



## **III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO**

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

### **IMPORTANCIA DE LA CORRECTA CARACTERIZACION FOTOMETRICA DE LAMPARAS Y LUMINARIAS PARA USO INTERIOR EN EL AHORRO DE ENERGIA**

Ing. Pedro Adolfo Bazalar Vidal - Ing. Pablo Ruben Ixtaina  
Comisión de Investigaciones Científicas de la Prov. de Buenos Aires  
Laboratorio de Acústica y Luminotecnia  
Camino Centenario e/505 y 508 (1897) Gonnet - Argentina  
Tel 54-21-842686; Fax 54-21-712721

#### **RESUMEN**

En el presente trabajo se comentan las diversas técnicas de medición empleadas en el Laboratorio de Acústica y Luminotecnia de la C.I.C. para la determinación de las características fotométricas de lámparas y artefactos de uso interior. Se muestra mediante ejemplos la influencia de los parámetros más relevantes (flujo luminoso, rendimientos, diagramas de intensidad luminosa y coeficientes de utilización), en el óptimo diseño de sistemas de alumbrado. Se concluye resaltando la importancia de esta información, única que posibilita un diseño de instalaciones de alumbrado artificial con un adecuado balance entre rendimiento, eficacia y un uso racional de la energía.

#### **ABSTRACT**

This paper describes different measuring technics employed in the Laboratorio de Acústica y Luminotecnia of the C.I.C. to obtain the most important characteristics of lamps and indoor luminaires. The influence of the most relevant parameters in the optimum lighting system design (such as luminous flux, rendering, luminous intensity diagram and utilization coefficients) is shown with examples. It concludes rebounding the importance of this information, the only that possibilities lighting system design with an adequate balance between rendering, efficacy, and rational use of energy.

#### **PALABRAS-CLAVE**

Alumbrado de interiores; diseño; economía; mediciones.

#### **INTRODUCCION**

Puede afirmarse que el diseño de sistemas de alumbrado no es un ciencia exacta. En efecto, un interior bien iluminado implica nociones tales como eficiencia visual, confort visual, seguridad en la tarea, etc., conceptos todos ligados con percepciones humanas, difíciles de evaluar y cuantificar.

Distintas personas pueden diferir notoriamente en la calificación de la iluminación de un ambiente, independientemente de los valores de las magnitudes fotométricas involucradas en el diseño. Innumerables investigaciones (de Boer-Fischer, 1978) han tratado de determinar objetivamente las condiciones óptimas de iluminación para diferentes situaciones. Si bien queda siempre lugar para el uso de criterios basados en un diseño armonioso, el buen gusto y la experiencia, es hoy indudable que los proyectos basados en luminarias y lámparas correctamente caracterizadas son los únicos que conducen a instalaciones visualmente óptimas, junto con un aprovechamiento racional de la energía.

Con este sentido, recorreremos en los próximos puntos los parámetros fotométricos más relevantes en la descripción de equipos de iluminación, y traduciremos en ejemplos que demuestren su inmediata aplicación nuestra larga experiencia en la materia.

## FLUJO LUMINOSO. EFICACIA

Se entiende por flujo luminoso a la potencia radiada en forma de luz por una dada fuente. La eficacia de la misma es la relación entre el mencionado flujo y la potencia eléctrica consumida. La eficacia de una lámpara es entonces un valor extremadamente significativo en lo referido al ahorro energético. Cada tipo de lámpara, dependiendo de su principio de funcionamiento (lámparas incandescentes, de descarga en vapor de mercurio alta presión, etc.), posee una eficacia que la caracteriza. Si bien parecería que esta cuestión se reduce a la elección del tipo de fuente luminosa más adecuada para cada situación, nuestros estudios han demostrado que lámparas de características similares, pero con distinta tecnología de fabricación, poseen eficacias distintas.

La medición del flujo luminoso permite el cálculo de la eficacia. En nuestro Laboratorio esta tarea se efectúa a partir de la integración de las intensidades luminosas irradiadas por la fuente en todas las direcciones. El método preferido es la integración en un equipo especialmente diseñado para tal fin denominado "fotómetro integrador" (Walsh, 1958), el cual permite efectuar mediciones rápidas aptas para ensayar lotes de lámparas. La eficacia se calcula entonces a partir del cociente entre el flujo medido y la potencia eléctrica que consumía la lámpara en el momento de la medición. Como se comprende, la correcta determinación de este parámetro (y en general de cualquier magnitud fotométrica) implica exactas mediciones de las magnitudes eléctricas involucradas y sistemas de alimentación suficientemente estables, que incluyen balastos de referencia, ignitores, arrancadores, etc.

