

La luz: protagonista en los estadios deportivos

La iluminación ha tenido un lugar destacado en la marcha de las civilizaciones. Desde el fuego, primera forma artificial de reemplazar la luz del sol que empleó el hombre primitivo, hasta las luminarias que hoy se utilizan en los estadios y que transforman la noche en día, el cambio tecnológico ha sido enorme. El porqué de la era del led.

La iluminación se ha convertido en sinónimo de civilización. Lo presiente todo aquel que realiza un viaje en avión de noche y que de pronto divisa un manto de luces tapizando el suelo en medio de la oscuridad.

La falta de luz y de suministro eléctrico, en cambio, se relacionan con lejanía de los conglomerados urbanos y representan una de las peores pesadillas de todos los que nos hemos habituado a encender y apagar la luz a voluntad.

Luz y bienestar se conjugan en tal sintonía que la luz suele imbuirse de una suma de valores positivos que, en contraposición, le faltan a la oscuridad. “Mentes iluminadas”. “La verdad hecha luz”. “La luz al final del camino”. “Seres de luz”. Son todos conceptos que evocan la trascendencia, la verdad, el conocimiento, haciendo de la luz mucho más que el resultado de pulsar un interruptor.

Es posible que Thomas Edison fuera consciente de este valor agregado que presenta la luz cuando logró que la primera lámpara incandescente, o foco eléctrico, permaneciera encendida durante 48 horas seguidas, hacia 1879. De lo contrario, resulta llamativo que a pesar de ser considerado uno de los más fructíferos inventores (patentó más de mil creaciones, entre ellos un coche eléctrico, una película sonora y el fonógrafo) se lo recuerde especialmente por la invención de la lámpara incandescente que hoy se sabe que sólo mejoró, pero que en realidad fue concebida en el laboratorio por otros inventores. Se trata del alemán Heinrich Göbel, quien diseñó la primera bombilla de luz en 1854, y del británico Joseph Swan que, además de patentar su hallazgo antes que Edison, lo dio a conocer en la revista *Scientific American*.

De las cavernas al alumbrado público

Pero entre el fuego que usó el *Homo erectus* para iluminar las cavernas y la lamparita de Göbel, Swan y Edison, ¿qué sucedió? En el antiguo Egipto, alrededor del 3000 a.C.,

se alumbraba con piedras ahuecadas rellenas de aceite y fibras vegetales como mechas. Los griegos y romanos empleaban lámparas de bronce o arcilla, que encendían con distintos tipos de aceite vegetal. En la Edad Media, se utilizaron velas fabricadas con sebo de animales, cera de abejas o parafina.

Fue recién en 1780 cuando el químico suizo Aimé Argand creó una lámpara que lograba generar una luz intensa (de entre 6 y 10 candelas) por medio de una mecha hueca que hacía posible que el aire alcanzara la llama. Su invento sentó las bases de la lámpara de kerosén, la que incluiría un cilindro de vidrio para proteger la llama. Hacia 1815, el alumbrado público estaba constituido por lámparas de gas, que como rasgo distintivo presentaban un parpadeo continuo; en 1879, siguieron las lámparas incandescentes o eléctricas (las que mejoró Edison), que luego en el siglo XX fueron dando paso a una gran variedad de opciones. Las lámparas de vapor de mercurio, desarrolladas comercialmente hacia fines de 1930, fueron presentadas en la Feria Mundial de Nueva York tres años después en formato de tubo alargado de vidrio, muy similar al que conocemos hoy. En ellas, la luz se genera al pasar un arco eléctrico a través de una mezcla de gases.

En 1950, se conoció la de tungsteno halogenado, variante de la lámpara incandescente pero con mayor rendimiento y vida útil, así como la lámpara de sodio de alta presión, cuya alta eficiencia (produce una gran cantidad de lumens por watt), la convirtió en sinónimo de alumbrado público. Una de sus características es el color amarillo brillante de la luz que ofrecen.

La era del led

En la década del 60 nacieron las lámparas de halogenuros metálicos que, por su alta potencia, originalmente se usaron sólo en la industria; integran el grupo de las lámparas llamadas HID (del inglés, *High Intensity Discharge*). Una de sus desventajas es que producen luz no-direccional,

haciendo necesario el uso de reflectores para garantizar que los haces de luz se dirijan a la dirección deseada.

