

CRITERIOS BASICOS PARA LA INSTALACION DE ALUMBRADO EN CAMPOS DE FUTBOL

Antonio José Gandolfo Castells

Perito Industrial
PHILIPS IBERICA, SAE

Generalidades

El alumbrado de instalaciones destinadas a diferentes prácticas deportivas, en este caso el fútbol, está absolutamente determinado, tanto por el nivel práctico de juego, como por las necesidades requeridas para una correcta filmación o retransmisión televisiva, bien en blanco y negro, bien en color, y por supuesto por la comodidad visual de los espectadores in situ.

De esta forma encontramos campos de fútbol con alumbrados permitiendo exclusivamente entrenamientos, en los cuales la única exigencia es la posibilidad de realizar un juego en el que cada jugador distinga claramente al balón y a los demás jugadores.

El segundo paso en la escala de niveles de iluminación sería el de campos preparados para la realización de encuentros nocturnos con espectadores.

En este caso no basta con que la iluminación consiga una buena visibilidad en el terreno. Es necesario además que la disposición de los aparatos de iluminación permitan, igualmente, seguir el juego a los espectadores sin problemas de deslumbramientos, ni ángulos muertos, o problemas de otro tipo, incluso desde las localidades más desfavorables.

Como tercer grado en cuanto a niveles de iluminación, aparece aquel que permite filmaciones o retransmisiones televisivas.

Aquí y debido a las amplísimas diferencias de base, debemos distinguir entre filmaciones o retransmisiones en blanco y negro, que pueden ser realizadas en



campos con iluminancia estudiada para competiciones, siempre que sus iluminancias sean de orden superior dentro de este nivel; y las filmaciones o retransmisiones en color, que requieren de unas exigencias técnicas muy delimitadas, actualmente reflejadas en las normas de RTVE y concretamente en la NO-23, en cuyo análisis no vamos a extendernos por salirse de los límites de lo pretendido en este texto.

Consideraciones técnicas

Niveles de iluminancia

Para campos con iluminación exclusiva para entrenamientos, se consideran suficientes iluminancias medias de alrededor de 100 lux. En estos casos y como consecuencia del pequeño número de proyectores, la uniformidad de la iluminación (relación entre la iluminancia mínima y media dentro del área que se ilumina) queda perjudicada, siendo aconsejable un valor mayor o igual a 1/3, ya que para conseguir mejor uniformidad con iluminancias reducidas, habría que recurrir a mayor número de proyectores y lámparas de menor potencia, instalación costosa y no justificada en relación a los fines perseguidos.

Para campos destinados a competiciones nocturnas sin pretensiones de filmaciones o retransmisiones en color, podemos estimar como suficientes unos niveles de iluminancia comprendidos entre 250 y 600 lux, consiguiéndose entonces valores de uniformidad comprendidos entre 1/3 y 1/1,5.

En lo referente a iluminancias permitiendo las retransmisiones televisivas en color, hay que hablar de niveles de iluminación mínimos de 1400 lux, con valores de uniformidad extrema de 1/2 y media de 1/1,5.

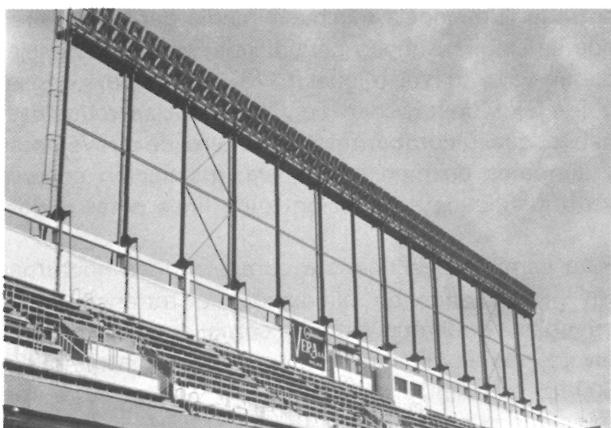
Dada la complejidad de estas filmaciones, es necesario hacer intervenir una serie de conceptos complementarios de importancia decisiva para la consecución de buenos resultados en las retransmisiones. Así, podemos hablar de temperatura de color, iluminancias horizontales, en dirección a un punto, uniformidades, gradientes, deslumbramientos, iluminancias en dirección opuesta a cámara principal, etcétera.

La temperatura de color —temperatura del cuerpo negro que emite una radiación de la misma cromaticidad que la radiación considerada (unidad: grados Kelvin)— deberá oscilar entre 4.500 y 6.000 grados Kelvin, para conseguir la máxima transición con luz natural.

