

# Instalaciones de iluminación deportiva en edificios de geometría compleja

Santiago Torres  
Ove Arup and Partners Intl,  
Londres (Reino Unido)  
[santiago.torres@arup.com](mailto:santiago.torres@arup.com)

El presente trabajo analiza dos ejemplos de diseño de iluminación deportiva con cubiertas de estructuras complejas, comparando un ejemplo de instalación tradicional y uno de luminarias led. Dadas las limitaciones geométricas de los diseños, en ambos casos fue necesario el uso de herramientas de simulación combinadas con el modelado en 3D para alcanzar los requerimientos de transmisiones televisivas.

El primer ejemplo es el centro acuático para los juegos olímpicos de Londres 2012. La geometría interior de la cubierta requirió un sistema especial de coordinación de la documentación de obra, corroborando con simulaciones en Radiance para asegurar los niveles requeridos.

El segundo ejemplo se trata del diseño para un estadio de tenis y básquet, donde la disposición de las pasarelas de mantenimiento, condicionaron el diseño de la iluminación. En este caso, la complejidad estuvo dada por el sistema de mantenimiento y la superposición de los dos diseños correspondientes a ambos deportes.

**Palabras clave:** iluminación deportiva, simulación, estructuras complejas

## Introducción

Los requerimientos para la iluminación deportiva han ido adaptándose de acuerdo a los avances en la tecnología de las transmisiones televisivas. En

particular, los requerimientos de niveles de iluminación, uniformidad y parpadeo se han incrementado para permitir la producción de imágenes de alta definición y video de alta velocidad (cámara lenta).

Por otra parte, el desarrollo de luminarias deportivas led ha permitido mayor flexibilidad en el control de la iluminación y reducir los problemas de parpadeo. A la vez, la complejidad en el diseño arquitectónico de los estadios cubiertos muchas veces demanda soluciones estructurales que condicionan la ubicación de las luminarias.

Estos desarrollos, tanto en la tecnología de transmisión como de iluminación, han causado que la mayoría de los estándares haya quedado obsoleta y esté en proceso de reescribirse. Es por esto que muchas veces es necesario volver a los principios de iluminación, en lugar de guiarse por los valores publicados en guías.

En este trabajo se presentan dos casos de iluminación deportiva donde la ubicación fue condicionada por la geometría de la cubierta, el primero con luminarias de descarga y el segundo con luminarias led.

Ambos ilustran la complejidad que se requiere del diseño en estos casos, y la comparación de ambos demuestra el avance entre ambas tecnologías.

### Requerimientos para iluminación de eventos deportivos televisados

La iluminación deportiva para eventos televisados requiere considerar las necesidades de diferentes tipos de observador: atletas, cámaras, jueces y público. Los requerimientos se basan, por un lado, en la exposición y uniformidad necesarias para conseguir imágenes de alta calidad, y por el otro, en la buena visibilidad para los atletas y espectadores, evitando el deslumbramiento [1][2][3][4][5].

El índice de deslumbramiento GR máximo permitido se ha ido restringiendo. Mientras que en una instalación tradicional se requería un máximo de cincuenta, se tiende a disminuir este valor a cuarenta y cinco o cuarenta como máximo aceptable. Esto exige un

estricto control del haz de luz, evitando además la dispersión hacia las gradas.

La uniformidad sobre el campo de juego no solo debe considerar la relación entre valores máximos y mínimos, sino también el coeficiente de variación entre puntos de medición adyacentes, para evitar cambios abruptos en los parámetros de exposición de las cámaras.

Todos estos requerimientos deben combinarse balanceando los altos niveles de iluminación requeridos para la televisación, con la necesidad de limitar el deslumbramiento de atletas, jueces y público presente. En particular, cuando la ubicación de las luminarias está condicionada por la geometría del edificio, se hace necesario constatar periódicamente las condiciones de iluminación mediante simulaciones acompañando el desarrollo del diseño arquitectónico.