Luego se desarrollaron las lámparas fluorescentes compactas, que irrumpieron hacia 1980, y en 1991 la lámpara fluorescente sin electrodos.

El principio que posibilita el funcionamiento del led (del inglés, *Light Emissor Diod*) fue revelado en 1903 por Oleg Vladimirovich Losev, un técnico de radio nacido en Rusia, reconocido muchos años después como su inventor. Losev descubrió la electroluminiscencia de los materiales semiconductores al ser atravesados por una corriente eléctrica. Eso llevó varios años después al diodo emisor de luz roja, el que en sus comienzos era empleado para iluminar el *display* de televisores y de equipos de música (el minúsculo circuitito rojo o verde que dice “apagado” o “encendido”).

En la década de 1990 se desarrollaron los diodos que emiten luz azul, los que combinados con diodos rojos y verdes permiten la existencia de las lámparas de luz blanca. Ese descubrimiento ha valido a los investigadores japoneses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano y Shuji Nakamura el Premio Nobel de Física 2014.

Hoy utiliza esta tecnología en carteles publicitarios de tamaños impensables años atrás, iluminados aún a plena luz del día, como el que cubrió el frente del Estadio de San Pablo (el *Arena Corinthians*) que estrenó durante el Mundial de Fútbol de Brasil un telón de luces de 3400 m² (170 m de ancho por 20 m de alto), en el que se entretejían 200 mil leds.

Considerada como la tecnología más promisoriosa de los próximos años, el desarrollo del led aún tiene cuentas pendientes. Por ahora su valor comercial está lejos de favorecer su uso masivo (falta más investigación y desarrollo), y básicamente quien quiera iluminar su hogar con leds no encuentra muchas más opciones que las lámparas de escritorio u otras aplicaciones muy puntuales. No obstante, el terreno ya ganado es importante: los leds son hoy alrededor de 1000 veces más eficientes que un farol de llama; se añade como ventaja su larga vida útil (puede alcanzar los 20 años, con un promedio de encendido diario de alrededor de 5 horas), su pequeño tamaño y el hecho de que no produce calor. Un dato que cobra importancia es que los leds pueden utilizarse con fuentes de energía de baja potencia como la solar.

Eso podrá beneficiar en un futuro a más de 1 500 millones de personas en todo el mundo que carecen de acceso a las redes de electricidad, tal como consignó el Jurado del Premio Nobel de Física al anunciar la premiación del led. En términos de iluminación de estadios es cada vez más probable que el próximo Mundial se juegue bajo luces de led.

Recordemos que el *Mineirão*, en Belo Horizonte, se convirtió en el primer estadio mundialista iluminado por medio de energía solar. Seis mil placas fotovoltaicas, instaladas en el techo, con células de silicio, transformaron la luz del sol



El *Mineirão* en Belo Horizonte es el primer estadio en el que se juega un Mundial iluminado por energía solar. Son seis mil placas de energía solar instaladas en el techo del estadio. En este estadio se jugaron seis juegos del Mundial Brasil 2014.
Foto: <http://www.brasil.gov.br/centrais-de-conteudo/imagens>

brasileño en energía eléctrica a lo largo de una superficie de 11 500 m². La capacidad instalada de generación de energía de la planta es de 1600 megawatt × hora por año, lo suficiente como para abastecer 1200 hogares brasileños, de acuerdo con el sitio del gobierno de Brasil sobre la Copa Mundial de Fútbol (<http://www.copa2014.gov.br>).

Goles bajo la luz

La iluminación en los estadios deportivos presenta requerimientos específicos que difieren de los de la industria, hogares y alumbrado público. A su vez, esas exigencias varían dentro de la misma cancha, teniendo en cuenta si el evento es televisado o no, y dentro de ese rango, si es de alcance nacional o internacional (véase Cuadro 1).

En realidad, la FIFA hace hincapié en que el sistema de iluminación que se instale en los estadios deportivos debe cumplir con los requisitos de los medios de comunicación, de los espectadores, de los jugadores y de los oficiales, todo ello sin contaminar lumínicamente el entorno.

La tarea no es sencilla, en especial si se considera que en el Mundial de Sudáfrica, por ejemplo, casi 50 mil espectadores en promedio presenciaron los partidos, registrando una demanda de potencia eléctrica de 56 MW¹ (el equivalente a la demanda de 56 000 hogares) producidos por 253 equipos electrógenos. Por ese motivo, en los estadios suele realizarse una cuidadosa evaluación, tanto del suministro de energía eléctrica como de los grupos electrógenos, con el fin de asegurar el abastecimiento de emergencia y brindar soporte de potencia en caso de producirse una interrupción en el servicio.

