



¿Cómo ahorrar en el alumbrado público de pequeños municipios rurales de España y mejorar su eficiencia energética?

Autor: Miguel Angel Sánchez Hidalgo

Institución: Universidad Alfonso X El Sabio

Otros autores: Esther Guervós Sánchez (Universidad Alfonso X El Sabio)

Resumen

La eficiencia y el ahorro energéticos constituyen objetivos prioritarios para cualquier economía, y pueden conseguirse sin afectar al dinamismo de su actividad, ya que mejoran la competitividad de sus procesos productivos y reducen tanto las emisiones de gases de efecto invernadero como la factura energética. El uso irracional de la energía y la contaminación lumínica suponen un impacto negativo sobre el medio ambiente, por lo que se hace imperativo evitarlos en la medida de lo posible. La Unión Europea se ha fijado el ambicioso objetivo de incrementar la eficiencia energética en un 20% para el año 2020.

El gasto en alumbrado público en España, por habitante y año, es el mayor de la Unión Europea. En las grandes ciudades españolas, el consumo en iluminación es una parte importante del consumo eléctrico total, por lo que las ciudades pueden desempeñar un papel significativo en la reducción de la huella de carbono mediante el despliegue a pequeña escala de soluciones de iluminación.

Pero sin lugar a dudas uno de los puntos más sensibles de esta situación en España se centra en los municipios rurales con baja población. En donde los recursos económicos escasean y el gasto en iluminación representa una importante cuantía económica del presupuesto anual del consistorio. En estos pequeños municipios, el alumbrado público representa por lo general el consumo eléctrico más importante en el que incurren sus ayuntamientos. Esto se debe a que el consumo energético respecto al número de habitantes es mayor en estos pequeños municipios que en las ciudades, porque se instalan más puntos de luz de baja altura y de menor potencia. Se estima que para aquellos municipios rurales que no cuentan con las medidas de ahorro y eficiencia energética existentes en el mercado, el potencial de ahorro se podría situar en más del 65% del consumo actual. Lo cual supone una importante posibilidad de ahorro energético y económico.

A través de esta propuesta de comunicación, para el Congreso Nacional del Medio Ambiente 2014, se pone de relieve el gran potencial de ahorro que tienen las instalaciones de alumbrado público de pequeños municipios rurales de España y se estudian sus particularidades mediante la exposición de casos reales.

Palabras clave: alumbrado público; municipios rurales; eficiencia energética; ahorro

ABSTRACT:

Efficiency and energy savings are priority targets for any economy, and can be achieved without affecting the dynamism of its activity, and enhancing the competitiveness of their production processes and thus reduce emissions of greenhouse gases and the energy bill. Irrational use of energy and light pollution pose a negative impact on the environment, so, given the scarcity of natural resources, it is imperative to avoid them, insofar as possible (RD 1890/2008).

It highlights the great potential savings have public lighting facilities in Spain, focusing on small towns in the province of Ávila , studying its characteristics by exposing these actual cases.

KEY-WORDS: Lighting, energy, efficiency, rural sustainability, social development.

SUMARIO: 1. Introducción 2. Potencial de ahorro en sistemas de alumbrado público 3. Encuesta de alumbrado público en la provincia de Ávila 4. Objetivos 5. Resultados obtenidos. 6. Propuestas de actuación 7. Conclusiones 8. Referencias.

SUMMARY: 1. Introduction 2. Potential savings in public lighting systems 3. Survey of public lighting in the province of Ávila 4. Objectives 5 . Results . 6. Proposals for action 7. Conclusion 8. References

1.- Introducción

La Unión Europea se ha fijado el ambicioso objetivo de incrementar la eficiencia energética en un 20% para el año 2020 (1). En las grandes ciudades, como por ejemplo Madrid, el consumo en iluminación representa aproximadamente el 17% del consumo eléctrico de las ciudades y municipios (2). Por tanto, las ciudades europeas pueden desempeñar un papel de gran importancia en la reducción de la huella de carbono mediante el despliegue a pequeña escala de soluciones de iluminación.

El gasto en alumbrado público en España, por habitante y año, es el mayor de la Unión Europea. Situándose en cifras de 118-114 kWh por ciudadano, frente a los 90-97 de Francia o los 48-43 de Alemania (3).

El alumbrado público representa el consumo eléctrico más importante en el que incurren los ayuntamientos de pequeños municipios. Se estima que para aquellos municipios que no cuentan con las medidas de ahorro y eficiencia energética existentes en el mercado, el potencial de ahorro se podría situar en más del 60% del consumo actual, tal y como se detalla en el apartado 6 del presente artículo, lo cual supone una importante posibilidad de ahorro energético y económico.