A modo de ejemplo se presentan mediciones efectuadas a tres grupos de lámparas de iguales características nominales (sodio alta presión tipo tubular clara, 150 W), teniendo cada conjunto distinta procedencia y fabricante. Los valores asignados a cada grupo son el promedio de las mediciones efectuadas a cada lámpara del lote, y fueron extraídos de ensayos efectuados en el Laboratorio.

**Tabla 1.** Mediciones de flujo luminoso y eficacias.

Denominación	Potencia [W]	Flujo luminoso [klm]	Eficacia [Lm/W]
Grupo 1	150,0±0,8	16,1±0,3	107±3
Grupo 2	150,0±0,8	14,8±0,3	99±3
Grupo 3	150,0±0,8	15,3±0,3	102±3

En la tabla 1 se pueden observar diferencias de hasta un 8 % en las eficacias y flujos luminosos de las lámparas. Obviamente el ejemplo mencionado debe tomarse como un caso particular, que ilustra como lámparas de igual denominación pueden poseer diferencias notorias en su flujo luminoso y en su eficiencia.

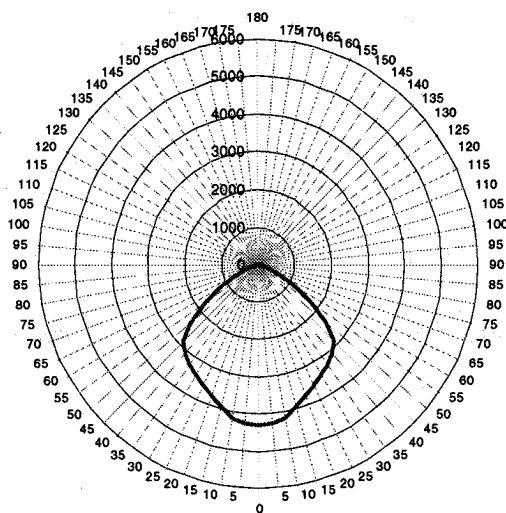
## CARACTERIZACION DE UNA LUMINARIA.

La caracterización completa de una luminaria se obtiene a partir de la medición de su distribución de intensidades luminosas. Este relevamiento permite calcular su rendimiento y obtener los coeficientes de utilización para las distintas combinaciones de dimensiones y reflectancias del local a iluminar.

La medición se efectúa en un equipo denominado goniofotómetro, que consta básicamente de un detector (fotocélula), y un sistema mecánico que rota la luminaria permitiendo medir las intensidades luminosas irradiadas en todas las direcciones. El detector debe estar equipado con filtros adecuados que permitan medir con mínimo error fuentes de diversa distribución espectral. Por otra parte la distancia entre la fotocélula y la luminaria debe ser considerable, a fin de que esta última pueda considerarse puntual. A modo de ejemplo, el goniofotómetro del L.A.L., equipado con un cabezal fotométrico de alta precisión, con adaptación muy fina a la respuesta espectral normalizada del ojo humano, posee un brazo de medición variable de 15 a 35 m, lo que permite la realización de fotometrías a todo tipo de luminarias (luminarias para uso interior, para alumbrado vial, proyectores, etc.).

La distribución luminosa de una luminaria es extremadamente sensible a los aspectos constructivos de la misma. Alteraciones en el acabado de la superficie de su reflector, posición, ubicación de la lámpara, la presencia de difusores, louvers, etc. dan lugar a modificaciones en la distribución de intensidades que repercuten en su rendimiento y por consiguiente en la eficacia de la instalación.

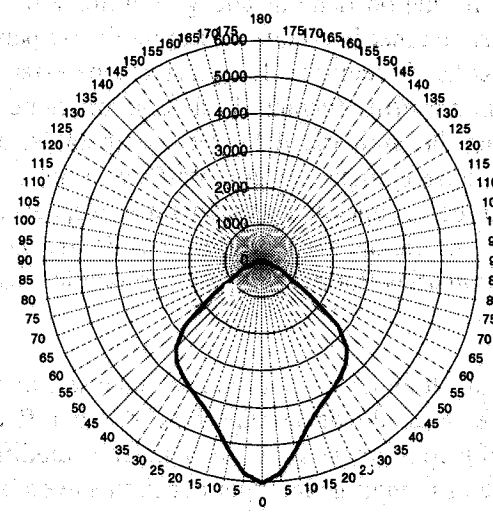
Ejemplificaremos lo dicho hasta aquí con fotometrías efectuadas a una luminaria para uso interior, del tipo empleado en el alumbrado de naves industriales. A fin de destacar la importancia de este relevamiento, el mismo artefacto fue medido en algunas de las distintas posibilidades que su uso permite: cambiando la fuente luminosa (lámpara tubular clara y ovooidal difusa) y modificando la posición de la lámpara a lo largo del eje de la luminaria (posición de referencia, 20 mm y 31 mm hacia afuera).