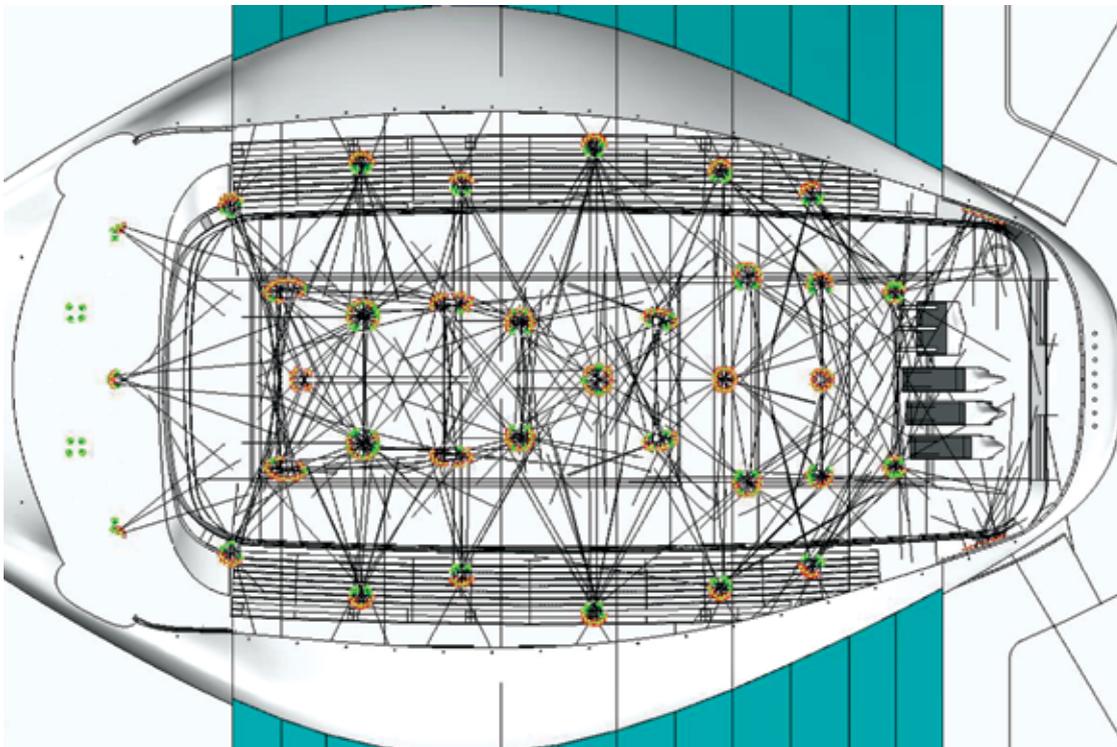


Figura 1.  
Posición de las aberturas para ubicación de luminarias (planta)

### Centro acuático, Londres 2012

La instalación de iluminación deportiva se realizó mediante luminarias de descarga colocadas desde la cubierta. La geometría de la cubierta, más elevada en el perímetro y con menor altura en el centro, fue el mayor condicionante para el diseño de la instalación,

al resultar el ángulo del cielorraso opuesto a la posición de las luminarias.

Para permitir la continuidad visual de la forma arquitectónica, se decidió ubicar la iluminación por encima del cielorraso, a través de aberturas circulares que contuvieran los diversos servicios. Esto limitó, además,

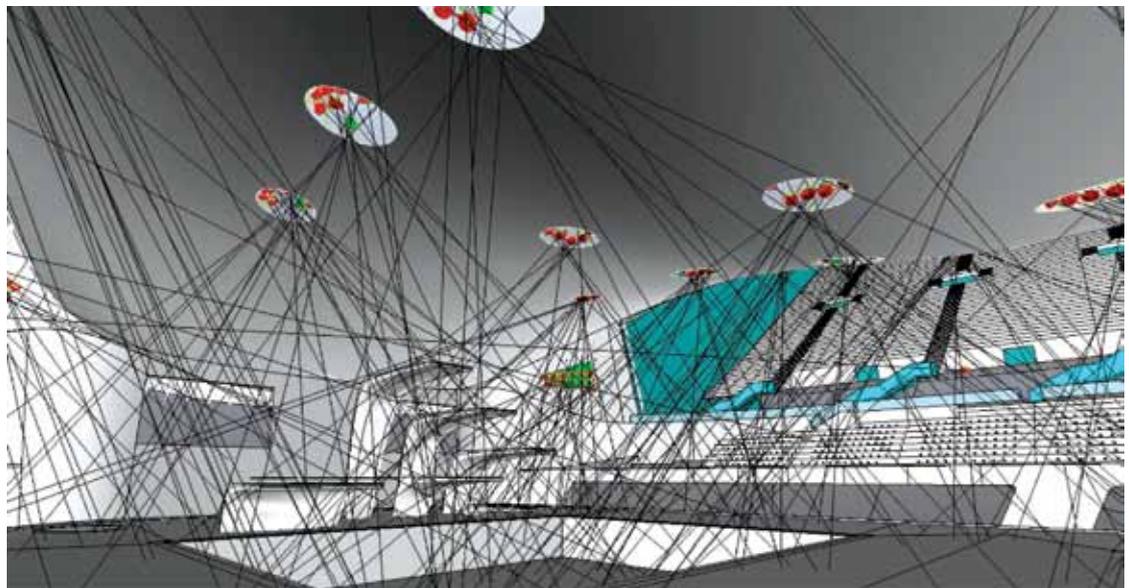


Figura 2. Posición de las aberturas para ubicación de luminarias (perspectiva interior)