Sin lugar a dudas uno de los puntos más sensibles de esta situación se centra en aquellos pequeños municipios rurales, en los que los recursos económicos escasean y en donde el gasto en iluminación representa una importante cuantía económica del presupuesto anual del consistorio.

Tampoco podemos olvidar que, gracias a las posibles medidas correctivas, nace un nuevo yacimiento de empleo, a través de la adjudicación de dichas mejoras a empresas de la zona, fomentando el espíritu emprendedor en materia de eficiencia energética.

2.- Potencial de ahorro en sistemas de alumbrado público

Las instalaciones de alumbrado público exterior se caracterizan por tener un gran potencial de mejora y de ahorro tanto económico como energético. Dicho potencial de mejora está motivado principalmente por tres avances:

2.1.- Avances tecnológicos

El desarrollo de sistemas de alumbrado eficiente es toda una realidad. Sin lugar a dudas la tecnología LED, se ha convertido en todo un referente de sistemas de eficiencia energética, respaldada por una gran industria de I+d+i, que han permitido pasar de 80 lm/w a cifras cercanas a los 180 lm/w, en un corto periodo de tiempo. La tecnología LED permite obtener grandes beneficios en el alumbrado público y se sitúa en el principal aliado para la renovación tecnológica hacia la eficiencia energética.

Se pueden destacar 5 puntos clave en la iluminación mediante LED:

- Se consiguen ahorros superiores al 70%, respecto a los sistemas tradicionales de alumbrado. Reduciendo las emisiones de CO₂ a la atmosfera.
- Reducción de la contaminación lumínica y del resplandor luminoso nocturno. Gracias a la gran direccionalidad que poseen los LED, se ilumina únicamente el plano de la calzada, evitando alumbrar zonas no deseadas y evitando que la luz escape al hemisferio superior, lo cual se encuentra limitado por el RD 1890/2008 mediante la ITC-EA-03 (4). Las lámparas convencionales, como puede ser las de vapor de sodio instaladas en un farol tipo villa, emiten a la atmosfera más del 40% de su flujo luminoso. En cambio, la tecnología LED consigue concentrar más del 80% de su emisión luminosa en el plano horizontal.
- Se incrementa tanto la seguridad peatonal y vial, gracias a una mejor identificación cromática y uniformidad en el alumbrado, eliminando deslumbramientos.
- Gracias a un encendido instantáneo se elimina la necesidad de un tiempo de espera, hasta que la iluminación alcanza el nivel máximo.
- Se incrementa la innovación tecnológica, situando al municipio a la vanguardia de la eficiencia energética y posibilitando actuaciones posteriores que permitan la utilización de sistemas inteligentes de control y gestión, potenciando aún más si cabe el ahorro energético.

2.2.- Avances legislativos

Con fecha 1 de Abril de 2009, entraba en vigor el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior (RD 1890/2008) (4). El cual establece las condiciones técnicas que deben reunir dichas instalaciones, con la finalidad de mejorar la eficiencia energética, reducir las contaminaciones atmosféricas, tanto de emisiones de CO₂ como de emisiones lumínicas.

Si bien es cierto que, que dicho reglamento, contempla diferentes tecnologías de lámparas, pero no así el LED. Lo cual no significa que dichos equipos no puedan ser instalados, sino que a fecha de la publicación del reglamento, aun se encontraba esta tecnología en sus primeras fases de desarrollo. La tecnología a implementar, indiferentemente de cuál sea su origen, podrá ser instalada siempre y cuando se cumpla con la normativa y niveles de calidad exigidos.

2.3.- Avances en la contratación

Sin lugar a dudas la posibilidad de contratación, por parte de las administraciones públicas, empresas de servicios energéticos (ESE), supone un hito en el sistema de gestión y mejora del alumbrado público. Dichos modelos de empresas tienen como objetivo final el ahorrar energía, lo que deriva en un ahorro tanto económico como de emisiones de CO₂. Su actividad se centra en el diseño y puesta en marcha de proyectos que garanticen una gestión eficiente de la energía, comprometiéndose económicamente con los resultados. Financiando los proyectos con los ahorros generados. El principal

atractivo para la administración, es la ausencia de un desembolso inicial, lo cual hace que este tipo de instalaciones puedan ser acometidas por los organismos públicos, resultando inviable en muchos casos, si no es por el servicio de este tipo de empresas.

El contrato de servicios energéticos, puede y debe contener una integración de las principales prestaciones en materia de alumbrado público, como es, la gestión energética, el mantenimiento, la garantía total, las obras de mejora y renovación de las instalaciones e inversiones en el alumbrado ornamental.