Las iluminancias horizontal y en dirección a un punto de referencia, difieren en su sentido de medición. La horizontal se mide a nivel del terreno de juego, mientras que, en el caso de la iluminancia en dirección a un punto de referencia, esta medición se realiza en un plano a 1,5 m sobre el suelo, estacionando la célula del luxómetro en los puntos de medida establecidos en la retícula en que ha sido dividido el campo.

El nivel medio mínimo de iluminancia en dirección a cámara principal será de 1.400 lux en servicio, teniendo en cuenta toda la superficie del terreno de juego, así como una distancia máxima de la cámara a la escena no superior a 150 m. Si esta distancia fuera mayor, los niveles necesarios serían proporcionalmente más elevados.

La medida se efectuará en, por lo menos, 63 puntos del campo, habiendo dividido éste en una retícula



de ocho divisiones iguales según el eje longitudinal y seis divisiones iguales en el eje transversal y colocándose en cada uno de ellos la célula del luxómetro normal hacia las cámaras principales. La iluminancia media será considerada como la media aritmética de las iluminancias sobre cada punto.

Asimismo, este último criterio es igualmente de aplicación a los niveles de iluminancia hacia la cámara de porterías (cámara auxiliar). La norma establece que para los puntos de la retícula situados en el área grande, incluidos los corners, la iluminancia media resultante en dirección cámara será como mínimo de 1200 lux en servicio (total de puntos de medida, 14).

Con respecto a las cámaras de ambiente, el nivel mínimo medio, en cualquiera de las direcciones de tiro hacia el campo, no será inferior a 1.000 lux en servicio. En este caso, si como normalmente sucede la cámara está situada a 1,5 m del suelo, el criterio de iluminancia vertical es válido por cuanto coincide con la altura de la rejilla o retícula en que se ha dividido el campo para su medida.

Por concepto de economía es usual que en instalaciones de este tipo se adopten soluciones asimétricas, pero no sería aconsejable que esta asimetría llegase a un límite tal que la iluminación media en dirección a la cámara principal fuera en más de 2 veces superior a la que se obtendría midiendo sobre la misma retícula el valor de iluminancia media y en dirección a una supuesta cámara opuesta a ésta principal. En este sentido, la Norma es estricta y fija que no será admitido un valor inferior al 50 % (iluminancia en dirección opuesta) para evitar dureza en las sombras.

Entre la iluminancia en dirección a un punto y la horizontal, deberá haber la relación de 1,5 ÷ 0,75, siendo deseable el valor 1 como ideal, aunque esto resulta utópico en soluciones económicamente aceptables.

Con respecto a la zona de graderíos en el área adyacente a las bandas, se establece la relación de 1 ÷ 4 para las iluminancias en las áreas laterales del terreno de juego y las adyacentes de graderíos.

Los valores de uniformidad vertical, o en los planos en dirección a las cámaras principales, serán:

$$\frac{E_{v \min}}{E_{v \max}} \geq \frac{1}{3}$$

y en los planos horizontales:

$$\frac{E_{h \min}}{E_{h \max}} \geq \frac{1}{2}$$

En cualquier caso la variación de iluminancia entre dos puntos no superará, en función de la distancia, el 5 % por metro (gradiente de uniformidad).

Con relación al deslumbramiento, factor éste que afecta tanto a los jugadores como al público espectador, debe ser tenida en cuenta la altura de montaje de los proyectores, cuyo haz formará un ángulo superior a 20° con relación al centro del campo. Además hay que distribuir los proyectores de tal forma que no se produzca acumulación de los mismos en un solo punto, apuntando hacia un único lugar, sino que cada zona resulte iluminada desde, al menos, cuatro puntos distintos y opuestos.

Lámparas

Para la elección de las lámparas adecuadas hay que tener en cuenta dos características principales: por un lado el rendimiento luminoso y por otro, la composición espectral de la luz emitida.

Puede afirmarse que para todo campo en el cual el uso previsto de la iluminación responda a los dos primeros tipos antes enumerados, es decir, sólo entrenamiento y competiciones, el rendimiento luminoso será la característica preferente; pero en el caso de campos en los cuales se prevean filmaciones o grabaciones, ambas características de las lámparas serán igualmente decisivas.

Como lámpara de alto rendimiento luminoso por excelencia se puede hablar del vapor de sodio Alta Presión, cuyo rendimiento en color es bajo, aunque por su tonalidad cálida favorezca la buena reproducción de la piel humana.