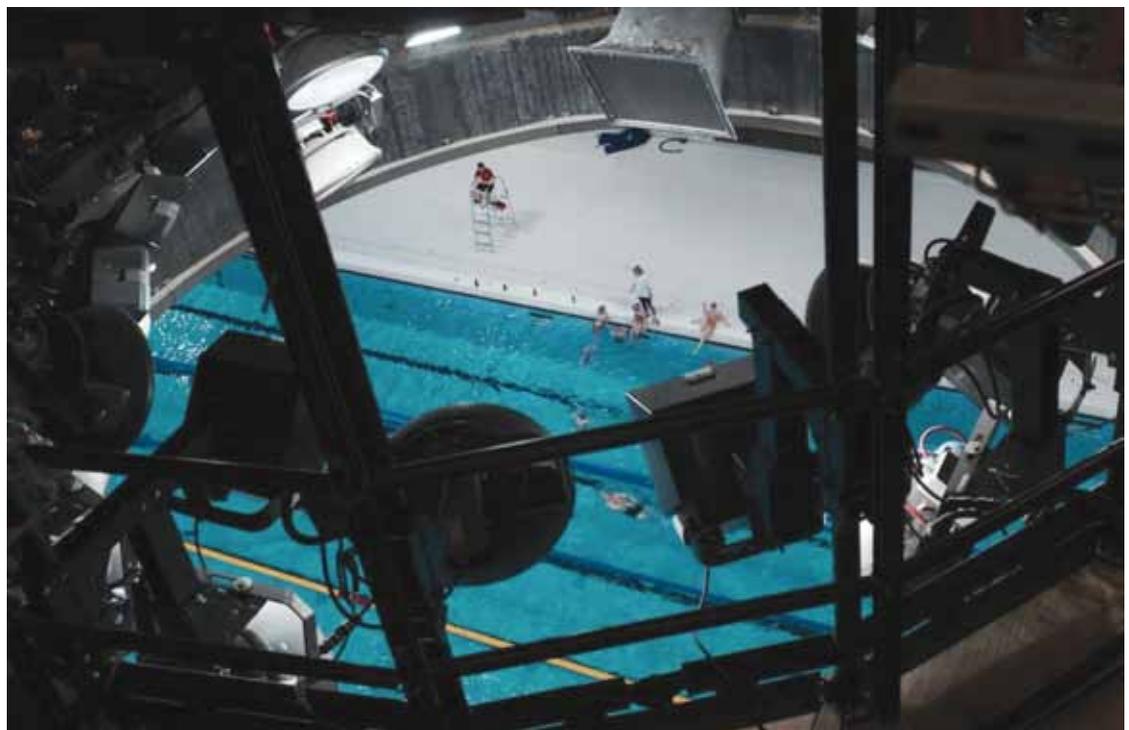


Figura 3. Vista desde detrás de las luminarias, hacia el campo de juego

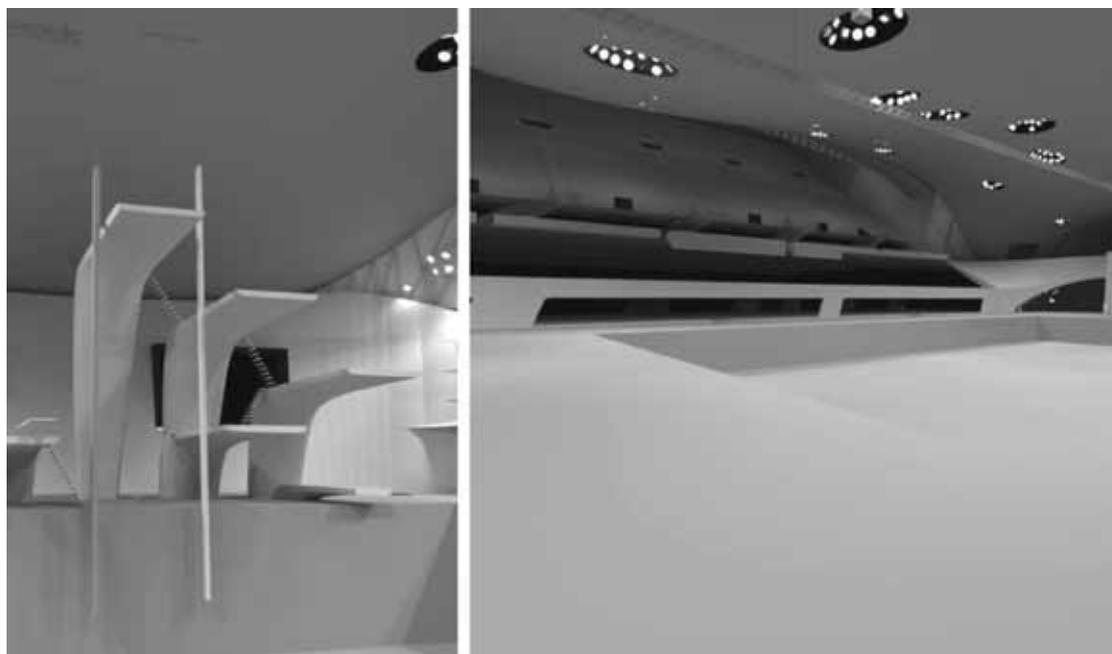


Figura 4. Simulaciones en Radiance

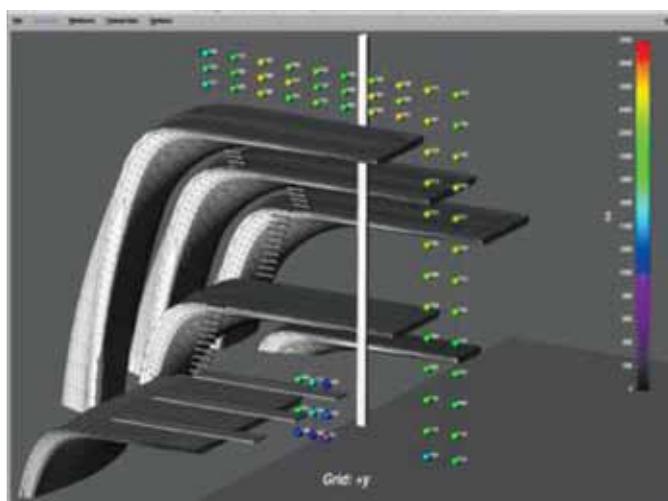


Figura 5. Simulación de iluminancia vertical en el área de saltos ornamentales

el número de posiciones disponibles para las luminarias, así como su orientación.

