

Document downloaded from:

<http://hdl.handle.net/10251/102623>

This paper must be cited as:

Cárcel Carrasco, FJ.; Sánchez Rodríguez, JM. (2017). Influencia del estado del mantenimiento en instalaciones luminotécnicas de interior. *Mantenimiento en Latinoamérica*. 9(5):19-24. <http://hdl.handle.net/10251/102623>



The final publication is available at

<http://mantenimientoenlatinoamerica.com/index.php>

Copyright Mantenimiento en latinoamérica

Additional Information

# **Influencia del estado del mantenimiento en instalaciones luminotécnicas de interior**

**F. Javier Cárcel Carrasco<sup>1</sup>, J.M Sánchez Rodríguez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Dr. Ingeniero Industrial. Universitat Politècnica de València, ITM. C/n de Vera s/n. 46022 Valencia (España).E-mail: fracarc1@csa.upv.es*

<sup>2</sup>*Ph.D. Student. Universitat Politècnica de València, C/n de Vera s/n. 46022 Valencia (España).E-mail: fracarc1@csa.upv.es*

**Resumen:** En el mantenimiento de las instalaciones luminotécnicas de interior de edificios influyen factores como cambios en el funcionamiento de las lámparas, la suciedad que se va depositando en las luminarias, unido esto a la disminución de flujo luminoso que experimentan las lámparas a lo largo de su vida, hace que el nivel inicial de iluminación descienda sensiblemente, y hay que tener en cuenta que los componentes de las instalaciones tienen una vida limitada y alguna vez deberán ser sustituidos. En este artículo se muestra la influencia que un adecuado mantenimiento incide en las instalaciones luminotécnicas de interior.

**Palabras Clave:** Mantenimiento iluminación, Código técnico, Eficiencia energética.

## **1 Introducción.**

La carencia de mantenimiento puede tener un efecto negativo sobre la funcionalidad del alumbrado, es decir la reducción del nivel de iluminancia requerido para la necesidad en ese punto, rendimiento deficiente de la instalación y aspecto descuidado de la misma, además del coste energético que supone el funcionamiento de una instalación deficiente. De la misma manera las luminarias deben ser limpiadas regularmente, sobre todo las partes reflectoras y difusoras ya que son las encargadas de conducir la luz a los puntos previstos con su correspondiente rendimiento luminotécnico.

En las instalaciones luminotécnicas de interior de edificios, el efecto combinado de la antigüedad del equipo y la suciedad de éste, puede reducir la iluminación entre un 25 y un 50%, o más, dependiendo de la aplicación o el equipo usado, lo que implica que se esté pagando la misma cantidad de electricidad por un peor servicio.

Los cristales de las ventanas y las superficies que forman los techos y paredes deben ser limpiados periódicamente para mantener la transmisión de luz natural y la reflectancia

de las mismas, en salas de pequeña superficie la limpieza o repintado de las paredes y techos es de mucha importancia y sobre todo si existen alumbrados indirectos.

Para prever la disminución provocada por la suciedad, sería recomendable que existiese un intercambio de información entre proyectista y mantenedor, de tal manera, que el mantenedor aportase su experiencia en el día a día al proyectista, para que éste pudiese introducirla en la confección de los proyectos, es decir un aumento de la iluminancia inicial prevista para ese tipo de trabajo, ya que la relación entre la iluminancia mínima exigida y la iluminancia inicial se le denomina factor de pérdida de luz, y dependerá del grado de mantenimiento realizado, por lo que el mantenedor se deberá adecuar a los avances técnicos introducidos en los proyectos, comprometiéndose a mantener los parámetros proyectados. Así mismo es necesario mantener una adecuada gestión de la información y conocimiento de lo realizado en estas instalaciones (Cárcel et al, 2013).

La figura 1, nos muestra los factores que intervienen para la compensación de la depreciación de los componentes de una instalación de iluminación, por una parte tenemos el programa de mantenimiento que será el encargado de llevar a cabo la limpieza de las luminarias, mantenimiento de las mismas, ajustes del sistema de control, etc., y por la otra parte tenemos el aumento del nivel de iluminación inicial, este último se encarga de sobredimensionar el flujo luminotécnico.