Desde el año 1969 se comienzan a utilizar en España lámparas de halogenuros metálicos para iluminar campos de fútbol, las cuales, si bien bajan el rendimiento luminoso con relación al sodio Alta Presión, presentan un adecuado rendimiento cromático.

Es cierto que estas fuentes de luz, por aquel entonces, eran nuevas en el mercado y apenas si se tenía experiencia de cuáles iban a ser sus verdaderas prestaciones. Hoy, después de 14 años de experiencia en cuanto a la utilización de los halogenuros para el alumbrado deportivo, es considerada como la fuente luminosa más adecuada al fin propuesto.

De otra parte, la amplia gama que de estas fuentes de luz existe en el mercado ha permitido que no solamente el alumbrado deportivo, sino también el alumbrado interior e industrial y el exterior o público, se beneficien de las prestaciones que las mismas proporcionan.

Tres son los tipos en que se puede dividir esta familia de lámparas, según la combinación de los componentes que se adicionan al mercurio en su tubo de

TABLA 1

Tipo de Lámparas	Características físicas y ópticas	Potencia de lámpara (W)	Características de las Lámparas				Aplicaciones
			lm/W	Ra	Temperatura de color	Vida	
Tipo I							
Combinación de un relativamente pequeño número de líneas fuertes, tales como las de Ne, Tl, In	Larga vida y buen rendimiento Alta eficacia Buen rendimiento en color	250	72	60-70	5.000-6.000	6.000	Alumbrado Industrial Alumbrado Exterior (Deportivo y Público) Alumbrado Deportivo con retransmisiones por TVC (altos niveles)
		400-1.000	80-100	60-70	5.000	6.000-10.500	
		1.500	100	60	3.200	1.500	
		2.000	90-100	70	4.500	2.000-6.000	
Tipo II							
Combinación de gran número de líneas debidas a iones de tierras raras y un pequeño número de líneas fuertes tales como las de Tl, Dy, HO, Tm	Alto rendimiento en color Alta eficacia	175-250	72-80	65-93	4.500-6.000	6.000-7.500	Alumbrado Interior Alumbrado Deportivo con retransmisiones por TVC (altos niveles)
		400-1.000	80-100	65-88	4.500-6.000		
		1.500	100-113		3.500	1.500	
		2.000	95	90	6.000	1.000	
		3.500	86	95	6.000	1.000	
Tipo III							
Un espectro continuo de radiación molecular debidos a SnI ₂ , SnBr ₂ , SnCl ₂	Excelente rendimiento en color Pequeña dispersión del color Moderada eficacia	125-250	40-46	92	5.000	4.000-6.000	Alumbrado Interior
		400	50	92	5.000	6.000	
		500	60	92	6.100	5.000	
		1.000					

descarga. En la Tabla 1 figuran los componentes de cada tipo, así como las características físicas y ópticas y las relativas a las propias lámparas, en cuanto a potencia, eficacia, rendimiento en color, temperatura de color y vida.

Una gran mayoría de las instalaciones llevadas a cabo en los campos de fútbol en España, se han efectuado con lámparas del tipo I y, en especial, con aquellas de potencia 2.000 W, con temperatura de color de aproximadamente 4.500 °K, lo que permite una perfecta transición de la luz natural a la artificial, con lo que las cámaras no necesitan de un nuevo ajuste. Tal vez la razón de que esta lámpara se haya empleado masivamente en las instalaciones de campos de fútbol esté en el equilibrio que existe en cuanto a su vida media (6.000 horas), alta eficacia (100-90 lúm/W) y rendimiento en color (70 %).

También han sido utilizadas, para bajos niveles de iluminación, lámparas de cuarzo-iodo, pero su elevado consumo las desaconseja en instalaciones actuales.

Disposición y definición de las alturas de proyectores en las instalaciones de campos de fútbol

La disposición de los aparatos de iluminación y, por lo tanto, de sus torres-soporte, está absolutamente relacionada con las características arquitectónicas de cada estadio, así como con el tipo de iluminación requerida.

Como tipos más frecuentes podemos citar los siguientes:

- Sistema de dos torres y disposición de grupos múltiples en banda opuesta y esquinas.
- Sistema de cuatro torres.
- Sistema de cuatro torres con complemento bajo Tribuna.
- Sistema de líneas laterales y cuatro torres de esquina.
- Sistema de grupos múltiples en esquina con líneas de bandas laterales.

Todos y cada uno de estos sistemas se han utilizado dependiendo, principalmente, de la arquitectura final del estadio y variando los costos de la instala-

ción y el número de proyectores a instalar, según las alturas dadas a estas torres y estructuras laterales o marquesinas.