La cantidad de luminarias instalada hizo necesario considerar el comportamiento térmico, tanto en verano como en invierno, para verificar que la concentración de calor en el espacio de la cubierta no fuera excesiva. Al mismo tiempo, fue necesario coordinar la ubicación de los distintos elementos: iluminación,

equipo de altavoces y cámaras de seguridad, evitando obstrucciones e interferencias.

Debido a la ubicación próxima de las luminarias entre sí y en relación con las aberturas, las simulaciones fueron realizadas en Radiance para considerar las obstrucciones de las propias luminarias y de la cubierta de la forma más realista posible.

Una vez obtenido el diseño preliminar, donde se verificó que los requerimientos para televisión eran factibles, se procedió al desarrollo del diseño detallado y la documentación de obra. Estas últimas etapas debieron realizarse por aproximaciones sucesivas, coordinando toda la información entre las diversas disciplinas, y verificando que los requerimientos se siguieran alcanzando.

En particular, el diseño de los soportes para las luminarias requirió especial cuidado, debido a la precisión requerida por el poco espacio disponible. Debido a que el mantenimiento debía poder realizarse desde el nivel superior, la única opción fue elaborar un sistema que permitiera remover las luminarias de forma segura y reubicarlas en la misma posición.

El diseño de este sistema de soportes se basó en un número de piezas básicas que podían ensamblarse en

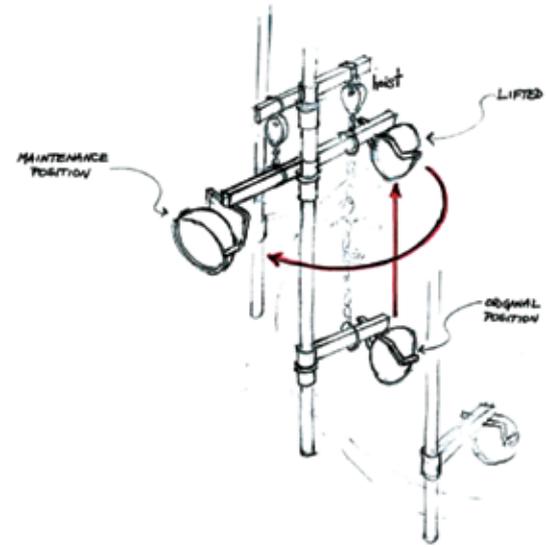
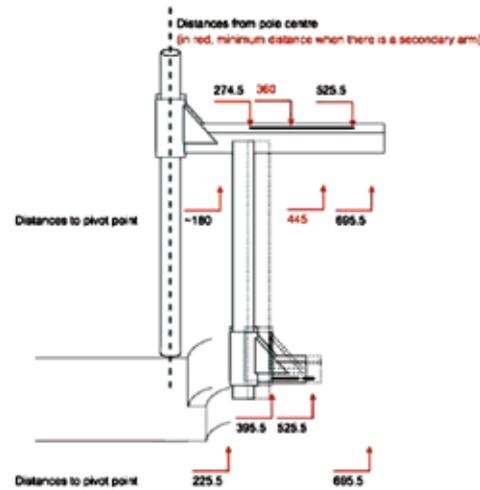


Figura 6. Parámetros de instalación para una de las combinaciones de soportes (izquierda) y movimiento de las luminarias para mantenimiento (derecha)

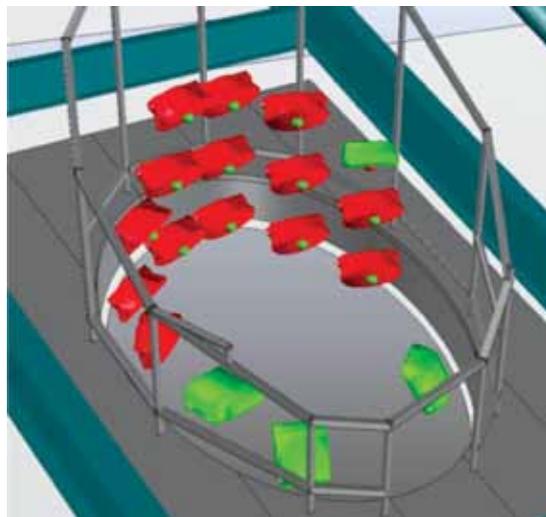


Figura 7. Modelo 3D mostrando la ubicación de luminarias (izquierda) y luminarias instaladas en el edificio (derecha)

diferentes configuraciones mediante puntos de anclaje. A su vez, cada soporte puede elevarse desde su posición de operación y rotar 180 grados para permitir el mantenimiento. Por lo tanto, cada ubicación particular debió resolverse encontrando, en cada caso, la combinación óptima de partes y constatando que los movimientos fueran posibles.

Las posiciones así obtenidas son diferentes de las originales, por lo que las simulaciones debieron repetirse en cada ocasión para verificar el progreso del diseño. El flujo de trabajo se implementó mediante

scripts en Rhinoceros3D que verificaban la posición de las luminarias respecto de los soportes y exportaban coordenadas y orientaciones de cada una. Otra serie de scripts en Radiance transformaban esas coordenadas en la descripción de las luminarias que se sumaban al modelo completo del edificio para realizar las simulaciones. Los resultados se exportaban a través de tablas en formato html para su verificación inmediata.

