p_n = \frac{h_n - 1}{d_n - 1} + \frac{k}{b} + \frac{k}{d_n - 1}$$

siendo n el número de filas del tramo recto del graderío, y

$$d_n - 1 = d_1 + (n - 2) \cdot b$$

Además, dada la pendiente constante del graderío,

$$h_n - 1 = h_1 + (n - 2) \cdot p \cdot b$$

luego, tendremos

$$p = \frac{h_1 + (n - 2) \cdot p \cdot b + k}{d_1 + (n - 2) \cdot b} + \frac{k}{b}$$

Despejando en esta ecuación el valor de p , resulta

$$p = \frac{h_1}{d_1} + \frac{k}{b} + \frac{k}{d_1} (n - 1) \quad [6]$$

La altura de las gradas será:

$$\Delta h = p \cdot b \quad [7]$$

y la cota más elevada del tramo de graderío recto,

$$h_n = h_1 + (n - 1) \cdot \Delta h \quad [8]$$

Sobre las figuras del apartado anterior se han representado también la variación de la altura de gradas Δh y de la altura total del graderío h , en

Fig. 14

Fig. 15

función del número de filas y para diferentes valores de k y de d_1 .

Puede observarse que las diferencias entre la solución de pendientes inclinada y constante son rápidamente crecientes y es patente la necesidad de limitar la profundidad de los graderíos con pendiente constante.

3.5. Geometría en planta de los graderíos

También en planta conviene estudiar la geometría de los graderíos para favorecer la visión lateral de los espectadores de una misma fila. La visión de un espectador se ve, en efecto, reducida si su vecino de localidad se inclina hacia adelante. Un adecuado trazado en planta del graderío puede evitar esta disminución de visión.

La definición geométrica más adecuada responde al esquema de la figura 14.

Para el espectador situado en el borde B de la grada, el esquema gráfico es el de la figura 15.

El desplazamiento posible del espectador en A para no impedir la visión total al espectador en B, será:

$$k_b = AR + RA' = d_2 + d_1$$

siendo,

$$d_1 = b \cdot \frac{d_o}{L}$$

Por lo tanto, la tangente en B de la curva del graderío será:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{d_2}{b} = \frac{k_b - d_1}{b} = \frac{k_b}{b} - \frac{d_o}{L_o}$$

El esquema propuesto nos muestra el camino para definir gráfica o analíticamente todos los puntos de la curva en planta de las gradas. Suele ser, sin embargo, más cómodo y, en general, suficientemente preciso el aceptar como trazado en planta una parábola simétrica, cuya pendiente en el punto B sea precisamente $\tan \beta$.

La expresión analítica en relación con los ejes dibujados en la figura 16 será:

$$y = \gamma x^2$$

para $x = L/2$, $y' = 2\gamma x = 2\gamma(L/2) = \frac{k_b}{b} - \frac{do}{L}$

Así que,

$$\gamma = \frac{k_b}{bL} - \frac{do}{L^2}$$

El sobrefondo necesario en el centro del campo, punto C, valdrá:

$$\Delta d = \gamma \cdot (L/2)^2 = \left(\frac{k_b}{bL} - \frac{do}{L^2} \right) \times \left(\frac{L}{2} \right)^2$$

es decir,

$$\Delta d = \frac{k_b L}{4b} - \frac{do}{4}$$

Fig. 16

El valor de k aceptable suele estar comprendido entre 0 y 0,20 m. Veamos cómo varía Δd , en función de k , para valores frecuentes de do . Consideraremos

$$L = 100 \text{ m, y } b = 0,50 \text{ m}$$

VALORES DE Δd (metros)
(lado mayor)

$do \backslash k_b$	0,05	0,10	0,15	0,20
5,00	1,25	3,75	6,25	8,75
7,50	0,62	3,12	5,62	8,12
10,00	0,00	2,50	5,00	7,50
12,50	0,00	1,87	4,37	6,87

Para el lado menor, consideraremos $L = 70,0 \text{ m}$ y tendremos,

VALORES DE Δd (metros)
(lado menor)

$do \backslash k_b$	0,05	0,10	0,15	0,20
5,00	0,50	2,25	4,00	5,75
7,50	0,00	1,62	3,37	5,12
10,00	0,00	1,00	2,75	4,50
12,50	0,00	0,37	2,12	3,87

Fig. 17

La limitación de desplazamiento del espectador situado junto al espectador central, punto C, responde a la expresión siguiente, deducida de la figura 17:

$$\tan \gamma = \frac{\Delta d + do}{L/2}$$

$$k_c = b \cdot \tan \gamma = \frac{2b(\Delta d + do)}{L}$$

y sustituyendo el valor de d antes hallado

$$k_c = \frac{2b do}{L} + \frac{2b}{L} \left[\frac{k_b \cdot L}{4b} - \frac{do}{4} \right]$$

es decir,

$$k_c = \frac{k_b}{2} + \frac{3b do}{2L}$$

Para el caso numérico anteriormente considerado, tendremos:

VALORES DE k_c (metros)
(lado mayor)

$do \backslash k_b$	0,10	0,15
5,00	0,087	0,112
7,50	0,116	0,131
10,00	0,125	0,150

Análogamente, para el caso del lado menor, tendremos:

VALORES DE k_c (metros)
(lado menor)

$d_o \backslash k_b$	0,10	0,15
5,00	0,103	0,128
7,50	0,130	0,155
10,00	0,207	0,182

Del análisis de los valores anteriores, y para que exista una cierta coherencia entre los diferentes valores de k considerados, se deduce que para el lado mayor los valores más razonables para d_o son del orden de 7,50 a 10,0 m y los valores de k a considerar estarán entre 0,10 y 0,15 m, existiendo la tendencia de que a menores valores de d_o , menores deben ser los valores de k . Cuando d_o es muy pequeño, k será nulo y el graderío en planta será una recta.

Análogamente, para el lado menor los valores de d_o más razonables serán del orden de 5,00 a 7,50 metros, con valores de k entre 0,10 y 0,15 m.

3.6. Caso de varios niveles de graderío

En el diseño de graderíos en varios niveles conviene tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- 1.º En la vertical de la última grada del nivel inferior existirá un gálibo mínimo de 2,50 m.

Fig. 18

- 2.º No deberá existir ningún obstáculo en una visual horizontal de un espectador colocado de pie en la última grada del graderío inferior y, por ello, todos los elementos de la construcción deberán situarse por encima de esta línea (Fig. 18).
- 3.º Las dimensiones del vuelo del graderío superior y la tipología de la estructura, deben estudiarse de manera que no sean necesarios pilares entre las gradas del nivel inferior.

3.7. Circulación de los espectadores

En la definición de circulaciones de los espectadores en los Estadios, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1.º Los accesos de espectadores al Estadio deberán ser independientes de los accesos de autoridades, prensa, TV, participantes, árbitros, personal de seguridad y personal técnico y de servicio.
- 2.º Los pasillos de distribución en graderíos deberán tener un ancho mínimo de 1,20 m. Su número y posición se determinarán para asegurar una evacuación rápida del estadio y para que las longitudes de desplazamiento de los espectadores sean mínimas.
- 3.º El número, posición y anchura de vomitorios se fijarán para que la totalidad de espectadores del Estadio pueda evacuarlo en un período comprendido entre 5 y 10 minutos, en función de la importancia del Estadio. Se puede admitir que la velocidad de desplazamiento de un espectador en la salida de un Estadio abarrotado es aproximadamente de 0,15 m/seg. y que cada espectador ocupa en planta una superficie de 0,50 x 0,40 m.

Con el anterior criterio, la relación entre el número de espectadores, n , a ser evacuado por un vomitorio en un tiempo máximo de t_e minutos, y el ancho b del mismo será:

$$n = 45 \times b \times t_e$$

donde,

n = número de espectadores evacuados en t minutos por vomitorio.

b = ancho en metros del vomitorio

t_E = tiempo máximo de evacuación en minutos.

La aplicación de la fórmula anterior supone que los accesos a un lado y otro del vomitorio tienen, al menos, una anchura b en su conjunto.

Las relaciones entre n , b y t_E , quedan explícitas en el gráfico de la figura 19.

Fig. 19

4. BIBLIOGRAFIA

Autor: NEUFERT, E.

Título: *Arte de Proyectar en Arquitectura* (12 ed.).

Editor: Gustavo Gili, S. A., Barcelona.

Título: *Equipements sportifs et socioéducatifs*.

Revista: *Le Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment*. París.

Número extraordinario de enero 1977.

Autor: ALVARADO, L.

Título: *Isópticas*.

Editor: Trillas. México.

Año 1971.

Autor: C.N.R.

Título: *Manuale dell'architetto*.

Editor: Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Año 1962.

Autor: MERCANDINO, C.

Título: *Impianti Sportivi*.

Editor: Görlich. Milán.

Año 1966.

Autor: R.C.O.E.

Título: *Documentos Diversos*.

* * *

CENTHICAS

**CENTRALES
HORMIGONERAS DE CASTILLA, S.A.**

Elaboración de Hormigones por dosificación y resistencia

Miembro de **ANEFHOP**

Oficinas: Avda. Gral. Franco, 7-3º. Telfs. 220188-221294-225327-221369

PLANTA CARRETERA BURGOS, Km. 118 (ARROYO BERROCAL)

TELEFONO 33 5375 VALLADOLID