

Metodología para auditar las instalaciones existentes de alumbrado público y conocer su potencial de ahorro, protección del medio ambiente y condiciones de seguridad

■ ■ ■ ■
Carlos de la Fuente-Borreguero,
Esther Guervós-Sánchez
Universidad Alfonso X el Sabio (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7685>

Son muchas las Administraciones Públicas, fundamentalmente municipales, que acometen la renovación de sus instalaciones de alumbrado público para hacerlas más eficientes energéticamente. En este trabajo se plantea una metodología que permita a los actores implicados (titulares de instalaciones, empresas de mantenimiento, empresas de servicios energéticos, etc.) conocer, para cualquier instalación existente de alumbrado público, su potencial de ahorro energético, de protección del medio ambiente y las condiciones de seguridad; identificando los factores sobre los que actuar para realizar todas las propuestas de renovación posibles y optar, en cada caso, por la más conveniente, dependiendo del coste de la inversión, del periodo de retorno, duración prevista de la concesión, etc.

Se comienza con una revisión de las metodologías existentes y sus carencias. A continuación se propone una metodología que permita conseguir el objetivo propuesto, integrada por auditoría, análisis de la información obtenida, cálculo del consumo energético y emisiones de CO₂. Seguidamente se exponen propuestas que mejoran la eficiencia energética y protegen el medio ambiente, y por último las conclusiones.

1. REVISIÓN DE LAS METODOLOGÍAS EXISTENTES

En la búsqueda de metodologías publicadas por organismos nacionales e internacionales, orientadas a determinar el

potencial de ahorro energético, protección del medio ambiente y condiciones de seguridad de las instalaciones existentes de alumbrado público, han sido escasos los trabajos encontrados [1-3]. Sus objetivos son de menor alcance que el aquí planteado, limitándose a realizar auditorías energéticas. Además no se pueden considerar metodologías de cálculo, pues presentan carencias de información sobre aspectos relevantes, tales como:

- Mediciones lumínicas: métodos empleados y valores medidos.
- Geometría de las vías auditadas.
- Factores de mantenimiento (fm).
- Comparación de los valores lumínicos medidos con los correspondientes del REEIAE [4].
- Análisis de la información obtenida.
- Propuestas de renovación, cálculo de los ahorros energéticos y económicos y costes de implantación.

Se han encontrado artículos relativos a eficiencia energética en iluminación y una Tesis Doctoral [5] que propone un indicador para comparar las instalaciones de alumbrado público y tomar decisiones. Pero en ningún caso establecen una metodología para conocer el potencial de ahorro de todas las instalaciones existentes de alumbrado público.

Se han consultado y analizado los pliegos de condiciones de numerosos concursos convocados por distintas Administraciones Públicas, cuyo objeto es acometer actuaciones de renovación del alumbrado público para mejora de la eficiencia energética. Incorporan información de las instalaciones a renovar (inventarios, auditorías energéticas, requisitos de las propuestas, etc.), cuya exclusiva finalidad es servir para que las empresas licitantes realicen las ofertas. Por ello no pueden servir como modelo para calcular los ahorros energéticos de una instalación

cualquiera de alumbrado público. Además presentan numerosas deficiencias, tales como:

- Planos e inventarios no actualizados o inexistentes.
- No informan sobre las condiciones de seguridad de las instalaciones.
- Auditorías energéticas incompletas porque no clasifican las vías, no asignan las clases de alumbrado según REEIAE (dejando esta importante tarea en manos de las empresas licitantes, propiciando que gane el concurso la que asigne menores niveles de iluminación), no aportan mediciones luminotécnicas, etc.
- Propuestas de renovación: no las aportan o son incompletas.

Existen programas de empresas de ingeniería y auditoras energéticas, integrados en la documentación técnica de los concursos, con importantes carencias de información y cuyo único objetivo es conocer el potencial de ahorro de las instalaciones en licitación.

En la búsqueda realizada se han localizado más de 100 guías sobre eficiencia energética [6] de las que solo una está relacionada con el alumbrado público [7].

Por todo ello se concluye que no existe, al menos publicada, una metodología que consiga el objetivo planteado.

2. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA AUDITAR LAS INSTALACIONES EXISTENTES DE ALUMBRADO PÚBLICO

2.1. AUDITORÍA

Para conseguir el objetivo planteado se requiere una completa auditoría, que debe incluir:

- **Planos** del área auditada
- **Inventario** que contiene:
 - Centros de Mando (CM) y principales características: situación, envolvente, circuitos, potencia, aparamenta, tensión de suministro, tarifa contratada, sistema de accionamiento, sistema de regulación de flujo y curva programada (porcentaje de reducción de flujo y horario de funcionamiento), fotografías, etc.