Debido a que las lámparas de descarga pueden producir efectos de parpadeo, que son

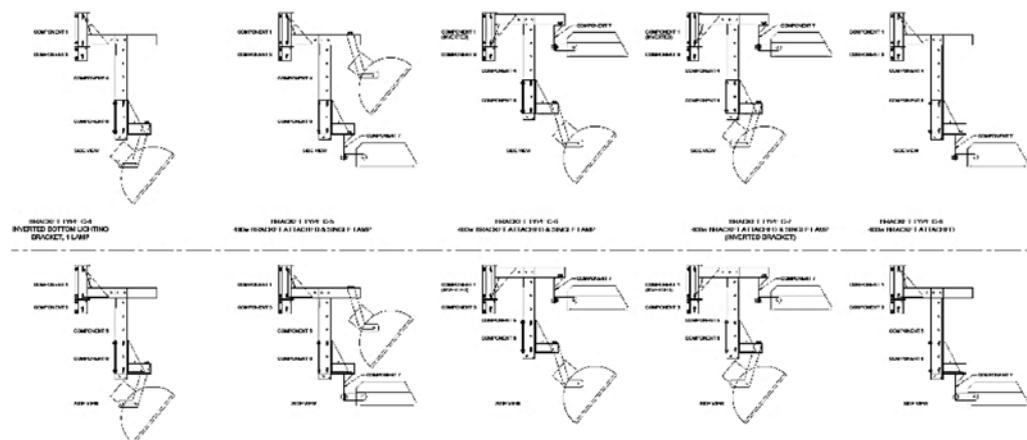


Figura 8. Algunas de las disposiciones posibles de los soportes de luminarias

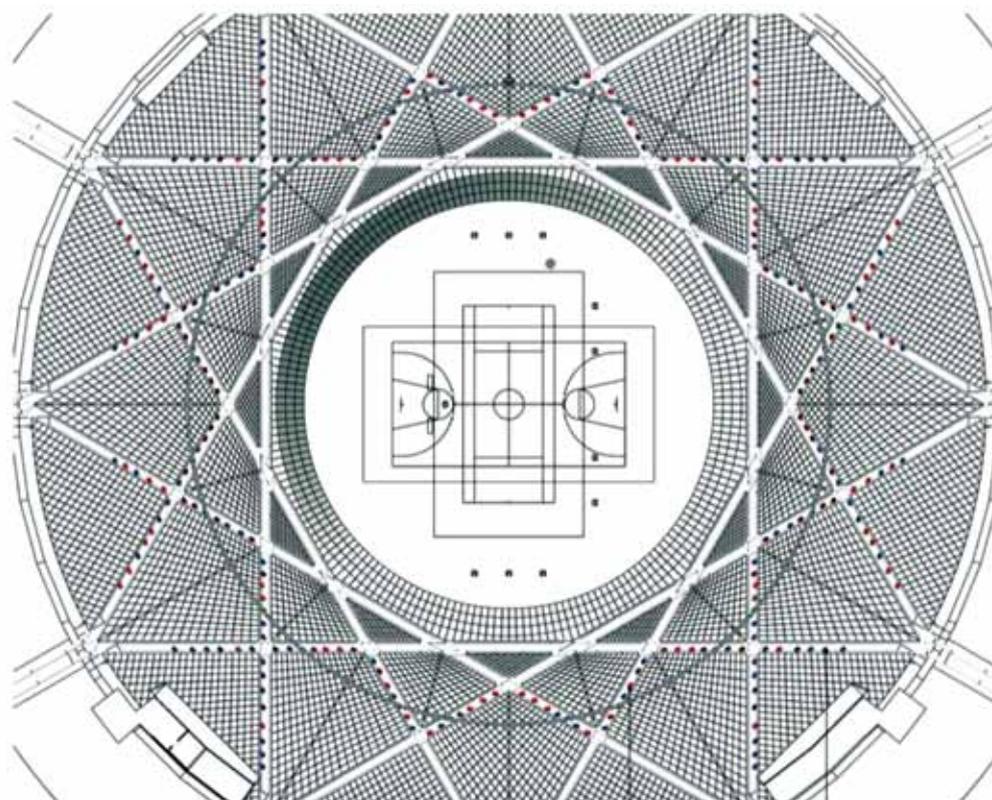


Figura 9. Disposición de las luminarias en la cubierta

particularmente problemáticos para las filmaciones en cámara lenta y superlenta, se realizó una optimización de la conexión de circuitos. Dependiendo del alcance de cada luminaria, se determinó la distribución óptima de conexiones a los distintos circuitos, balanceando el efecto de las tres fases en cada punto de cálculo. De esta manera, se aseguró que el entrecruzamiento

entre las distintas fases resultara en niveles mínimos de parpadeo.

Finalmente, se desarrolló un sistema de documentación para comunicar el armado y la posición de los soportes y las luminarias. Las diferentes posibilidades de armado de los soportes fueron clasificadas determinando en cada caso el tipo de soporte requerido.