Las mejoras a realizar en el alumbrado público, tienen un denominador común, que es la reducción de la potencia instalada en sus equipos. El estudio previo pormenorizado de las instalaciones, llevando a cabo las correspondientes auditorías energéticas, nos indican las actuaciones en materia de eficiencia energética y seguridad que son necesarias acometer.

3.- Encuesta del alumbrado público en la provincia de Ávila

Durante los años 2005, 2008 y 2010, Diputación de Ávila, publicó las encuestas de infraestructuras y equipamientos locales, de los municipios de la provincia de Ávila.

En dichas encuestas se recogen, entre otros datos, aspectos relativos al sistema de alumbrado público, desglosando por municipios, valores de potencia instalada, número de puntos de luz, calidad del alumbrado (clasificándolo de manera subjetiva como bueno, malo o regular) e indicando si se dispone o no de sistemas de ahorro energético, ya bien sea, mediante reductor de flujo en cada una de las luminarias o bien actuando en cabecera.

Si bien es cierto, que desde la última encuesta publicada en 2010, no se dispone de información más actualizada sobre el sistema de alumbrado público de la provincia de Ávila.

A continuación reflejamos estas encuestas, para los municipios pertenecientes al Consorcio Sierra de Ávila - La Moraña. Consorcio de municipios, del cual forman parte los ayuntamientos estudiados en el presente artículo.

3.1.- Análisis encuestas Diputación de Ávila

Las encuestas de Diputación de Ávila, a cerca del alumbrado público, muestran como a la largo de los años, se ha incrementado el número de municipios que cuentan con elementos de ahorro energético. En cambio la calidad del alumbrado no ha ido evolucionando en gran medida hacia al óptimo deseado.

Así pues la evolución en los últimos años, del sistema de alumbrado público de los municipios que forman parte del Consorcio Sierra de Ávila La Moraña, ha sido la mostrada en la Figura 1.

Observándose en la Figura 1, como se ha mantenido prácticamente constante el número de puntos de luz y potencia instalada. El ratio de potencia por punto de luz, se ha incrementado muy ligeramente llegando a 117,68 W/PL

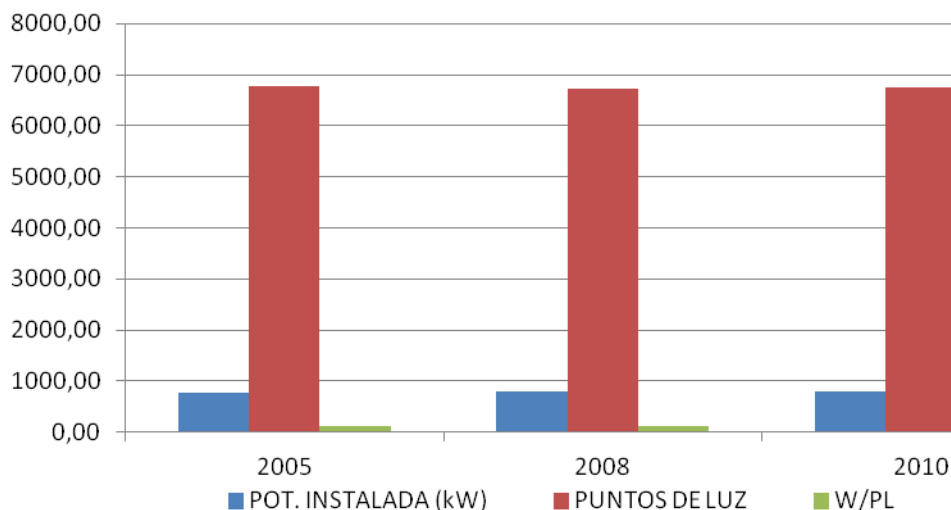


Figura 1. Evolución dotación alumbrado Consorcio Sierra de Ávila. Fuente: Diputación de Ávila.

La última encuesta publicada que recoge datos referentes al alumbrado público y que incluye todos los municipios de la provincia de Ávila data del año 2008. Cuyos resultados se muestran en la Tabla.1.

AÑO	POT. INSTALADA (kW)	PUNTOS DE LUZ	W/PL
2008	6.258	47.342	132,18

Tabla 1. Encuesta municipios provincia de Ávila. Fuente: Diputación de Ávila.

3.2.- Comparativa del consumo energético de la provincia de Ávila

Partiendo de los valores ya conocidos de consumo energético en el alumbrado público por habitante, ya bien sean por bibliografía o a partir de lo calculado en las tablas anteriores, en la Tabla 2, se comparan los valores nacionales con los de otros países europeos.