No obstante, para iluminaciones con niveles bajos pueden ser utilizados con éxito otros sistemas.

Definición de las alturas

Existe una estrecha relación entre las alturas de estas estructuras y las dimensiones del campo. Dependerá, en último término, del lugar que se les asigne, dentro o fuera del recinto, el que las alturas de los soportes de proyectores se puedan reducir o, por el contrario, deban ser aumentadas.

Determinación en planta de la situación de proyectores

Para poder definir los emplazamientos adecuados de las cuatro torres de esquina, es necesario, en primer lugar, determinar las áreas que denominamos «menos ofensivas», tanto para jugadores como para público.

En la Figura 1 se muestra cómo se ha definido el área sombreada que denominamos menos ofensiva y que ha quedado determinada por tres líneas, dos que parten del centro de portería y una tercera que corta a las anteriores, procedente del punto central de banda.

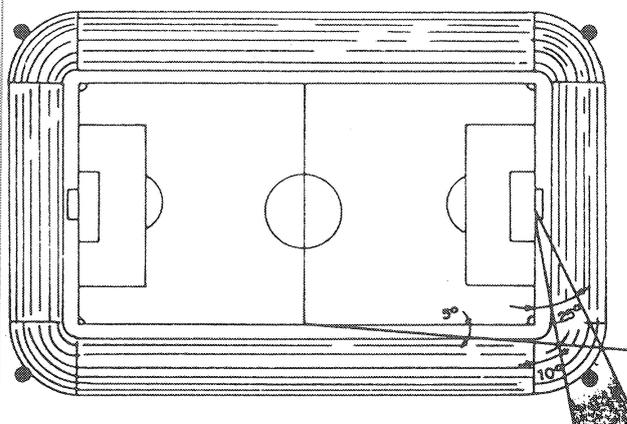


Fig. 1. — Determinación en planta de las áreas menos ofensivas para la situación de torres.

Determinación de las alturas de torres y estructuras laterales

El confort visual de una instalación de alumbrado y el valor de deslumbramiento dependen, muy directamente, del ángulo que forma el eje principal de

cada proyector con respecto a la horizontal. En consecuencia, este ángulo viene determinado por la altura de montaje que se les dé a estos proyectores.

Para determinar estas alturas se parte, tal y como se expresa en la figura 2, del centro del campo y, fijando las distancias a que se van a ubicar las torres o las estructuras laterales que sustentarán los proyectores, se establece un ángulo que según las normas de diferentes países (o las Recomendaciones de la Commission de l'Eclairage) está comprendido entre un valor mínimo de 20° y un máximo de 30° .

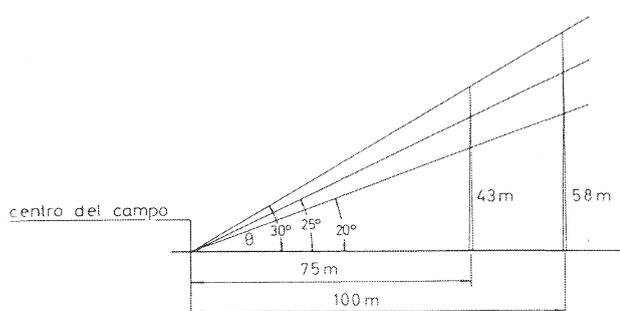


Fig. 2.—Determinación de las alturas de torres y estructuras laterales.

Se establece para el valor de este ángulo los 30° , lo que supone que para distancias de 75 y 100 m corresponden alturas de montajes de 43 y 58 m, respectivamente.

Es fácilmente comprensible que en tanto demos una mayor altura de montaje a los proyectores, la calidad de la instalación de alumbrado mejora, sobre todo si se tiene en cuenta que en instalaciones para retransmisiones por TVC (color) la componente de la iluminancia media resultante en dirección a cámaras principales es la más determinante, y que ésta se obtiene más fácilmente cuando se cruzan por encima de los límites de la línea central del campo las orientaciones de los proyectores.

Cálculos

Los cálculos luminotécnicos requieren una gran cantidad de operaciones trigonométricas, algebraicas o aritméticas, que implican la recopilación de numerosos datos de entrada y salida.

En la actualidad se realizan mediante ordenador, con los programas adecuados, pudiendo obtenerse de esta forma:

- Iluminancias horizontales resultantes, a nivel del suelo o en cualquier otro plano de altura definida.