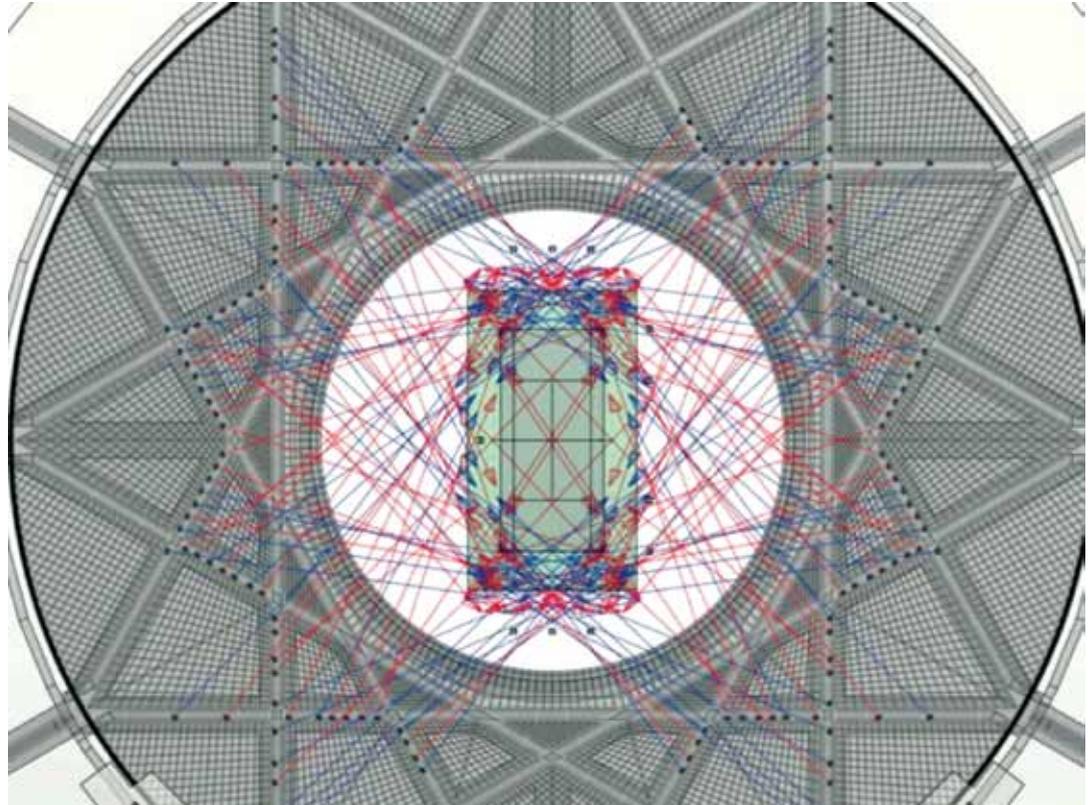


Figura 10. Esquema de iluminación para tenis

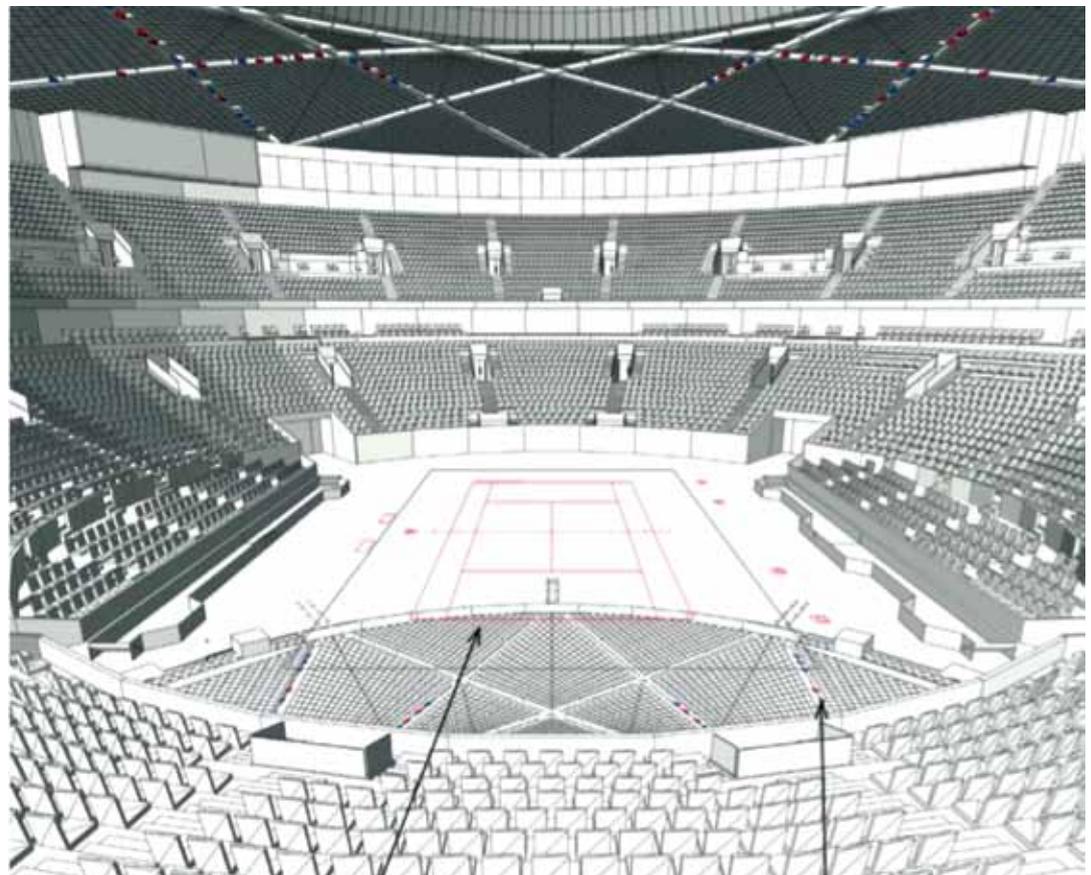


Figura 11. Vista desde las gradas mostrando el reflejo de las luminarias en el campo de juego