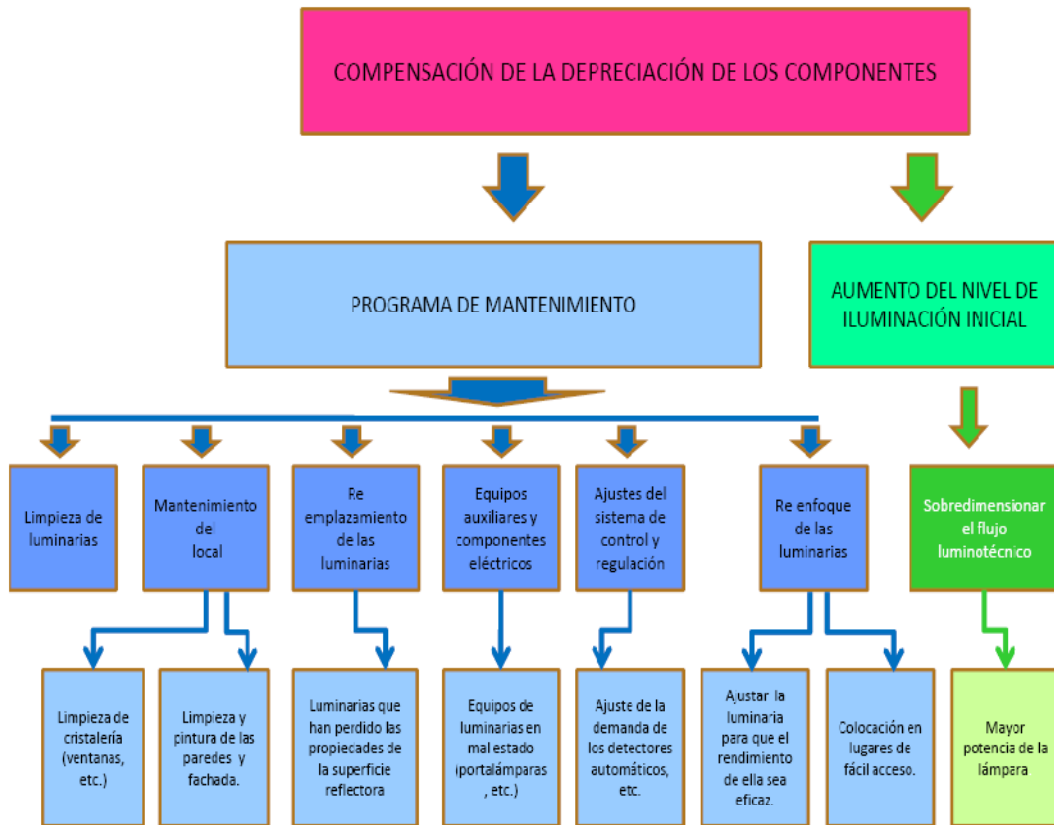


Figura 1: Factores para la compensación de los componentes. Fuente: elaboración propia.

## 2 El Factor de mantenimiento en iluminación.

El factor de mantenimiento, también llamado factor de conservación, es la relación entre la iluminancia media en el plano de trabajo, después de un periodo de tiempo de uso y la iluminancia media obtenida en las mismas condiciones el primer día.

En la figura 2 se observa la evolución que sufre el sistema con el tiempo. Por ejemplo, el porcentaje de iluminación disminuye hasta un 71% los primeros seis meses, si en este momento se limpia el conjunto, al cabo de un año, el porcentaje de iluminación será del 70%. En cambio, si la limpieza se realiza al año, el porcentaje baja hasta el 62%.

