

LA LUZ CENITAL EN LA ARQUITECTURA DEPORTIVA DE LATITUDES INTERMEDIAS. ESTUDIO DE CASOS DE LAS OLIMPIADAS DE 1992 EN LAS CIUDADES DE BARCELONA Y GRANOLLERS (CATALUÑA).

Maria- Leandra González-Matterson, Joan-Lluís Zamora-Mestre y John-Martin Evans.

1. Arquitecta. Tesis doctoral en curso. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona - ETSAB. Universitat Politècnica de Catalunya - UPC. e-mail: leamatterson@gmail.com
2. Prof. Dr. Arquitecto. Departament de Construccions Arquitectòniques I. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès- ETSAV. Universitat Politècnica de Catalunya - UPC. e-mail: JOAN.LLUIS.ZAMORA@UPC.EDU
3. Prof. Dr. Arquitecto. Centro de Investigación Hábitat y Energía- CIHE. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo- FADU. Universidad de Buenos Aires - UBA. e-mail: evansjmartin@gmail.com

RESUMEN

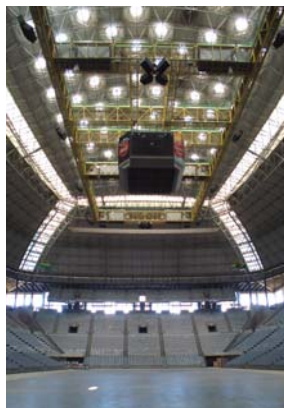
Este trabajo presenta estudios sobre la optimización de las condiciones de iluminación natural, en el caso particular de la luz cenital, en ejemplos de arquitectura deportiva de **latitudes intermedias** (Barcelona y Granollers, 41° 38" N). Las conclusiones muestran la necesidad de evaluar diferentes aspectos en el estudio de las condiciones de iluminación, teniendo en cuenta además de la cantidad de luz o valores de iluminancias, la distribución y el balance de luminancias en el campo visual.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo, es analizar el funcionamiento de los sistemas de **luz cenital** para proponer mejoras, potenciando los beneficios de la **luz natural** en relación con las diferentes necesidades de los usuarios, mejorando el **confort** y la **calidad interior** y tendiendo al **uso racional de la energía**.

CASOS DE ESTUDIO

El estudio de las condiciones de iluminación se ha realizado en seis palacios y/o pabellones deportivos con sistemas de iluminación cenital de diferentes tipos, construidos en la Ciudad de Barcelona y cercanías, con motivo de los Juegos Olímpicos de 1992. De estos edificios se han seleccionado aquellos cuyo sistema de iluminación natural fuera del tipo cenital.



Palacio Sant Jordi.



Palacio de Deportes de Granollers.



Pabellón de la España Industrial



Pabellón del Valle de Hebrón

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para la evaluación de las condiciones de iluminación natural y artificial, se realizaron: mediciones con luxómetro, relevamientos fotográficos y geométricos, evaluaciones subjetivas del campo visual y simulaciones con programas (Baker, Fanchiotti, et al. 1993). Asimismo, se han evaluado las diferentes necesidades de confort visual de tres tipos de usuarios bien diferenciados en el uso de estos edificios:

- 1) **deportistas**,
- 2) **espectadores** o público, y
- 3) **televisión**, como un nuevo espectador (requerimientos para retransmisión televisivas).

Condiciones de cielo

- Para la realización de las mediciones con luxómetro se seleccionaron días con cielo nublado (overcast) y días con cielo despejado o claro.
- Debido a la variabilidad de la luz natural en periodos cortos de tiempo (Atif, Love et al. 1997), para algunos ejemplos se realizaron mediciones cada un minuto (simultánea) con dos luxómetros, uno ubicado en el exterior (libre de obstáculos) y otro en el interior del espacio analizado. Se calibraron y se compararon las mediciones obtenidas con ambos luxómetros (Evans, Bogatto, et al. 1998).

Iluminancias

- Se realizaron mediciones para iluminación natural y artificial. Para ello se han confeccionado diferentes grillas ortogonales para obtener puntos de medición en planta de acuerdo a la geometría de los elementos de iluminación natural y artificial (Kralj, González Matterson, et al. 2001).