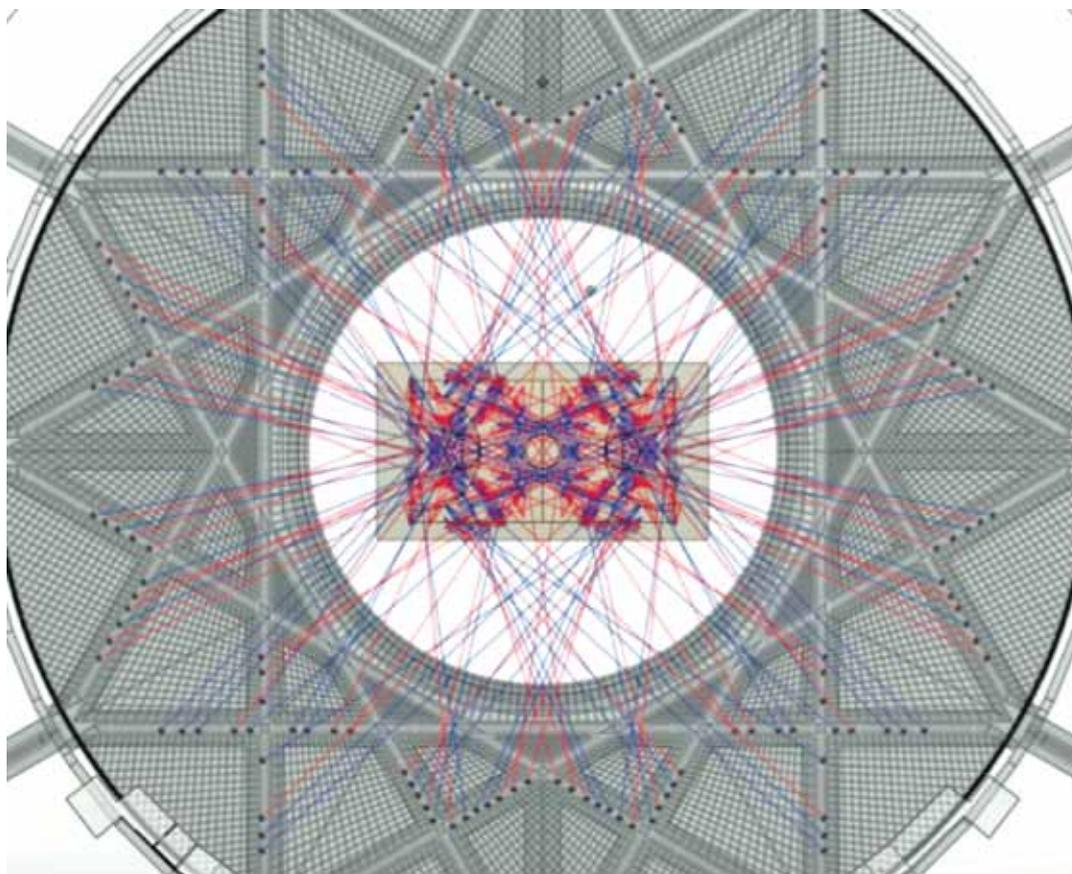


Figura 12. Esquema de iluminación para básquet

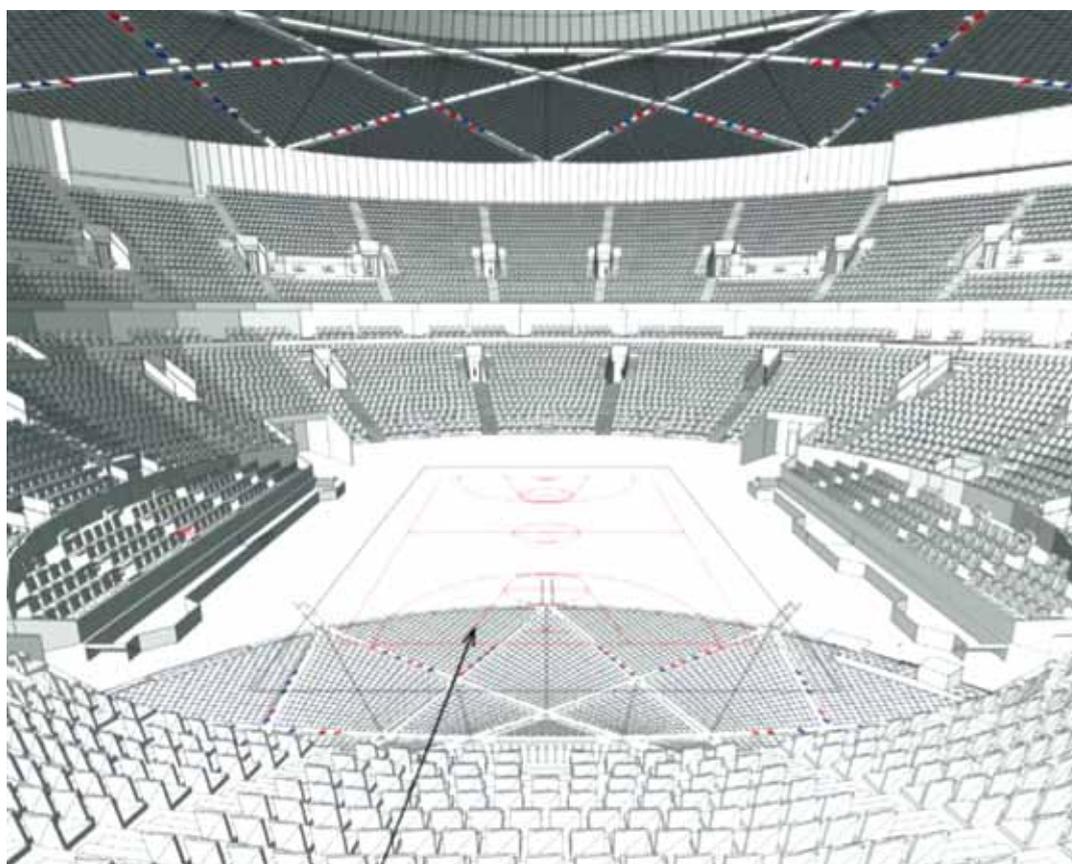


Figura 13. Vista desde las gradas mostrando el reflejo de las luminarias en el campo de juego

Los parámetros de la instalación indicaron en cada caso las distancias a las que debía fijarse cada elemento para obtener la posición requerida. Todos estos parámetros se verificaron luego de la instalación en obra, resolviendo los casos en los que fuera necesario hacer ajustes.

### Centro deportivo para tenis y básquet

En este caso, el diseño estructural tuvo una fuerte impronta en el diseño de la cubierta, incluyendo la disposición de las pasarelas de mantenimiento. La instalación de iluminación deportiva se diseñó con luminarias led, que presentan un formato más compacto y permiten, con el equipo de control adecuado, evitar el problema de parpadeo. En este caso, los controladores fueron instalados remotamente, en habitaciones con aire acondicionado para evitar el sobrecalentamiento.

La ubicación de las pasarelas de mantenimiento fue el principal condicionante de la instalación. Uno de los objetivos del diseño fue el de minimizar el número de posiciones utilizadas, y por consiguiente el trayecto de cableado. Además, debido al requerimiento de diseñar dos esquemas distintos, para tenis y básquet, se buscó maximizar la utilización doble de las mismas luminarias para ambos esquemas, cuando fuera posible.

Las luminarias, ubicadas por debajo de la línea del cielorraso, tienen en este esquema una mayor presencia visual en el interior del espacio. Por lo tanto, se buscó un sistema de mantenimiento con acceso desde arriba, evitando que la pasarela quede a la vista. Aunque por un lado esto resulte en una estrategia de mantenimiento relativamente más complicada, por el otro permite mucha mayor flexibilidad en la ubicación de las luminarias, evitando obstrucciones de las pasarelas. Como resultado, el sistema empleado permite, a partir de una geometría muy condicionante, un esquema de gran flexibilidad que se puede adaptar a los requerimientos de distintos deportes.