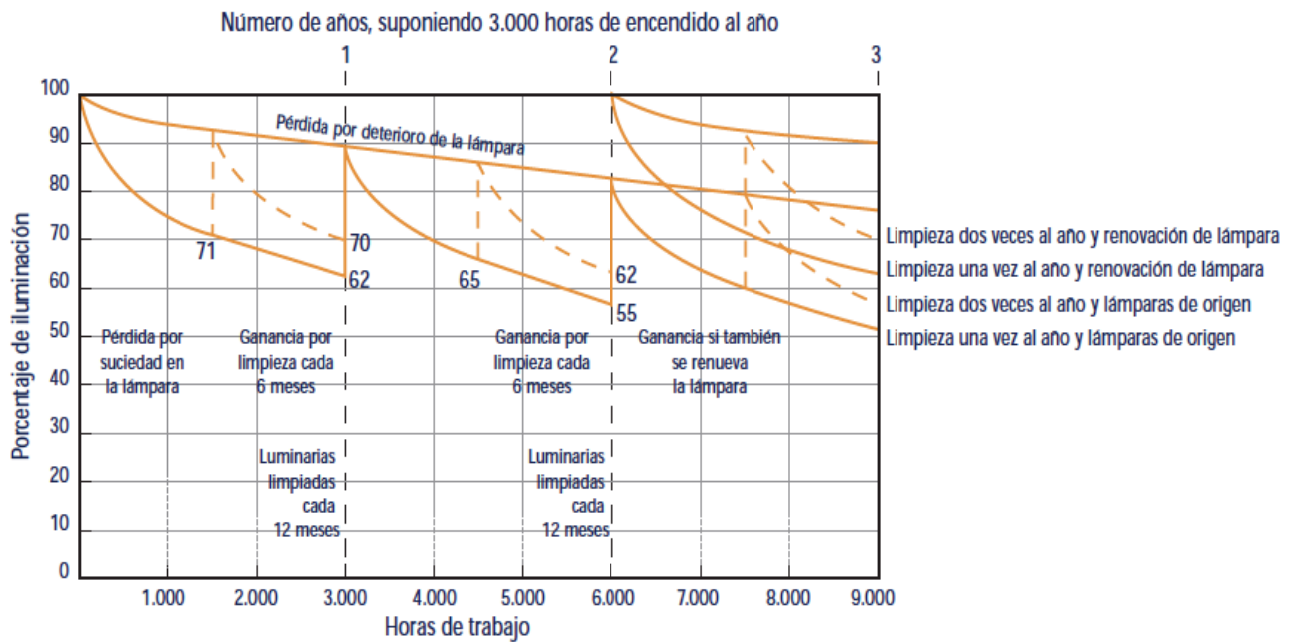


Figura 2: Factor de conservación. Fuente: (manual de iluminación INDAL)

Para mantener el mínimo valor permitido establecido para el que se diseña el sistema, es necesario realizar un mantenimiento adecuado del sistema completo: limpiar el conjunto lámpara-luminaria o cambiar las lámparas que no funcionan con una cierta frecuencia, etc. Los periodos de mantenimiento, se acuerdan previamente en la etapa de diseño del proyecto.

## 2.1 Depreciación producida por la suciedad acumulada en la luminaria

La mayor pérdida de iluminación proviene de la suciedad que se deposita en la lámpara y luminaria, con el paso del tiempo, la suciedad que se va depositando sobre las ventanas, luminarias y superficies del local, unido a la disminución de flujo luminoso que experimentan las lámparas a lo largo del tiempo, hace que el nivel inicial de iluminación que se disfrutaba en ellas, descienda sensiblemente, por lo que disminuye también la reflexión y refracción en las superficies empleadas.

Los cristales de las ventanas y las superficies que forman techos y paredes deben ser limpiados periódicamente para mantener la transmisión de luz natural y la reflectancia de las mismas. La limpieza o repintado de las paredes y techos tendrá gran importancia en el caso de salas pequeñas y de alumbrados indirectos.

Las curvas de la figura 3, muestran la depreciación del flujo luminoso debido a la suciedad en distintos tipos de luminarias.

El polvo sobre estas, está afectado por el grado de ventilación, el Angulo de inclinación, el acabado de las superficies que forman las luminarias y el grado de contaminación del ambiente.