- Puntos de luz, clasificados por CM y vías. Comprende:
 - Circuito al que pertenecen, tipo de instalación, sección de conductores y aislamientos.
 - Nombre de la vía.
 - Modelo y tipo de soporte, altura, interdistancias, disposición, longitud e inclinación del brazo, estado de conservación y fotografías.
 - Modelo y tipo de luminaria, altura de instalación, equipo de encendido, estado de conservación y fotografías.
 - Modelo y características de las lámparas y diodos LED.
- **Verificación de las condiciones de seguridad** que incluye:
 - *Certificados de Inspección por Organismo de Control (OCA)*, que aporta el titular, para comprobar si se han realizado las verificaciones e inspecciones periódicas exigidas por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), en la ITC-BT-05.
 - *Auditoría para verificar las condiciones de seguridad de la instalación* e identificar todos los incumplimientos del REBT y demás reglamentos de aplicación. Se verifican e inspeccionan las acometidas, CM y componentes de la instalación (canalizaciones, conductores, soportes y luminarias). Incluye información sobre su estado, medidas de resistencia de puesta a tierra, tensiones de contacto y circuitos (tensión, intensidad, aislamiento y $\cos \phi$).
- **Auditoría energética** que comprende:
 - *Clasificación de las vías según el REEIAE*, que requiere:
 - Identificación de la vía.
 - Velocidad de circulación.
 - Intensidad media de tráfico diario (IMD).
 - Zona de protección contra la contaminación lumínica.
 - *Tablas con la clasificación de las vías y tipo de alumbrado asignado*, ordenadas alfabéticamente y por CM.
 - *Características de los componentes*: se obtienen del inventario si existe, sino se realiza el trabajo de campo.
 - *Mediciones luminotécnicas*, aportando:

- Identificación del área auditada.
- Identificación de la retícula de referencia si se realizan según REEIAE, ITC-07. De emplear otro método, por ejemplo vehículos que incorporan luxómetros o luminancímetros, se identifica el método y puntos de medida.
- Geometría de la vía: ancho de aceras, calzadas y medianas. Conviene incorporar fotografías representativas de las secciones tipo.
- Información indicada en Inventario sobre CM, soportes, luminarias, lámparas y diodos LED.
- Influencia en las mediciones causada por luz intrusa, vegetación y puntos negros.
- Última limpieza de luminarias y última reposición de lámparas.
- Valores medidos a tensión nominal (ITC-EA-07).
- Cálculo de: fm; valores lumínicos medio, mínimo y máximo; valores de uniformidad media y extrema.
- Cálculo de la eficiencia energética, eficiencia de referencia, índice de referencia, índice de consumo energético y clasificación energética.
- *Tablas comparativas de los valores luminotécnicos y factores de uniformidad* del REEIAE con las mediciones de campo, ordenados por nombres de vías y CM, para conocer las vías con *nivel deficiente, óptimo y excesivo*.
- *Análisis de la información obtenida* para conocer la situación existente e identificar los factores sobre los que actuar. Comprende:
 - Luminarias.
 - Lámparas y diodos LED
 - Equipos auxiliares.
 - Sistemas de accionamiento.
 - Sistemas de regulación de flujo y curvas programadas.
 - Mantenimiento de la instalación.
 - Clasificación de las vías y selección de los tipos de alumbrado.
 - Comparación de los niveles de iluminación del REEIAE con las mediciones de campo.
- *Consumo energético y emisiones de CO₂* de cada CM y total de la instalación.
- *Análisis del resplandor luminoso nocturno*.

- **Propuestas para mejora de la eficiencia energética**, incluyendo cálculos energéticos y económicos

- **Cuadro resumen comparativo de las propuestas realizadas.**

2.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

Se analiza y evalúa la información obtenida para conocer la situación actual e identificar los factores sobre los que actuar, conocer las posibilidades de mejora de la eficiencia energética, de protección del medio ambiente y cumplimiento de los requisitos de seguridad. Comprende:

• Luminarias

Son las responsables del control y distribución de la luz emitida por las lámparas o diodos LED. Los principales factores a analizar son:

- Rendimiento
- Flujo hemisférico superior instalado (FHSinst)
- Distribución fotométrica (adecuación a las necesidades de la vía)
- Protección frente a la entrada de cuerpos extraños: Código IP
- Resistencia frente a impactos mecánicos: Código IK
- Grado de aislamiento o protección eléctrica: Clase
- Características de los materiales (idoneidad para resistir las condiciones ambientales)
- Estado de conservación y seguridad.