- Las mediciones con luxómetro en el interior se realizaron a +1.00 m de altura en pista, en gradas y en zona de retransmisiones de televisión y prensa.
- Se tomaron mediciones en posición horizontal (0°) y vertical del luxómetro (90°) (Córica y Pattini, 2005)
- Para algunos ejemplos se han obtenido valores de Factor de Luz Diurna (FLD %).

Luminancias

- Se han evaluado subjetivamente los niveles de luminancias y se identificaron problemas de contraste excesivo, reflejos y problemas de deslumbramiento.
- Se analizaron las fotografías del relevamiento fotográfico con el programa Desktop Radiance (1998-2001), para obtener un mapa de luminancias y detectar puntos de deslumbramiento o potenciales problemas por exceso de contraste y reflejos en el campo visual (Li, Lau et al. 2004).

Reflectancia de materiales

- Se han evaluado subjetivamente los colores y las terminaciones de los materiales de arquitectura interior, y se les han asignado un valor estimado de reflectancia (%).

Evaluación subjetiva del campo visual

- Se han completado planillas con información del espacio analizado, con valoración general del ambiente luminoso, nivel de luminosidad, reflejos y elementos de discomfort.

Relevamiento fotográfico

- Se realizó un relevamiento fotográfico con cámara digital, tomando en cuenta los diferentes campos visuales de los usuarios.
- Se empleó un programa de composición de foto panorámica para obtener imágenes del campo visual.

Funcionamiento térmico del edificio

- Se realizaron entrevistas con los encargados y jefes de las áreas técnicas y de mantenimiento de los edificios. Se obtuvieron datos del funcionamiento de los sistemas de acondicionamiento térmico, alumbrado artificial y de la operación de los mismos.

Relevamiento geométrico

- Se recopiló información gráfica como plantas, secciones y alzados de los edificios analizados. Este relevamiento permite organizar las grillas de medición y la construcción de maquetas gráficas para posteriormente la utilización de programas de simulación.

Instrumental utilizado

- Luxómetro digital: ISO-TECH 1332. Rango de mediciones = 0.01 lux hasta 200.000 lux. Respuesta espectral = CIE Photopic (CIE curva de respuesta del ojo humano).
- Luxómetro digital: Martín Marten. Wilh. Lambrecht GMBH. D-3400 Göttingen. Rango de mediciones = 0.1 lux hasta 200.000 lux, 1 a 1.999.000 cd/m² (ϵ 1/10=20°) Respuesta espectral = V (λ) curva de respuesta del ojo humano.
- Cámara fotográfica digital: 6.0 megapíxeles Sony Cyber-Shot DSC-W50, con adaptador para lente Wide x0.7.

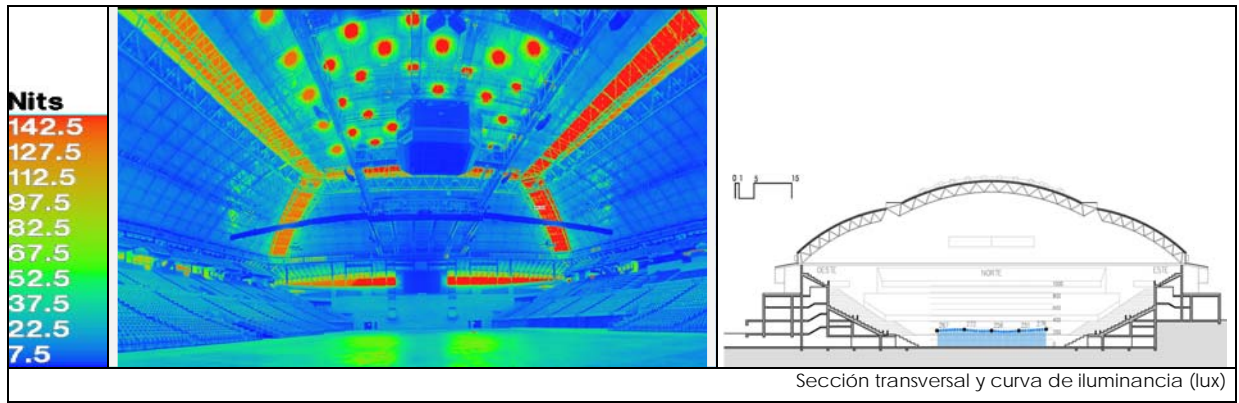
PRIMEROS AVANCES Y RESULTADOS OBTENIDOS

Se exponen los avances obtenidos para los cuatro edificios y se comparan los valores obtenidos in situ de iluminancia horizontal (Fontoynot, M. 1999), para un día de invierno con cielo despejado. Asimismo, se presentan secciones características de los edificios con curvas de iluminancia, plantas con ubicación de elementos cenitales, fotografías, evaluaciones subjetivas de confort visual y el análisis de luminancias en Color Falso (escala 1 a 150 cd/m²).