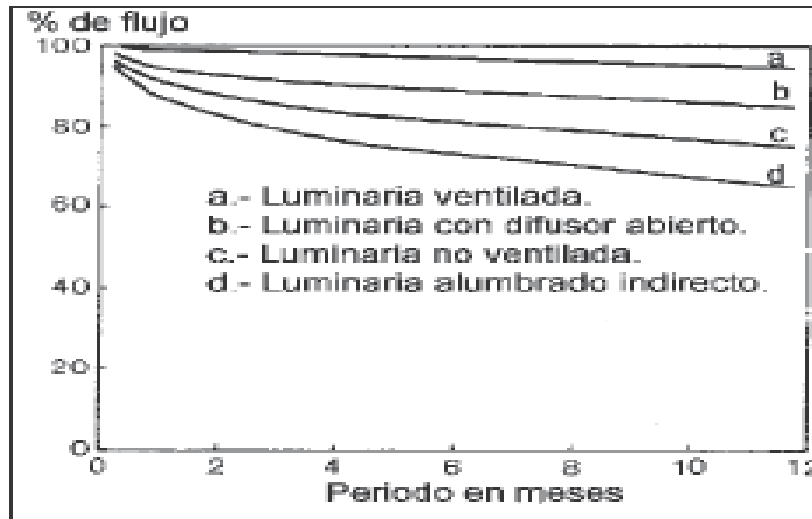


Figura 3: Depreciación producida por la suciedad en la luminaria. Fuente: (manual de iluminación INDAL)

Para aprovechar la mano de obra de la persona de mantenimiento y por tanto una ventaja económica el momento de limpieza de la luminaria debería de mantener una relación con el cambio de lámparas.

## 2.2 Depreciación producida por el flujo de las lámparas

A medida que pasa el tiempo la lámpara envejece y por consiguiente se reduce el flujo luminoso de esta, aunque siga luciendo es aconsejable la sustitución de la misma.

El equipo de mantenimiento debe estar preparado para el cambio de la lámpara y a su vez estar completamente seguro de que efectivamente se trata de ella y no de los equipos que la acompañan.

La figura 4, muestra el tanto por ciento de depreciación del flujo de las lámparas fluorescentes y de descarga.

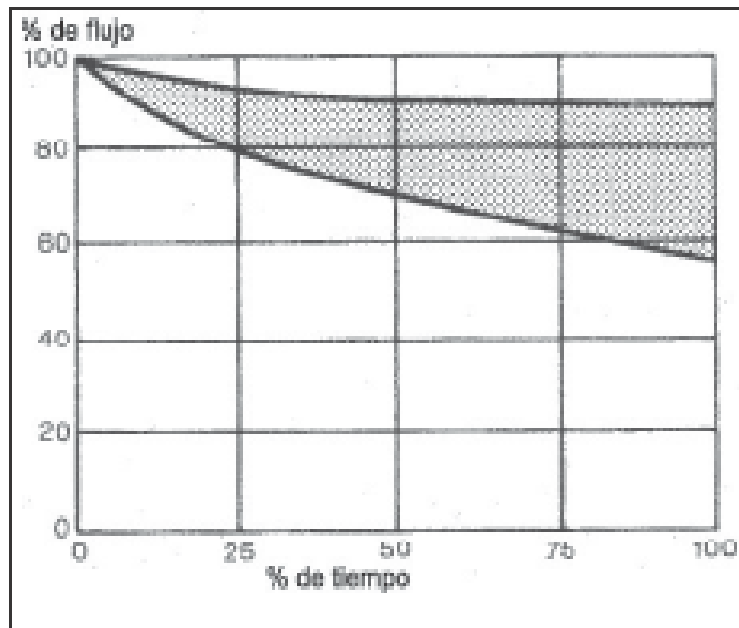


Figura 4: Depreciación producida por la suciedad en la luminaria. Fuente: (manual de iluminación INDAL)

La lámpara deberá ser la correspondiente a la luminaria que este instalada, es decir no será de potencia superior a la que permita esta, ya que se producirá sobrecalentamientos y esta puede dañar las propiedades de la pantalla reflectante, lo que conllevaría a la reducción del rendimiento luminotécnico.

### 2.3 Factores que influyen en las prestaciones técnicas del sistema de alumbrado.

Por otro lado cabe destacar los diferentes factores que influyen en las prestaciones o características técnicas del sistema de alumbrado una vez terminada su instalación, tanto para el que controla la luz natural como la artificial. Actualmente los sistemas de alumbrado modernos que disponen de controles electrónicos son capaces de crear una atmósfera atractiva. Al mismo tiempo tales sistemas pueden ser eficientes en energía. Pero hay que tener en cuenta que la electrónica puede fallar parcialmente o, más difícil de observar, funcionar mal.

Así, una vez que la instalación de alumbrado está en funcionamiento y los controles están configurados y sintonizados, se requiere un mantenimiento adecuado para mantenerla en funcionamiento como se espera. El mantenimiento regular conlleva un pequeño esfuerzo pero asegurará muchos años de servicio de la instalación.