La información se presenta en forma de tabla, base de datos o cualquier otro formato que permita realizar un completo y riguroso análisis, identificando las que se propondrá sustituir por ser las menos eficientes o tener rendimientos inferiores a los exigidos por el REEIAE en la ITC-EA-04, tener un FHSinst superior al establecido en la ITC-EA-04 o ser inadecuadas por su distribución fotométrica, características constructivas o estado de conservación.

• Lámparas y diodos LED

Las lámparas y diodos LED transforman una parte de la energía eléctrica que consumen en radiación electromagnética y otra en calor, aunque no toda la radiación está dentro del espectro visible. Los factores a analizar son:

- Eficiencia luminosa (lm/W)
- Temperatura de color (Tc)
- Rendimiento cromático (Ra)
- Flujo luminoso
- Factor de depreciación del flujo luminoso
- Factor de supervivencia o vida útil.

La información se presenta también en forma de tabla, base de datos o cualquier otro formato para su análisis y valoración,

aportando criterios para proponer su sustitución. Serán objeto preferente de sustitución las poco eficientes, por presentar rendimientos inferiores a los exigidos por el REEIAE en la ITC-EA-04, y las que presenten temperaturas de color o rendimientos cromáticos inadecuados.

• Equipos auxiliares

Las reactancias o balastos limitan la corriente que circula por las lámparas de descarga a los valores requeridos para realizar su encendido y garantizar su correcto funcionamiento, pueden mejorar el rendimiento de la instalación al reducir los consumos de energía y contribuir a que las lámparas trabajen de forma óptima, aumentando su vida. Los diodos LED para funcionar requieren fuentes de alimentación, constituidas principalmente por componentes electrónicos.

Los factores a analizar son:

- Balastos: tipo (electromagnéticos, de doble nivel y electrónicos), factor de potencia y consumo.
- Fuentes de alimentación: temperatura de funcionamiento, rango de temperatura ambiente y consumo.

Conocidos los tipos y características se establecen los criterios para su sustitución, priorizando sustituir los de mayores consumos, bajos factores de potencia o inadecuados rangos de temperatura.

• Sistemas de accionamiento

Realizan el encendido de la instalación en el ocaso solar y el apagado en el orto. Su desajuste, cuando implica aumento de los tiempos de funcionamiento, supone un consumo innecesario de energía. Los principales son:

- Interruptores crepusculares o células fotoeléctricas
- Interruptores horarios astronómicos
- Centralizado mediante telecontrol.

El REEIAE, en la ITC-EA-04, exige que las instalaciones de alumbrado exterior, de potencia superior a 5 kW, incorporen un accionamiento mediante reloj astronómico o centralizado.

La auditoría aporta información sobre los sistemas de accionamiento de cada CM, proponiendo la sustitución de los menos precisos, que son aquellos en los que el alumbrado funciona más tiempo del necesario, tomando como referencia la Tabla de Salidas y Puestas del Sol en las Capitales de Provincia, publicada por el Ministerio de Fomento [8], pudiendo corregir las horas de encendidos y apaga-

dos (normalmente retraso de encendidos y adelanto de apagados).

• Regulación de los niveles luminosos

En todas las vías, durante las horas nocturnas de menor actividad (menor tráfico de vehículos y peatones), se puede reducir los niveles luminosos, manteniendo los factores de uniformidad, garantizando la seguridad y confort de los usuarios y cumpliendo con la reglamentación en vigor. El REEIAE, en la ITC-EA-02, exige que las instalaciones de alumbrado, con potencia instalada superior a 5 kW, a ciertas horas de la noche reduzcan el nivel de iluminación, salvo que razones de seguridad lo desaconsejen. Los principales sistemas son:

- Balastos de doble nivel
- Equipos reguladores de flujo-estabilizadores de tensión
- Balastos electrónicos de potencia regulable
- Fuentes de alimentación.

Los balastos electrónicos de potencia regulable y las fuentes de alimentación permiten una regulación flexible de la potencia y el flujo que emite las lámparas o diodos LED, es decir, los flujos y las potencias varían según las curvas de regulación. Pueden funcionar de forma autónoma o combinarse con reguladores de flujo, sistemas de telecontrol punto a punto o con hilo de mando. Estos dos últimos sistemas permiten monitorizar, medir y actuar individualmente sobre cada punto de luz, realizando el encendido o apagado y regulando el flujo, lo que conlleva ahorros energéticos, reducción de costes de mantenimiento y mayor fiabilidad.

