



## APLICACIONES INDUSTRIALES

# METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO ARTIFICIAL EN INTERIORES

Israel Omar Mockey Coureaux

Eustorgio Millán Alvarez.

## Resumen / Summary

A partir de la valoración de los principales métodos utilizados en el estudio de los sistemas de iluminación en interiores se propone una metodología general para la realización de estudios y/o proyectos de estas instalaciones. Entre los aspectos a destacar de esta metodología, se puede decir que preve la selección técnico - económica y cuantitativa de la fuente luminosa a utilizar a partir del análisis de varias variantes, sin la necesidad de llegar a obtener el número de luminarias final a emplear. Se toman en cuenta nueve factores parciales de pérdida de luz, obteniéndose así resultados más objetivos y precisos. Además, se permite realiza una valoración cualitativa en el estudio, acorde con las exigencias internacionales actuales.

Palabras Claves: Alumbrado en interiores, Iluminación, Método de las cavidades zonales, Selección racional.

*Starting from the valuation of the main methods used in the study of the interior illumination systems, the authors present a general methodology for the realization of studies and/or projects of these facilities. Among the aspects to highlight in this methodology, one it can be said that it foresees the technical- economic and quantitative selection of the luminous source to use starting from the analysis of several variants, without the necessity of ending up, obtaining the final number of luminaires to use. They take into account nine partial loss light factors, being obtained this way more objective and more precise results. Also, it is allowed to carry out a qualitative valuation in the study, chord with the current international demands.*

*Key Words: Illumination in interiors*

## Generalidades

Gran parte de la vida del hombre transcurre bajo el alumbrado artificial, de ahí la importancia que reviste el logro de las condiciones adecuadas para realizar la tarea con eficiencia, seguridad y conservando la salud visual del observador. En aras de alcanzar estos objetivos, las instalaciones de alumbrado artificial en interiores deben: asegurar la cantidad de luz necesaria, garantizar la calidad de la luz requerida, utilizar los equipos apropiados en cada aplicación y velar que el costo integral de la instalación sea el racional. [1]

### Procedimiento general propuesto para el estudio de instalaciones de alumbrado en interiores. [2-4]

- I. Objetivos y especificaciones.
- II. Selección del nivel luminoso mínimo recomendado.
- III. Selección de la lámpara y la luminaria.
- IV. Determinación del coeficiente de utilización.
- V. Determinación del factor total de pérdida de luz.
- VI. Cálculo del número de luminarias.
- VII. Determinación del emplazamiento.
- VIII. Comprobación del cumplimiento de los aspectos cualitativos

## Selección del nivel luminoso mínimo recomendado

La selección del nivel de iluminación requerido en una instalación de alumbrado es uno de los aspectos cuantitativos más importante en el estudio de tales sistemas. Se recomienda la iluminación requerida considerando una serie de aspectos, dentro de los cuales se destacan: la actividad o trabajo que se desarrolla en el local, los detalles del objeto, la edad promedio de los ocupantes del local, la velocidad y/o precisión necesaria para desarrollar la tarea visual y la reflectancia del fondo de la tarea visual. [5]

## Selección de la lámpara y la luminaria. [2-4]

Resulta, sin dudas, de gran importancia el análisis técnico económico de varias variantes a la hora de realizar proyectos y evaluaciones de instalaciones de alumbrado. Ello posibilita la selección y ejecución de variantes idóneas según las características específicas de las instalaciones, con un uso racional de la energía eléctrica. [6,7]

A continuación se ofrece una expresión que brinda la posibilidad de evaluar varios tipos de fuentes luminosas (lámparas y luminarias) en cuanto a los costos anuales de explotación, sin necesidad de acometer el proyecto de alumbrado de cada variante, con el consiguiente ahorro de recursos y tiempo.