Para aquellos sistemas de luz natural que tienen partes móviles, esto es más obvio que en alumbrado artificial. Para el alumbrado artificial no es suficiente sólo con reemplazar

simplemente lámparas rotas. Como se comenta anteriormente las luminarias también han de ser limpiadas periódicamente y las lámparas han de ser reemplazadas después de su tiempo de vida económica debido a su depreciación del flujo luminoso.

Todas las cuestiones relativas al mantenimiento pueden ser descritas en detalle. En especial la limpieza y sustitución de lámparas estándar del alumbrado artificial y la relación con el coste y uso de energía está descrita en la mayoría de libros de alumbrado eléctrico. Aquí las observaciones fundamentalmente se hacen con respecto a temas específicos de mantenimiento para controles que responden a la luz natural.

Otro aspecto del uso de las instalaciones que varían con el tiempo es la necesidad de modificar algunas veces los parámetros de control o incluso adaptar la implantación para acomodar los cambios en las solicitudes del usuario. Este cambio puede ser en el tipo de trabajo o en la tarea visual, nueva colocación de muebles o un posicionamiento de espacios diferente.

Los componentes envejecerán y eventualmente fallarán. El mantenimiento regular apropiado compensará los efectos del envejecimiento y del fallo. Los sistemas de control de alumbrado en respuesta a la luz natural requieren un cuidado adicional en comparación con aquellos casos en los que no hay sistemas de control. Será necesario ser consciente de:

- Detectores de luz obstruidos o sucios.
- Mal funcionamiento de componentes.
- Envejecimiento y rotura de componentes.

La mayoría de los factores comunes con respecto a la flexibilidad son cambios en:

Las condiciones de alumbrado requeridas dentro de un espacio (la mayor parte debido a cambios en la tareas visuales o cambios en la ocupación).

La disponibilidad de luz natural, en la mayoría de los casos como resultado de la modificación de los obstáculos externos (por ejemplo, nuevas edificaciones y crecimiento/cambios de árboles).



El interior; tal como volver a situar tabiques de salas, nueva pintura en un color diferente, un nuevo mobiliario, etc.

En la figura 5, se aprecia el resumen del factor de mantenimiento, donde se puede apreciar que si actúan negativamente los diferentes factores anteriormente citados, la instalación puede llegar a funcionar en malas condiciones, hasta el extremo de no existir el ahorro energético que se pretende llegar, por lo que la inversión económica depositada en esta instalación es negativa.



Figura 5: Factores que intervienen en una mala gestión de mantenimiento. Fuente: elaboración propia.

#### 4 Comprobación de las instalaciones.

Es evidente que el sistema de control de alumbrado ha de funcionar como se espera después de la instalación. Por ello, es útil comprobar y documentar las prestaciones del sistema después de la instalación y repetir estas comprobaciones periódicamente figura 5.

Durante la instalación y en el periodo inicial de uso cabe la posibilidad de que otras personas distintas de las que se ocupan del servicio normal están a cargo de la

instalación. Debido a estos cambios en el personal, la información y la documentación pueden perderse.

Un ejemplo de lo que podría ocurrir en un proyecto grande es el proyecto del “Palacio de Justicia” en Den Bosch, Holanda. Después de un año del uso actual del edificio los ocupantes han identificado el sistema de apantallamiento solar como la causa de varias reclamaciones, pero entonces fue difícil encontrar qué compañía instaló este sistema. Durante la fase de identificación un grupo de gestores responsables de la compañía constructora no vio la necesidad de pasar (como fue aparente después) la información crítica del sistema al usuario final. Cuando la documentación buena y una descripción de los sistemas y su realización están disponibles es posible comparar la realización real con las expectativas de diseño, tal y como se muestra en la figura 6.