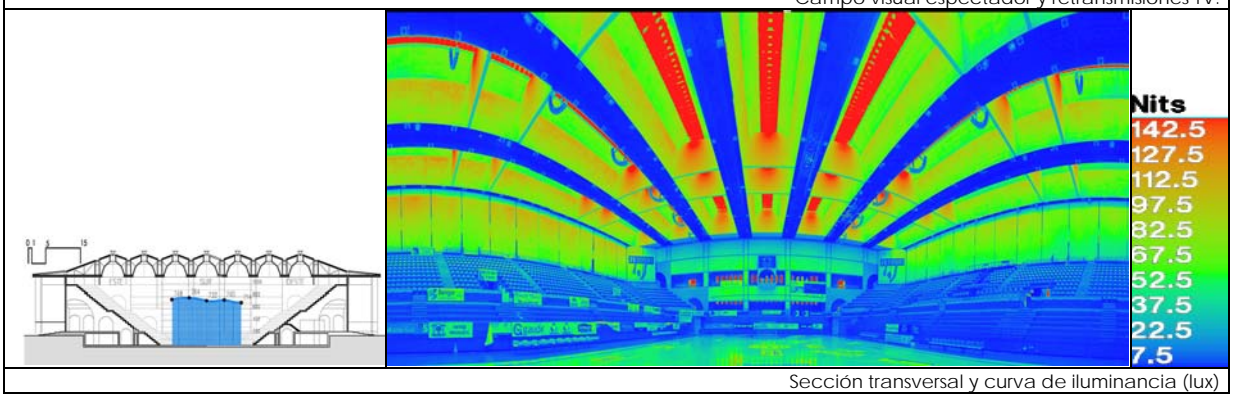
1) Palacio Sant Jordi



Campo visual espectador y retransmisiones TV

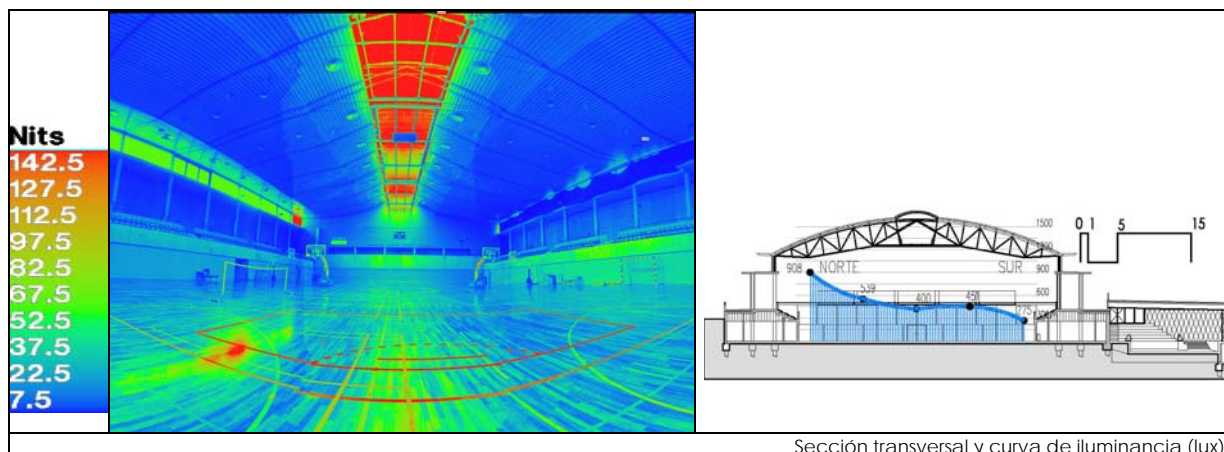


2)Palacio de Deportes de Granollers:

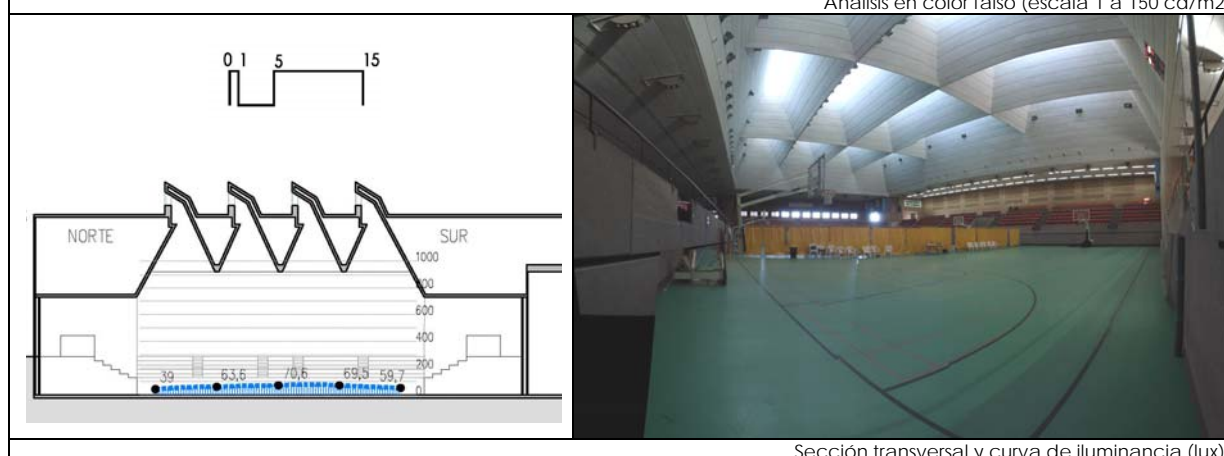
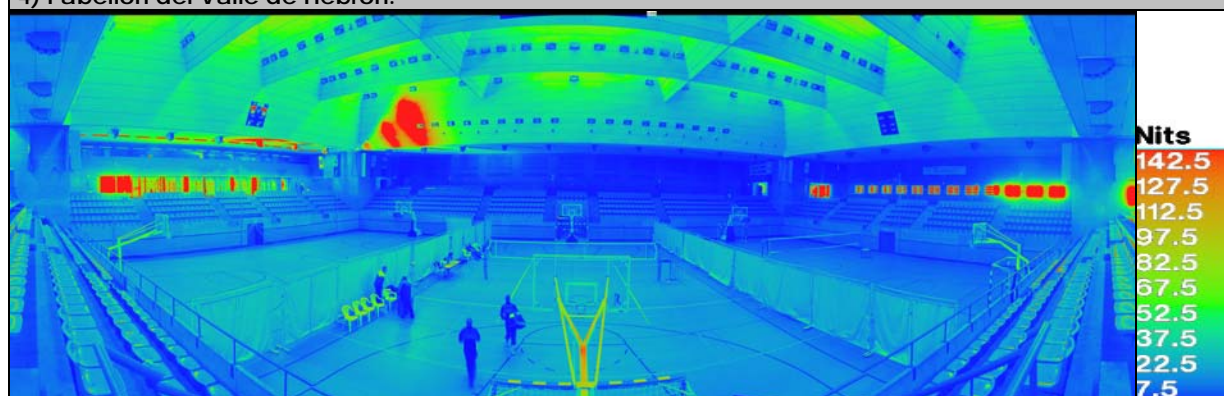


3) Pabellón de La España Industrial





4) Pabellón del Valle de Hebrón.



AVANCE DE CONCLUSIONES

A continuación se exponen los primeros avances de conclusiones del análisis de los resultados obtenidos.

1) Niveles de iluminancia:

- La iluminación cenital, en los casos analizados, provee suficiente iluminación general para actividades de entrenamiento de los deportistas y circulación general (espectadores, deportistas).
- Para el caso de retransmisiones televisivas, (televisión) y actividades de competición (deportistas), la iluminación natural resulta insuficiente, por lo cual es necesaria la utilización de iluminación artificial.
- La información obtenida de las mediciones en plano horizontal resultan orientativas, pero son insuficientes para evaluar el confort visual de los diferentes usuarios. En este sentido es importante la evaluación de aspectos relacionados con el balance de luminancias, contraste y brillo.
- Los sistemas cenitales analizados no poseen elementos de regulación, protección solar y/o control del ingreso de la luz. Además, carecen de sistemas de oscurecimiento total. La falta de estos sistemas de control de la luz parcial y total conllevan, en algunos casos, a la anulación permanente de la iluminación cenital por medios ajenos (lonas, pinturas, etc) y el uso permanente de la luz artificial.