**Figura 1.** Distribución A.- Lámpara: Sodio alta presión ovooidal difusa, 150 W. Posición: de referencia. (Intensidades luminosas en cd.).

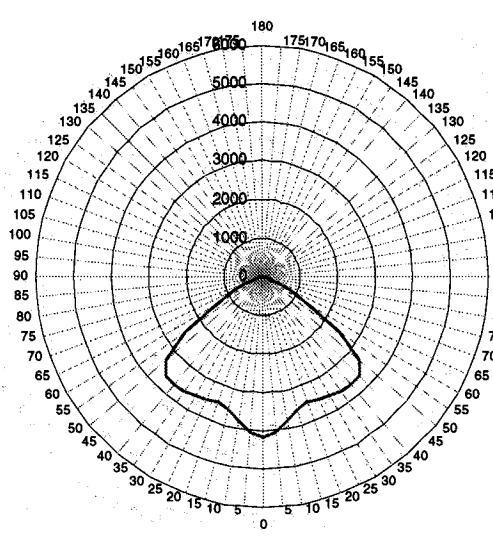
El análisis de la iluminación se realiza a través de un sistema de coordenadas esféricas que permite determinar la distribución de la luz emitida por una fuente luminosa. Este sistema se basa en la medición de la intensidad luminosa en diferentes direcciones, lo que se representa gráficamente en un diagrama de distribución de la luz.

En el caso de la lámpara de sodio alta presión tubular clara, la distribución de la luz se caracteriza por un haz centralizado que se expande a medida que aumenta la distancia desde la fuente. La intensidad luminosa se mide en cd (candelas) y se representa en un diagrama de distribución de la luz que muestra la relación entre la intensidad y el ángulo de observación.

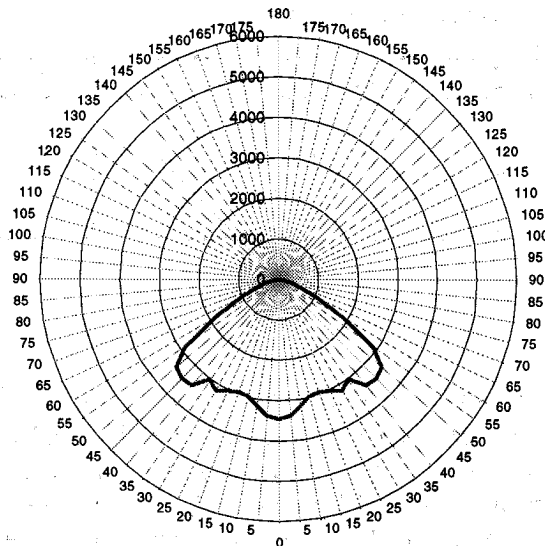


**Figura 2.** Distribución B. Lámpara: Sodio alta presión tubular clara, 150 W. Posición: de referencia. (Intensidades luminosas en cd.)

Este diagrama ilustra la distribución de la luz emitida por la lámpara en su posición de referencia. La intensidad luminosa es máxima en el eje central y disminuye a medida que se aleja de este eje, formando una curva simétrica que se expande hacia los lados.



**Figura 3.** Distribución C. Lámpara: Sodio alta presión tubular clara, 150 W. Posición: 20 mm hacia afuera. (Intensidades luminosas en cd.)



**Figura 4.** Distribución D. Lámpara: Sodio alta presión tubular clara, 150 W. Posición: 31 mm hacia afuera. (Intensidades luminosas en cd.).

Una simple inspección de los diagramas de intensidad luminosa mostrados permite verificar las importantes variaciones en la emisión luminosa de la luminaria, lo que naturalmente alterará las condiciones de iluminación del local en que se la emplee. Las diferencias mencionadas se tornan más evidentes si analizamos la variación de dos importantes parámetros: el rendimiento de la luminaria y el coeficiente de utilización.