$$C_T = \frac{E \cdot A}{1000 \cdot h_a} \cdot \left\{ c_o \cdot h_a \left( 1 + \frac{100 \cdot P_{aux} \cdot N_{bL}}{P_{lámp} \cdot N_{LL} \cdot h_L} \right) + \left[ \frac{(c_r + k_a) \cdot h_a}{h_v} + \frac{1}{P_{lámp}} + \frac{100}{N_{LL} \cdot h_L} \left( c_p \cdot f_p + \frac{a_i}{100} (k_l + c_{ml} + N_{bL} \cdot k_{aux}) \right) + \frac{k_a \cdot a_i}{100} \right] \right\}$$

## Determinación del coeficiente de utilización.

Este coeficiente se define como la relación del flujo luminoso que llega al plano de trabajo con respecto al flujo emitido por las lámparas.

$$K_u = \frac{F_{pt}}{F_L} \quad (2)$$

Este coeficiente toma en cuenta la eficiencia y distribución de la luminaria, la altura de montaje, las dimensiones del local y la reflectancia de paredes, techo y suelo. Para su determinación se deberá utilizar el Método de las Cavidades Zonales, el cual considera que la iluminación resultante sobre el plano de trabajo no es solo el resultado de la componente directa de la luz proveniente de la luminaria, sino además producto a las múltiples interreflexiones de la luz entre las superficies de las tres cavidades.

## Determinación del factor total de pérdida de luz. [2-5]

Entre los factores de depreciación de la iluminación que se consideran, están:

1. Depreciación del flujo luminoso de la lámpara.
2. Depreciación por suciedad en las luminarias.
3. Depreciación por suciedad en las superficies del local.
4. Depreciación por lámparas fuera de operación.
5. Temperatura ambiente de la luminaria.
6. Factor de balasto.
7. Voltaje de alimentación.
8. Depreciación de las superficies de las luminarias.
9. Factor de intercambio de calor.

## Cálculo del número de luminarias

El número de luminarias para lograr los requerimientos cuantitativos se determina a partir de la fórmula básica del Método de las Cavidades Zonales.

$$N_L = \frac{E \cdot A}{F_L \cdot N_{LL} \cdot K_u \cdot KPL} \quad (3)$$

## Uniformidad luminosa

El cumplimiento de los requerimientos en cuanto a uniformidad luminosa adquiere mayor relevancia cuando se emplea como método de iluminación el general. Para proveer una adecuada distribución luminosa en un área es necesario no sobrepasar el máximo espaciamiento permisible entre luminarias recomendado por el fabricante en función de la altura de montaje de la luminaria.

## Distribución de luminancias [8]

La distribución de luminancias dentro del campo visual del observador debe considerarse como otro de los criterios cualitativos en el estudio de instalaciones de alumbrado en interiores. Resultan de particular importancia para el análisis de este criterio, los siguientes aspectos: la luminancia de techo y paredes, distribución de luminancia en la zona de trabajo y la ausencia de deslumbramiento con limitación de luminancia de luminarias y ventanas.

## Limitación de deslumbramiento

Existen distintos sistemas de evaluación del deslumbramiento directo, se recomienda el sistema de curvas de luminancia ya que se considera el más simple y práctico de todos. [2-4,8]

## Características cromáticas de la luz producida [8]

Otro aspecto de interés en la evaluación cualitativa de un sistema de alumbrado es la reproducción de los colores reales de los objetos del local. Las cualidades cromáticas de una lámpara se caracterizan por dos atributos diferentes: su apariencia de color que puede estar dado por su temperatura de color y su capacidad

de rendimiento de color que afecta al aspecto cromático de los objetos iluminados por la lámpara.

## Conclusiones

1. Se brinda un procedimiento general para el estudio de instalaciones de alumbrado en interiores que permite un análisis integral de los aspectos cuantitativos, cualitativos y económicos.
2. Se ofrece un metodología práctica para la evaluación técnica - económica y cuantitativa preliminar de varias variantes de fuentes luminosas que conlleva a la obtención de la más racional.
3. En el análisis de la depreciación de la iluminación en interiores, se consideran 9 factores parciales de pérdida de luz. Se incluye un nuevo factor parcial que toma en cuenta la depreciación de la iluminación por suciedad en las superficies del local. Con ello se incrementa la precisión de los resultados.
4. En el análisis cualitativo de las instalaciones de alumbrado en interiores, ya no sólo se analiza la uniformidad luminosa sino que se abarca también aspectos tan importantes como la distribución de luminancias, la limitación del deslumbramiento y el color de la luz producida por la fuente luminosa.