¹MW = megawatt
W(watt) es la unidad de potencia eléctrica y potencia es la energía consumida por unidad de tiempo; la unidad de energía eléctrica más usada es el Wh.

“¿Cómo se calcula la iluminación de un estadio? Se parte del requerimiento en función de la aplicación (véase Cuadro 1), y después hay que conocer la distribución espacial de la intensidad luminosa de las luminarias proyectoras que se van a emplear”, dice el ingeniero Eduardo Yasan, responsable del Laboratorio de Luminotecnia del Instituto Nacional de Tecnología Industrial de Argentina (INTI).

El especialista explica que se utilizan programas de cálculo que toman la distribución de los artefactos mencionados y calculan sobre una grilla en la superficie del campo de juego qué intensidad luminosa va a tener, considerando el ángulo donde está emitiendo luz para cada punto de la grilla en la cancha. “Así, se termina cuadrículando todo el estadio en sectores de 5 m × 5 m, donde se considera la distribución uniforme y se determinan los valores de iluminancias horizontales y verticales (en lux) en cuatro direcciones para cada punto, determinando los valores medios, máximos y mínimos para verificar si las uniformidades están de acuerdo con las exigencias”—añade Yasan y explica que estos valores son verificados mediante mediciones de campo—.

Ese cálculo que luego incluye una fórmula matemática, debe hacerse para cada punto del estadio y para cada proyector. Aunque los especialistas lo explican como si fuera sencillo, no debe haber sido fácil estimar la luz necesaria para iluminar correctamente el estadio carioca del *Maracanã*. Su superficie, de 105 m × 68 m, se iluminó con 396 lámparas de mercurio halogenado, de 2000 W de potencia.

De acuerdo con las disposiciones generales de la FIFA, todos los partidos se tienen que disputar con iluminación artificial, debiendo los estadios disponer de un alumbrado que garantice la iluminación uniforme de todo el terreno de juego del orden de los 2000 lx¹. Cuando el partido se televisa, la altura de montaje de las luminarias es crucial para lograr una buena iluminación. Es por ello que las normas establecen “para los bastidores de focos laterales y postes de luz un ángulo de 25 grados hacia la base de la fuente luminosa más baja sobre el horizonte, medidos desde el centro del campo y mirando hacia las tribunas”, según dice la citada guía de la FIFA, la que agrega que: “Los ángulos de rotación de las luminarias no podrán exceder los 70 grados desde el nadir (directamente abajo) hasta el centro del haz”.

“Eso se debe básicamente a las largas distancias que hay que cubrir con la luz. El ángulo que se traza respecto de la horizontal busca evitar que la luz entre dentro del campo visual de los jugadores, para no deslumbrarlos. Por eso la iluminación se ubica alta, y “alto” en un estadio equivale a muchos metros, 70 tal vez. Hay que tener presente que el campo de juego tiene una superficie del orden de los 100 m × 50 m, y si se emplean torres, suelen colocarse hasta 30 o 40 metros fuera del campo de juego”, dice el técnico Mario Bonnano, del Laboratorio de Luminotecnia del INTI.

“Cuando la iluminación del campo deportivo se realiza desde cuatro columnas laterales, suelen verse las cuatro sombras del jugador en la cancha. Para evitar este efecto

Clase V	Partido internacional televisado	Campo sin sombras
Clase IV	Partido nacional televisado	Campo sin sombras
Clase III	Partido nacional no televisado	Campo iluminado con un mínimo de 8 postes
Clase II	Partido de liga y/o clubes no televisado	Campo iluminado con un mínimo de 6 postes (recomendado)
Clase I	Entrenamientos y juegos de recreo no televisados	Campo iluminado con un mínimo de 4 postes (recomendado)

Cuadro 1: La FIFA establece cinco clases de sistemas de iluminación (I a V). Dos de ellos necesitan calidad televisada y las otras tres son para eventos no televisados (Fuente FIFA).