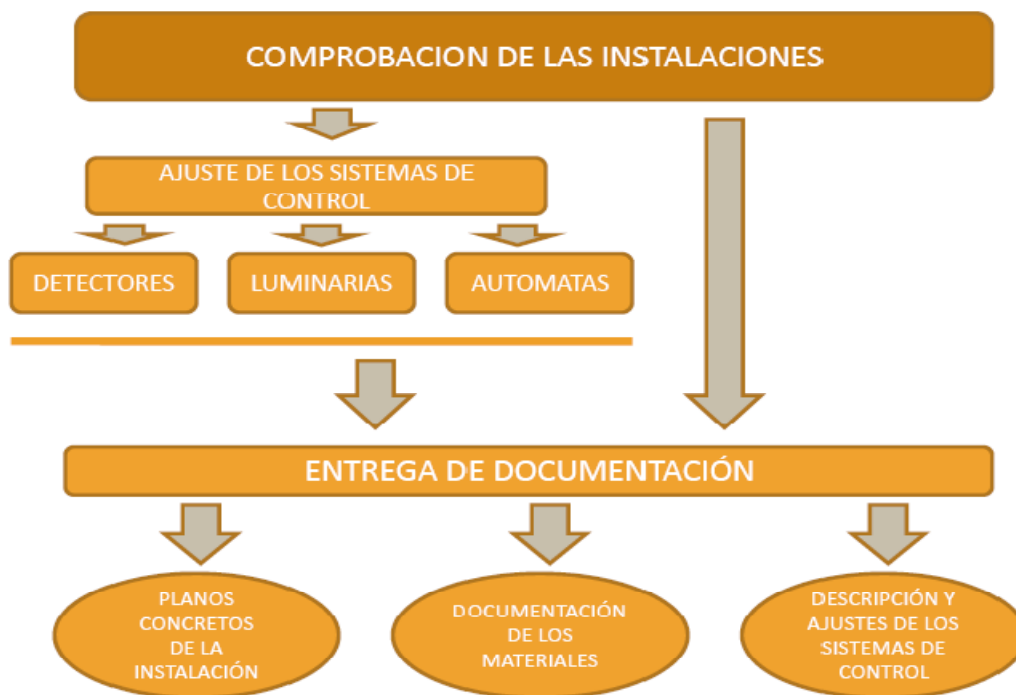


Figura 6: Comprobación de las instalaciones. Fuente: elaboración propia.

### 3.4 Deterioro por envejecimiento de las luminarias, lámparas y equipos.

El envejecimiento de los componentes de un sistema de control de alumbrado que responde a la luz natural esta subdividido en dos partes, la primera es la instalación del

alumbrado como es la lámpara o luminaria, y la segunda es el sistema de control, es decir el detector y controlador.

El componente más variable de la instalación es la lámpara. La vida de la lámpara es el número de horas que se espere que esta dure. El uso de un sistema de control puede influir en la vida de esta negativamente, por el mero hecho del número de encendidos y apagados al que esté sometida, pero sin embargo este tipo de encendido puede ser menor que el manual.

El efecto de envejecimiento de las lámparas puede ser compensado mediante un sistema de control. Debido a la depreciación luminosa esperada de las instalaciones de alumbrado artificial, las instalaciones han de ser sobredimensionadas. Con un sistema de control y regulación del flujo de las lámparas, se reduce su flujo luminoso al comienzo, compensando así la potencia adicional instalada, y gradualmente se regulará su flujo luminoso total según se vayan depreciando con el tiempo. Con esta característica de “luxes constantes” se ahorrará energía.

Además del envejecimiento de los componentes, la instalación también puede verse influida por el envejecimiento y degradación de los detectores. Poco se sabe acerca del envejecimiento de los detectores, pero pueden extraerse algunas conclusiones:

Ciertos tipos de resistencias fotosensibles se degradan con el tiempo y en algunos casos se han registrado desviaciones de hasta el 50%. Las empleadas en los sistemas actuales se regeneran automáticamente. Esto requiere una cantidad de luz suficiente, por lo que en ambientes muy oscuros pueden presentarse algunos problemas con el tiempo.

Algunos problemas pueden ser causados por la degradación de ciertos tipos de plástico usado en los cierres de las células. Los fotodiodos son muy conocidos por ser muy estables en el tiempo.

En cuanto a la electrónica que controla las lámparas, generalmente su duración es mucho mayor que la de las propias fuentes de luz.

## **5 Programa de mantenimiento.**

Los niveles de iluminación en cualquier instalación siempre experimentan una reducción progresiva como consecuencia de la depreciación de los componentes; esto es

el envejecimiento de lámparas, equipos auxiliares y luminarias y además, por la acumulación de polvo y suciedad en las superficies de local. Este efecto se compensa de dos maneras, aumentando el nivel inicial e implementando un programa de mantenimiento adecuado (AEM, 2010).