2) Niveles de luminancias:

- Para el análisis del campo visual de los diferentes usuarios, resulta necesario la evaluación de las luminancias, su distribución y balance.
- Los contrastes provocados por el bajo nivel de reflexión de los materiales de revestimiento interior y la focalización de la iluminación natural sobre la pista, generan excesivo contraste en el campo visual, llegando a producir deslumbramiento.
- Las aberturas laterales sobre pista generan la principal causa de deslumbramiento directo, ya que el contraste de luminancias es $> 1 :40$.

3) Confort visual de los diferentes usuarios:

- Los colores de los revestimientos interiores de los espacios deportivos son en su mayoría oscuros, con bajo nivel de reflexión (Coeficiente de reflexión $< 40\%$) y de la gama de colores fríos (celeste, azul, verde). La combinación de bajos niveles de reflexión, la utilización de colores "fríos" y bajos niveles de iluminancia, producen sensación de penumbra, a pesar de que los valores de iluminancia media en plano horizontal sean suficientes para actividades de entrenamiento.

4) HDR Color Falso:

- La herramienta para evaluación de exposiciones fotográficas con Rango Dinámico Ampliado (HDR) constituye una manera económica y sencilla de materializar estudios de confort del ambiente luminoso (Torres, S. 2004).
- El tratamiento de fotografías HDR (HDR Shop, 2001) para visualizarlas en Color Falso, permiten una rápida identificación de problemas de contraste y brillo, que en la valoración subjetiva del observador no es posible cuantificar.

RECONOCIMIENTOS

Al Arq. Mariá Bordas del Consell Catalá de l'Esport, a los directores y responsables de las áreas técnicas y de mantenimientos de los edificios analizados, al Prof. Arq. Arcadi de Bobes del Departament de Construccions I y al Dr. Arq. Santiago Torres. Este trabajo forma parte de tesis doctoral: "Reconsideración de los sistemas de iluminación cenital en arquitectura deportiva. Propuestas de mejora a partir del análisis de los pabellones de las olimpiadas Barcelona 1992".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATIF, M.R., LOVE, J.A. and LITTLEFAIR, P., 1997. Daylighting Monitoring Protocols & Procedures for Buildings. NRCC-41369. CANADA: NATIONAL RESEARCH COUNCIL CANADA.
- BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. (Editors) 1993. Daylighting in architecture. A European reference book. London. Commission of European Communities. James & James . (ISBN: 1-873936-21-4)
- EVANS, J. M., BOGATTO, M., MÁRMORA, M. I., SAN JUAN, G. A. 1998. "Iluminación en maquetas y espacios con iluminación natural. Recomendaciones para su medición". Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Volumen 2, N. 2, Salta, Argentina. Volume 2, pp. 37-40.
- FONTOYNTON, M. (1999) "Daylight performance of buildings". (James & James) for European Commission Directorate General XII for Science, Research and Development. Lyon, France.
- KRALJ M. E., GONZÁLEZ MATTERSON M. L., EVANS J. M.(2001). Regional variations in daylight strategies: resources, requirements and solutions. The 18th International Conference and Low energy in Architecture. Florianópolis, Brazil, pp.203-207.
- LI, D.H.W., LAU, C.C.S. and LAM, J.C., 2004. Predicting daylight illuminance by computer simulation techniques. Lighting Research & Technology, 36(2), pp. 113-129.
- CÓRICA, L ;PATTINI A. (2005) Protocolo de mediciones de iluminación natural en recintos urbanos. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Volumen 3, N. 2, Argentina. Volume 9, pp. 05.85-05.90.
- TORRES, S. (2004) Image based lighting for glare assessment. Third Annual Radiance Workshop -Fribourg 2004.

PROGRAMAS DE SIMULACIÓN

DESKTOP RADIANCE © 1998-2001. Version 2.0 Beta 2 Buidl 33a. Marisnsoft Inc. and Lawrence Berkeley National Laboratory.

HDR SHOP © (2001) University of Southern California.