Su majestad la TV


A pesar de la diversidad de actores que componen un partido mundialista hay consenso en que la transmisión televisiva “manda” a la hora de planificar la iluminación. Es así como la guía *Estadios de Fútbol, recomendaciones técnicas y requisitos* de la FIFA, organismo responsable de la organización de estos eventos, establece que durante el desarrollo de los partidos el campo no debe presentar ninguna sombra. Y es que el alcance de estos encuentros no ofrece lugar a la improvisación: en el Mundial de 2010 los canales de TV de 214 países transmitieron las 2750 horas de señal producidas.

suelen disponerse los proyectores en forma más uniforme; tal es el caso de la disposición en cintas de luz en todo el perímetro del estadio”, afirma Yasan.

Temperatura de color y reproducción cromática

Con frecuencia nos referimos a los colores diciendo que son cálidos (como el rojo) o fríos (como el azul). Pero en realidad, la temperatura de color nada tiene que ver con esta consideración cultural. Los especialistas la definen como la expresión de la distribución espectral de la energía de una fuente luminosa y, por tanto, de su calidad de color. Se expresa en kelvin (K), que se obtienen sumando 273,15 a los grados Celsius.

¹Lux es la unidad de iluminancia del SI – Sistema Internacional de Unidades, que equivale a la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de un lumen por metro cuadrado.



Cuando se dice que una fuente luminosa tiene una temperatura de color de 1000 K, por ejemplo, significa que habría que calentar un cuerpo negro a esa temperatura para lograr que emita una radiación luminosa de similar color a la de la fuente en cuestión. En tal sentido, el color de una lámpara incandescente se correlaciona con la de un cuerpo negro a 2854 K también conocido como iluminante A; y el de un tubo fluorescente tipo *Luz Día* (luz azul clara), con la de un cuerpo negro funcionando en el orden de los 6000 K.

Tanto la temperatura de color como el índice de reproducción cromática son medidas que se emplean para definir una fuente luminosa. Este último es una medida de la capacidad que tiene esa fuente luminosa para reproducir fielmente los colores de los objetos, en comparación con una fuente de luz natural o ideal.

Las fuentes luminosas se clasifican del 0 al 100, siendo la fuente que tiene 100 la que mejor reproduce los colores de cuerpos expuestos a esta luz. Una lámpara incandescente, por ejemplo, posee en su emisión cromática todos los colores del espectro visible, pudiendo por ello alcanzar una valoración de 100 en este parámetro. Una lámpara de mercurio de alta presión, en cambio, carece en su espectro visible de ciertos colores, produciendo una menor reproducción cromática que podría ubicarse en el orden de 60.

Para los estadios, la FIFA recomienda utilizar lámparas de mercurio halogenado que presentan un alto grado de reproducción cromática, favoreciendo la visualización del espectáculo.

Sin duda, todos estos datos son clave a la hora de planear la iluminación. Aunque, tratándose de estadios de fútbol, ¿cómo influirá en el cálculo total de iluminación la luz interior que emite cada uno de los hinchas cuando su equipo marca un gol?

CLAUDIA MAZZEO (ARGENTINA)




Foto arriba: Iluminación de un estadio de fútbol © teerawatyai - Fotolia.com

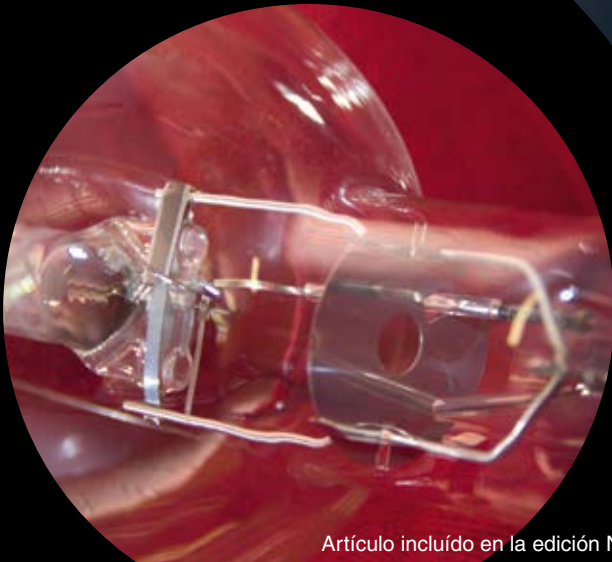


Foto medio y abajo: Reflector utilizado en las torres de iluminación de los estadios. Fotos cedida por INTI.