### Conclusiones

Dos casos de instalaciones de iluminación deportiva para eventos televisados fueron presentados. En ambos casos, el diseño de la cubierta fue el mayor condicionante de la instalación, obligando al uso de estrategias especiales de mantenimiento. Especialmente en el caso de cubiertas complejas, fue imprescindible una correcta coordinación de las distintas disciplinas desde las primeras etapas del diseño.

La iluminación para transmisiones televisivas requiere poder alcanzar todas las áreas del campo de juego desde al menos cuatro direcciones. En los dos casos presentados fue necesario establecer las posiciones de las luminarias desde el comienzo del proyecto para poder conseguir los ángulos de iluminación adecuados.

Las luminarias led presentan claras ventajas sobre otras tecnologías como las lámparas de descarga, evitando los problemas de parpadeo, a la vez que presentan un diseño más compacto que permite mayor flexibilidad en su instalación. Sin embargo, se debe tener especial cuidado en el control del haz luminoso para evitar el deslumbramiento. ❖

### Referencias

- [1] FINA Handbook 2007 and FINA TV Guidelines, 2011
- [2] FIBA, Official Basketball Rules 2017, Basketball Equipment, International Basketball Federation.
- [3] ITF Recommended Lighting Specifications, en [www.itftennis.com/technical/facilities/facilities-guide/lighting.aspx](http://www.itftennis.com/technical/facilities/facilities-guide/lighting.aspx)
- [4] European Committee for Standardization, European Standard EN 12193:2007 Light and Lighting – Sports Lighting
- [5] Lighting Guide 4: Sports Lighting, 2006, CIBSE, Society of Light and Lighting

**Nota del editor.** La nota aquí reproducida fue originalmente presentada por el autor como artículo de investigación en Luxamérica 2018.