**Rendimiento.** Este parámetro caracteriza el aprovechamiento de la energía lumínica producido por la luminaria. Se define como la relación porcentual entre el flujo luminoso irradiado por la luminaria y el emitido por la lámpara.

**Coficiente de utilización ( $\nu$ ).** En el método de cálculo denominado “de cavidades zonales”, el coeficiente de utilización puede definirse como la fracción del flujo luminoso emitido por la lámpara que realmente llega al plano de trabajo (I.E.S., 1964). Como se comprenderá, este factor depende, además de la forma de emisión de la luminaria, de las características del local a iluminar: dimensiones, ubicación de la luminaria y reflectancias de paredes, piso y techo. El coeficiente de utilización permite calcular la iluminancia media en el local que se pretende iluminar:

$$E = \frac{\nu n \phi l}{A} \quad (1)$$

Donde E es la iluminancia media sobre el plano de trabajo; n el número de lámparas a usar;  $\phi l$  el flujo luminoso de las lámparas y A la superficie del local. El coeficiente de utilización se especifica mediante tablas, en función de las distintas posibilidades de reflectancia de piso, techo y pared; y para variadas combinaciones de las dimensiones del interior a iluminar. Si el diseño del sistema de iluminación se efectúa utilizando programas de cálculo, lo usual es que el mismo incorpore subrutinas para calcularlo.

La tabla 2 muestra los parámetros anteriores obtenidos para cada una de las fotometrías realizadas (figuras 1 a 4). Con el objetivo de efectuar una rápida comparación, el coeficiente de utilización se ha calculado para un caso particular elegido al azar: luminaria suspendida a 4 m de altura en un local de 6 m de largo por 4 m de ancho. Las reflectancias del techo, paredes y piso se han supuesto de 0,7 , 0,5 y 0,3 respectivamente.

**Tabla 2.** Rendimientos y coeficientes de utilización.

<b>Fotometría</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Coefficiente de utilización</b>
Distribución A	70 %	0,42
Distribución B	68 %	0,44
Distribución C	71 %	0,40
Distribución D	68 %	0,34

## CONCLUSIONES

Algunas comparaciones nos permitirán visualizar mejor la importancia de la correcta caracterización fotométrica. Por ejemplo, entre la distribución luminosa C y la B o D, hay una diferencia de  $\approx 4\%$  en el aprovechamiento de la energía luminosa. Si añadimos a ello la posibilidad de emplear distintas lámparas, comprobamos que según se usen del grupo 1 o 2 (tabla 1), la diferencia en el consumo de energía eléctrica puede alcanzar hasta un 12 %. Similar análisis puede efectuarse comparando los coeficientes de utilización. Si ilumináramos el local ya descrito con la distribución D, usando lámparas del grupo 2, obtendríamos un nivel medio de  $\approx 210$  lx; pero la iluminancia media sería de  $\approx 300$  lx si empleáramos la distribución B con lámparas del grupo 1. Invertiendo los términos, para alcanzar el mismo nivel lumínico, la diferencia en el consumo de energía entre las dos combinaciones sería aproximadamente del 30 %.

Claro está que lo aquí analizado es sólo un caso particular. Sin embargo, puede generalizarse el hecho de que una misma luminaria con un dado tipo de lámpara posibilitan variantes siempre susceptibles de optimizarse para cada situación. Es más, en el ejemplo descrito se eligió ex profeso un artefacto sumamente simple, con el objeto de limitar el número de variables intervinientes. En luminarias más sofisticadas (con reflectores regulables, louvers, refractores, etc.) estas posibilidades de mejorar la instalación aumentan considerablemente.

Por último, cabe mencionar que el presente estudio se centró sólo en lo referente al consumo de energía, que no es lo único de interés en el diseño de un sistema de alumbrado. Factores como el control del deslumbramiento, uniformidad en los niveles de iluminancia, niveles de luminancia, etc. también deben ser correctamente evaluados. En este sentido, la validez del presente estudio puede hacerse extensiva; la evaluación mediante ensayos y mediciones es el único camino que conduce a óptimos diseños de sistemas de alumbrado.

## REFERENCIAS

1. De Boer, J. B.; Fischer, D. *Interior Lighting*. Philips Technical Library. Eindhoven, 1978.
2. Lighting Design Practice Committee of the IES. *Zonal Cavity Method of Calculating and Using Coefficients of Utilization*. Illuminating Engineering, vol. LIX, p.309. New York, 1964.
3. Walsh, J. W. T. *Photometry*. Constable & Company LTD. London, 1958.