Para elaborar el plan de mantenimiento hay que hacer un análisis de costos que permita determinar la frecuencia óptima de realización de las distintas operaciones /Cárcel, 2014a, 2014b) y la eficiencia de la instalación:

- Limpieza de luminarias.
- Mantenimiento del local.
- Reemplazo de luminarias.
- Equipos auxiliares y componentes electrónicos.
- Ajustes del sistema de control y regulación.
- Re-enfoque de luminarias, etc.

Un aspecto muy importante del programa de mantenimiento es la definición de la estrategia para el reemplazo de lámparas. Esta puede ser: por grupos, individual o una combinación de ambas. En el primer caso todas las lámparas de la instalación o de un sector se recambian simultáneamente en un momento a definir y que se conoce como vida económica; mientras que en el segundo, se sustituyen a medida que las fuentes fallan. La decisión sobre cual estrategia conviene aplicar surge de una análisis económico-técnico-operativo, por ejemplo, el reemplazo por grupos puede ser el más económico, pero debido a exigencias del servicio de iluminación, de seguridad, estéticas, etc. Hay que recurrir a una estrategia combinada.

El mantenimiento es un factor de suma importancia para el objetivo de una iluminación eficiente y su problemática debe formar parte del proyecto de iluminación, es decir, comenzar a resolverse durante el diseño (UNE, 2006), por ejemplo, seleccionando equipos adecuados para las condiciones físicas y ambientales del local, simples de manipular para las operaciones de mantenimiento (desarmado, limpieza, reemplazo de componentes, etc.) y en lo posible, prever su emplazamiento en lugares que sea fáciles de acceder y trabajar.

## 6 Conclusiones.

El mantenimiento de las instalaciones de iluminación interior en los edificios es vital para conseguir unas adecuadas condiciones de confort y productividad. Existen factores que afectan sustancialmente en el nivel lumínico que es preciso controlar en el plan de mantenimiento adecuado. Una mejora en el mantenimiento de estas instalaciones afecta de manera sustancial en la eficiencia energética del edificio. Un aspecto fundamental del programa de mantenimiento es la definición de la estrategia para el reemplazo de lámparas.

## 7 Referencias.

- AEM, (2010). Asociación española de mantenimiento;. "Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España". AEM, 2010.
- Cárcel-Carrasco J, Roldan-Porta c, Grau-Carrion J. (2014a). "La sinergia entre el diseño de planta industrial y mantenimiento-explotación eficiente. un ejemplo de éxito: El caso Martínez Oriente S.A. " Dyna. marzo 2014. vol. 89-2 p.159-164. doi: <http://dx.doi.org/10.6036/5856>.
- Cárcel Carrasco, Francisco Javier. (2014b). Fiabilidad en explotación, mantenimiento y eficiencia energética en plantas industriales: investigación sobre su relación táctica. Ed. 3Ciencias. 2014. <http://www.3ciencias.com/libros/libro/fiabilidad-en-explotacion-mantenimiento-y-eficiencia-energetica-en-plantas-industriales-investigacion-sobre-su-relacion-tactica/>.
- Cárcel, F.J; Roldán, C. (2013). Principios básicos de la Gestión del Conocimiento y su aplicación a la empresa industrial en sus actividades tácticas de mantenimiento y explotación operativa: Un estudio cualitativo. Intangible capital. 9 (1):91-125. <http://dx.doi.org/10.3926/ic.341>.
- INDAL Ed. Indal .Manual de iluminación. 2010. Madrid.
- UNE-EN 60706-2, (2006). Requisitos y estudios de mantenibilidad durante la fase de diseño y desarrollo. Aenor, Mayo 2009.

**F. J. Cárcel-Carrasco**, Doctor Ingeniero Industrial por la Universitat Politècnica de València (España) , así como Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales por la UNED (España). Es Ingeniero Industrial por la Universitat politècnica de València, Ingeniero en Electrónica por la Universidad de Valencia y Licenciado en Ingeniería mecánica y energética por la Universidad de Paris (Francia). Ha desarrollado su experiencia profesional en el sector industrial durante más de 25 años en diversas empresas industriales y de servicios. En la actualidad es profesor doctor en docencia e investigación, de la Universitat Politècnica de València. Email: [fracarcl@csa.upv.es](mailto:fracarcl@csa.upv.es)