La auditoría informa de los sistemas de regulación de flujo de cada CM o punto de luz y su curva de regulación, identificando los que aún presentan margen de ahorro para proponer su sustitución o modificar sus curvas de regulación.

• Clasificación de las vías y selección de los tipos de alumbrado

Uno de los factores que más influye en la eficiencia energética de las instalaciones de alumbrado público es la adecuación de los niveles luminosos a las necesidades de las vías. A igualdad de condiciones, el consumo energético es proporcional al nivel de iluminación. Una instalación mal dimensionada nunca será eficiente: niveles elevados suponen un gasto innecesario de energía y demasiado bajos no pueden considerarse eficientes sino dotan a las vías de niveles adecuados para facilitar su uso con seguridad y confort.

El REEIAE, en la ITC-EA-02, establece los niveles de iluminación de las vías. El criterio principal de clasificación es la velocidad de circulación. Una vez clasificadas se establecen subgrupos, dependiendo del tipo y la intensidad media de tráfico diario (IMD), se establecen las situaciones de proyecto y se determinan las clases de alumbrado, pudiendo elegir entre varias para una misma vía. A cada clase de alumbrado le corresponden unos determinados niveles de iluminación y factores de uniformidad. Este reglamento no permite que los niveles máximos de luminancia o iluminancia media superen en más de un 20% los niveles medios de referencia.

• Comparación de los niveles de iluminación del REEIAE con los obtenidos en las mediciones de campo

Se compara los niveles de iluminación asignados, según la clasificación realizada, con los obtenidos en las mediciones de campo, estableciendo unos valores de tolerancia. Proponemos el siguiente criterio (ITC-EA-02 y UNE-EN 13201):

- Nivel medio por debajo del de referencia → *Nivel deficiente*
- Nivel medio entre nivel de referencia y nivel de referencia + 20% → *Nivel óptimo*
- Nivel medio por encima del de referencia + 20% → *Nivel excesivo*

Toda la información correspondiente a cada vía: mediciones de campo (iluminancias o luminancias máximas, medias y mínimas y factores de uniformidad), clasificación según REEIAE y resultado comparativo entre niveles de iluminación asignados con mediciones de campo se presenta en forma de tabla, base de datos o cualquier otro formato para su análisis y valoración. Este procedimiento permite identificar fácilmente las vías con nivel excesivo, óptimo y deficiente, de gran utilidad para realizar las distintas propuestas para mejorar la eficiencia energética.

2.3. CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO₂

Para conocer el potencial de ahorro energético y protección del medio ambiente es necesario conocer el consumo anual de energía de cada CM y total de la instalación, coste económico y emisiones de CO₂, que se presentan en forma de tablas, base de datos o cualquier otro formato que permita su análisis y valoración. Se pueden conocer los consumos reales de cada CM por facturas de la compañía comercializadora o registros de lecturas de contadores; si no se conocen se calculan como se indica en este apartado.

Para calcular la cantidad del gas de efecto invernadero CO₂ emitido a la atmósfera se propone la tasa de emisiones para España, que anualmente elabora el IDAE y que denomina Factores de conversión energía final-energía primaria [9].

El cálculo del consumo anual de energía de los CM con lámparas de descarga, que no tienen reguladores de flujo, se realiza con la expresión:

$$C_{ae} = H \cdot P_t \cdot F^2$$

Donde:

- C_{ae} = Consumo anual de energía
- H = Número anual de horas de funcionamiento.
- P_t = Potencia total de lámparas y equipos auxiliares.
- F = Factor de sobretensión medio.

Según cálculos realizados en instalaciones con equipos electromagnéticos el aumento sobre la potencia nominal correspondiente a éstos es del orden de un 14 ó 15 % [10].

Para calcular F es necesario medir la tensión de alimentación de los CM en horas nocturnas. Este cálculo es aproximado, pues la tensión de alimentación varía de un día a otro y en una misma noche varía con las horas. Su influencia en el consumo total de energía es pequeña, pues no afecta a CM con estabilizadores de tensión, a puntos de luz con reactancias electrónicas o fuentes de alimentación y porque las sobretensiones en la red no son elevadas. Según cálculos realizados el porcentaje de sobretensión es inferior al 1% [10].