## Bibliografía

1. SLUZ: Manual de formación en iluminación. 1999.
2. Mockey, I. O: "Estudio de las Instalaciones de alumbrado en interiores y viario". Tesis presentado en opción al grado de Master en Ciencias. Universidad de Oriente. 2000
3. Mockey, I. O.; Millán, E.: "Selección racional cuantitativa de fuentes luminosas". Anales de la Conferencia Internacional FIE 2000. CD ROOM con ISBN 848138-393-7. 2000.
4. Mockey, I. O: "Iluminación Moderna". Monografía de excelencia en CD-ROOM con ISBN: 959-207-028-8. Cuba. 2001
5. Holophane: Manual de Alumbrado. México. 1997.
6. Ambriz, J.; González, E.; Romero, H.: Fundamento del uso racional de la energía en la iluminación y el alumbrado. Universidad Nacional Autónoma de México. Junio de 1989.
7. Cook, B.: "Iluminación de alto rendimiento en edificios industriales y comerciales". Power Engineering Journal. IEE. Octubre, 1998.
8. Philips: Manual de Alumbrado. Argentina. 1997

## Símbolos y abreviaturas

- $C_T$  — costo anual de explotación  
 $E$  — nivel luminoso  
 $A$  — área de la instalación a iluminar  
 $c_o$  — costo de la energía eléctrica  
 $h_v$  — tiempo de vida útil de la lámpara  
 $h_a$  — tiempo de trabajo al año de la instalación de alumbrado  
 $f_p$  — frecuencia de limpieza al año  
 $h_L$  — eficiencia de la luminaria  
 $h_a$  — eficiencia de la lámpara analizada  
 $P_{aux}$  - potencia demandada por un balasto  
 $P_{lámp}$  - potencia demandada por la lámpara  
 $N_{bL}$  número de balastos por luminarias  
 $N_{LL}$  número de lámparas por luminarias  
 $c_r$  — costo unitario por la instalación de una lámpara fundida  
 $c_p$  — costo por limpieza de una luminaria  
 $k_a$  — costo unitario por lámpara  
 $k_l$  — costo unitario por luminaria  
 $k_{aux}$  - costo unitario por balasto  
 $c_{ml}$  — costo de montaje de una luminaria  
 $a_i$  — tasa de descuento anual por amortización  
 $N_L$  — número de luminarias a emplazar  
 $F_L$  — flujo luminoso emitido por la lámpara  
 $K_u$  — factor de utilización  
 $KPL$  Factor total de pérdida de luz  
 $F_{pt}$  — Flujo luminoso que llega al plano de trabajo

**Israel Omar Mockey Coureaux**

Nació en Santiago de Cuba, Cuba el 8 de Marzo de 1971. Graduado de Ingeniero Electricista en la Universidad de Oriente en julio de 1994, institución en la que labora como profesor asistente de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Electroenergética. Graduado de Master en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Oriente en julio del 2000. Imparte las asignaturas relacionadas con las instalaciones Eléctricas Su trabajo de investigación ha estado relacionado con el ahorro y uso racional de la energía eléctrica en las instalaciones industriales, tanto de alumbrado como de fuerza.

email: iomc@fie.uo.edu.cu

**Eustorgio Millán Alvarez.**

Nació en Bayamo, Cuba el 30 de Noviembre de 1939. Graduado de Ingeniero Electricista en 1965 en la Universidad de Oriente. Trabajó inicialmente durante 5 años en la empresa de proyectos eléctricos del MINAZ. Desde 1970 trabajó como profesor en la Facultad de Ingeniería Eléctrica en el área de la Instalaciones Eléctricas Industriales.

Ha desarrollado una intensa labor investigativa relacionado con el ahorro y uso racional de la energía eléctrica en las instalaciones industriales, tanto de alumbrado como de fuerza. Actualmente se encuentra jubilado, ostentaba la categoría de Profesor Auxiliar al momento de su jubilación