- Iluminancias en dirección a un punto para una retícula que, en estos cálculos, se establece a 1,5 m sobre el nivel del suelo.
- Valores de iluminancias sobre la retícula, para el cálculo del deslumbramiento; etc.

Estos valores de iluminancia se establecen en dirección a la cámara principal, a las cámaras auxiliares de porterías e incluso en dirección a un punto supuesto para cámara opuesta a la principal.

En los procesos de cálculo se puede modificar el número de valores en que se divide la rejilla. Como es lógico, en la medida en que se aumenta este número se obtiene mayor precisión en los valores finales de iluminación media y uniformidades. De cualquier forma, el mínimo de puntos calculados debe ser el correspondiente a las medidas oficiales, esto es, 63 puntos, que se obtienen dividiendo los 105 m del lado mayor del campo en 8 partes iguales y los 68 m del ancho del campo en 6 partes iguales.

Mediante el programa adecuado se obtienen, con relación a dos sistemas de coordenadas de tres ejes, la situación de luminarias, el lugar de apuntamiento y los ángulos correspondientes.

Como ejemplo se muestra (figura 3) un plano de orientaciones de proyectores en el Estadio Santiago

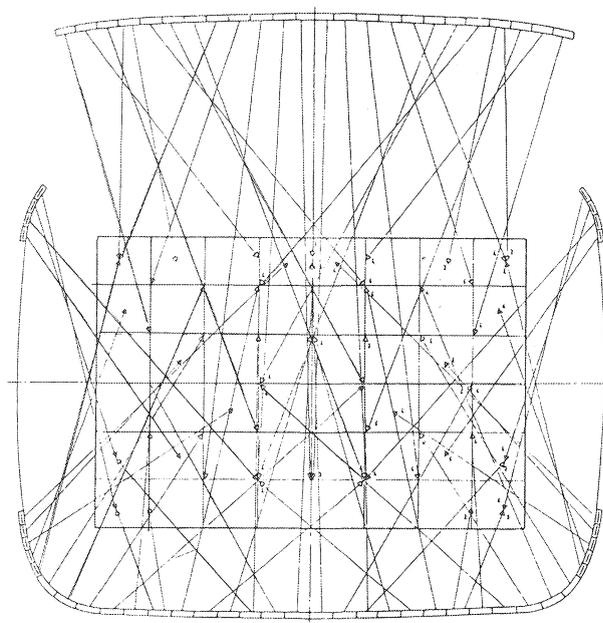


Fig. 3.—Orientación de proyectores en el Santiago Bernabéu.

CONJUNTO DE 4 PROYECTORES CON 3 LAMPARAS 2.000 W/380 V
CONJUNTO DE 4 PROYECTORES CON 1 LAMPARA 2.000 W/220 V

Bernabéu, en el cual existen instalados 191 proyectores con dos lámparas de halogenuros de 2.000 W cada uno, dispuestos en las bandas laterales, más 4 baterías de corners con 72 proyectores de 2.000 W de halogenuros, dirigidos en número de 4 o múltiplos de 4 a cada uno de los 54 puntos de incidencia. De esta forma, con un flujo total instalado de 85.806.000 lúmenes, se ha obtenido una iluminancia media de 1931 lux y unas uniformidades de 0,43 y 0,64.

Bibliografía

- Publicación CIE núm. 28 (TC-4.4) 1975.
- Informe Técnico n.º 3/19 «Iluminación de acontecimientos deportivos para su retransmisión por TV a color», por el Dipl. Ing. H.O. Westermann.
- Informe Técnico n.º 42 «Iluminación de campos de deportes», por Ir. W. J. M. v. Bommel e Ing. H.B.H.M. Westerburgen.
- Boletín CIE n.º 38, mayo 1980.



PROYECTOS, ESTUDIOS Y ASESORIAS DE:

INGENIERIA CIVIL:

- Carreteras y autopistas.
- Estructuras y cimentaciones.
- Túneles.
- Obras hidráulicas.
- Puertos y obras marítimas.
- Ferrocarriles.
- Urbanismo.
- Geología y geotecnia.
- Cartografía y topografía.

INFORMATICA:

- Programas científicos.
- Programas económicos.

EDIFICACION:

- Viviendas.
- Naves industriales.
- Edificios comerciales.
- Edificios públicos.
- Centros deportivos.
- Instalaciones mecánicas y eléctricas.
- Climatización.

AGRONOMIA:

- Ordenación rural.
- Edafología.
- Agrología.
- Explotaciones agrícolas.

PEDRO DE VALDIVIA, 10 - MADRID - 6 - Tlf. 411 32 12