El cálculo del consumo anual de energía de los CM con lámparas de descarga y reguladores de flujo se realiza con las expresiones:

Si funciona a tensión nominal o plena:

$$C_{ae} = \frac{H_{ia} \cdot P_t}{\eta}$$

Donde:

- H_{ia} = Número anual de horas funcionando a tensión nominal.
- η = Rendimiento del equipo estabilizador-reductor de flujo (estándar del 97%).

Si funciona a tensión de ahorro:

$$C_{ae} = \frac{H_{ia1} \cdot P_t}{\eta} \cdot \left(\frac{V_{ahorro1}}{V_{nom}} \right)^2 + \frac{H_{ia2} \cdot P_t}{\eta} \cdot \left(\frac{V_{ahorro2}}{V_{nom}} \right)^2$$

Donde:

- H_{ia1} = Número anual de horas funcio-

nando a tensión de ahorro-1.

$$H_{ia2} = \text{Número anual de horas funcionando a tensión de ahorro-2.}$$

Los ahorros de energía dependen de las tensiones de ahorro programadas, de las franjas horarias y del tipo de lámparas, pues determinan la tensión mínima de salida del regulador [10].

En los CM con puntos de luz alimentados con balastos electrónicos regulables o fuentes de alimentación, la potencia de los conjuntos lámpara-balasto y diodo LED-fuente de alimentación se obtienen de las curvas elaboradas por los fabricantes, que relacionan estos valores con los flujos luminosos que emiten. También se consideran los ahorros proporcionados por la función emisión de flujo luminoso constante, que evita la sobreiluminación inicial al compensar la disminución progresiva de flujo con las horas de funcionamiento.

Procediendo según se ha indicado se conocen y comparan los consumos anuales de energía y emisiones de CO₂ de cada CM de las instalaciones existentes con las distintas propuestas de ahorro, considerando todas sus particularidades (potencia instalada, curvas de regulación, etc.)

Aunque no suponen ahorros energéticos se deben revisar los contratos de suministro de cada CM, para verificar si la potencia contratada corresponde con la instalada, ya que si es superior se pueden obtener ahorros económicos en la parte correspondiente al término de potencia. También se debe comprobar si la tarifa contratada es la más adecuada, pues de no serlo se puede ahorrar en el término de energía.

2.4. ANÁLISIS DEL RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO

El REEIAE, en la ITC-EA-03, establece una clasificación de zonas, según tipo de actividad, para proteger contra la contaminación lumínica, limitando las emisiones hacia el cielo y los valores del FHSinst. También limita la luz intrusa o molesta según donde se sitúe la instalación.

Para reducir las emisiones hacia el cielo, directas o reflejadas por las superficies iluminadas, además de ajustarse a los valores de dicha instrucción, la instalación debe cumplir los siguientes requisitos:

- Iluminar solamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado.
- No superar los máximos para los niveles de iluminación, establecidos en la ITC-EA-02.
- Disminuir los niveles luminosos las horas en que desciende sustancial-

mente la intensidad del tráfico y peatones.

- Cumplir los mínimos para los factores de utilización y mantenimiento, establecidos en la ITC-EA-04.

3. PROPUESTAS PARA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, CÁLCULO DE LOS AHORROS Y DEL COSTE DE IMPLANTACIÓN

Una vez identificados los factores sobre los que intervenir se realizan las distintas propuestas de renovación para mejora de la eficiencia energética y protección del medio ambiente de la instalación auditada, incluyendo el cumplimiento de todos los requisitos de seguridad reglamentarios. Las propuestas que planteamos son:

- a. Desmontaje del alumbrado innecesario: instalado en zonas que no requieren iluminación, puntos de luz múltiples en vías de nivel excesivo, etc.
- b. Sustitución de luminarias y lámparas de baja eficiencia o inadecuadas para la instalación.
- c. Disminución de los niveles luminosos y potencia instalada, en vías sobreiluminadas, mediante el cambio de lámparas o diodos LED y equipos, donde sea posible, sin perjuicio de los niveles y uniformidades exigidas.
- d. Instalación de reguladores de flujo para reducir los niveles en horas nocturnas de baja actividad y en vías sobreiluminadas ajustarles desde el encendido.
- e. Sustitución de balastos electromagnéticos por electrónicos regulables para reducción de los niveles luminosos en horas nocturnas de actividad reducida y en vías sobreiluminadas ajustarles desde el encendido.
- f. Instalación de un sistema de telecontrol de CM para tener información de parámetros eléctricos y situaciones que requieren asistencia técnica.
- g. Sustitución de las luminarias por otras equipadas con tecnología LED, ajustando los niveles de las vías a los asignados y regulando el flujo en horas nocturnas de actividad reducida.
- h. Implantación de programas de mantenimiento para mantener la eficiencia energética.

De cada propuesta y CM se calcula la bajada de potencia, consumo anual de

energía y ahorros previstos (en kWh y valor porcentual), reducción de emisiones de CO₂ (en Tm), ahorro económico (en €), coste de implantación de la medida de ahorro (en €), periodo de retorno de la inversión (en años) y relación entre la inversión realizada y ahorro anual obtenido (€/kWh año). Para una mejor exposición, comparación de resultados y ayudar en la toma de decisiones sobre las propuestas a implantar se elabora un cuadro resumen que contenga toda esta información.

4. CONCLUSIONES

La metodología propuesta, validada con un ejemplo en [10], permite conocer de cualquier instalación existente de alumbrado público, particularizando por CM, los consumos anuales de energía, protección del medio ambiente y condiciones de seguridad. También permite conocer de cada propuesta de renovación y mejora los consumos anuales de energía, los ahorros energéticos y económicos, la reducción de emisiones de CO₂ y el coste de implantación, permitiendo optar para cada CM y vías anexadas por la mejor solución, en función del coste de la inversión, del periodo de retorno, de la duración prevista de la

concesión, etc., evitando una solución única para toda la instalación auditada.

PARA SABER MÁS

- [1] Gobierno de Canarias. Consejería de Industria, Comercio y Nuevas Tecnologías. Guía metodológica para la realización de auditorías energéticas en alumbrados públicos municipales de las corporaciones locales de la Comunidad Autónoma de Canarias. Las Palmas de Gran Canaria: Fundación Instituto Tecnológico de Canarias, 2004. Disponible en Web: http://www.gobiernodecanarias.org/energia/doc/guia_auditorias.pdf.
- [2] Generalitat Valenciana. Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial. Metodología AVEN para la elaboración de auditorías energéticas de alumbrado exterior en municipios. Valencia: Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial. Disponible en Web: <http://energia.ivace.es/attachments/article/20/Auditoria%20Energ%C3%83%C2%A9tica%20de%20Alumbrado%20Exterior.pdf>.
- [3] IDAE, CEI. Protocolo de auditoría energética de las instalaciones de alumbrado público exterior. 2008.
- [4] España. Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. Boletín Oficial del Estado, 19 de noviembre de 2008, número 279, p. 45988-46057.
- [5] Guzmán-Sepúlveda R. "Análisis de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público. Indicador PM2". (Tesis Doctoral). Universidad de Málaga, Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos, 2012.
- [6] Glosario de más de 100 guías de eficiencia energética [en línea] Ovacen. Disponible en Web: <http://ovacen.com/guias-eficiencia-energetica/>
- [7] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (Fenercom). Guía de Gestión Energética en Alumbrado Público. Madrid, 2006. Disponible en Web: <http://www.fenercom.com/pages/publicaciones/publicacion.php?id=63>
- [8] Ministerio de Fomento. "Salidas y Puestas del Sol en las Capitales de Provincia en 2013". Disponible en Internet: http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/INSTITUTO_GEOGRAFICO/Astronomia/publico/efemerides/sol-2013.htm.
- [9] IDAE. "Factores de conversión energía final-energía primaria año 2013". Disponible en Internet: <http://www.idae.es/index.php/idpag.481/recategoria.1368/remenu.363/mod.pags/mem.detalle>.
- [10] de la Fuente-Borreguero C. "Estudio sobre la mejora de la eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público existentes en un núcleo urbano de la comunidad de Madrid". (Tesis Doctoral). Universidad Alfonso X el Sabio, Escuela Politécnica Superior, 2014.

DYNA

Ingeniería e Industria

Suscríbete a Revista Dyna

Revista técnico científica de ingeniería multidisciplinar desde 1926

Los mejores artículos en español para investigadores y profesionales de la ingeniería. Mantente actualizado y conoce el estado del arte en ingeniería.

PROMOCIÓN PARA ESTUDIANTES:

La suscripción a DYNA impresa incluye la suscripción digital a DYNA y a otras 3 revistas especializadas:

- DYNA Energía y Sostenibilidad (DYNAES)
- DYNA Management (DYNAMN)
- DYNA Nuevas Tecnologías (DYNANT)

Suscripción Impresa + 4 revistas digitales 37,00 €/año

Para acogerse a esta promoción escribanos a dyna@revistadyna.com