ZONA	kWh	Habitantes	kWh/hab
Alemania	--	--	48,00
Francia	--	--	97,00
España	5.563.910.000,00	47.129.783,00	118,06
Provincia de Ávila	26.283.600,00	168.825,00	155,69
Consorcio Sierra de Ávila - La Moraña	3.331.860,00	12.321,00	270,42

Tabla 2. Comparación consumo energético de la provincia de Ávila a nivel internacional.

En la Figura 2, se observa como España duplica a Alemania, en el ratio la energía consumida por habitante, asociada al alumbrado público. A medida que el ente público va disminuyendo en población, el consumo energético por habitante se incrementa. Tal es así, que para pequeñas agrupaciones de municipios se llega a duplicar este ratio, respecto a la media de España.

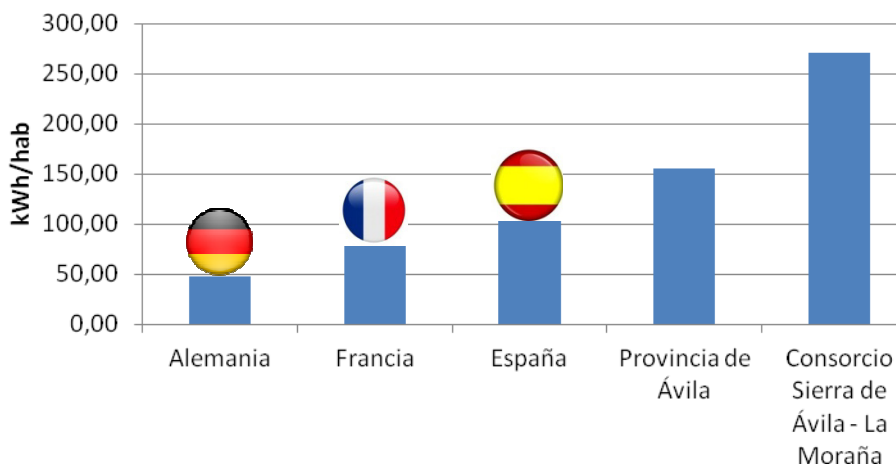


Figura 2. Comparativa de consumo energético de la provincia de Ávila a nivel internacional.

4.- Objetivos

Teniendo en cuenta que el 37% de los municipios españoles tienen una población censada inferior a 300 habitantes, y debido a la baja densidad poblacional de estas zonas, hace que se tengan instalaciones de alumbrado con un alto número de puntos de luz y gran dispersión entre ellos. Lo cual supone, un gran número de instalaciones energéticamente ineficientes y costosas para los municipios.

Esta es la premisa de partida para la realización del presente artículo, sobre la eficiencia energética en el alumbrado público exterior en pequeños municipios de la provincia de Ávila y las claves para ahorrar en tales instalaciones.

Las instalaciones de alumbrado público exterior se caracterizan por tener un gran potencial de mejora y de ahorro tanto económico como energético, acentuándose esta condición en los medios rurales.

El objetivo principal del artículo es hacer un diagnóstico del estado en el que se encuentran las instalaciones de alumbrado público de los pequeños municipios de la provincia de Ávila, detectando los puntos susceptibles de mejora y proponiendo medidas para incrementar el ahorro y la eficiencia energética de estas instalaciones.

En concreto se han seleccionado 32 entes municipales pertenecientes al consorcio de Sierra de Ávila – La Moraña de la provincia de Ávila.

Consiguiendo que los municipios abulenses que forman parte de este estudio, y por extensión el resto de la provincia de Ávila, disminuyan su contribución de emisiones de CO₂ por medio de un aumento en la eficiencia en sus instalaciones de alumbrado público.

Es decir, se pretende reducir el consumo de energía eléctrica de las instalaciones de alumbrado, a la vez que se consigue:

- Mejorar las prestaciones de las instalaciones.
- Incrementar el ahorro económico.
- Conseguir una sensibilización por el medio ambiente
- Aumentar el confort y la calidad de vida

5.- Resultados obtenidos

5.1.- Potencia instalada y consumo energético

Debido al pequeño tamaño de los municipios, la mayoría de los municipios, disponen de un único cuadro de alumbrado. Situándose la media en 1,12 cuadros por municipio y un ratio de 49,5 puntos de luz por cuadro de alumbrado.

El número de puntos de luz que han sido estudiados, representan el 3,47 % del total de puntos de luz instalados en la provincia de Ávila. Puesto que se según se recoge en la Tabla 1, la provincia contaba con más de 47.300 puntos de alumbrado.

En la Figura 3, observamos como el municipio con mayor potencia instalada en alumbrado es Barromán con más de 14.000 W, pero en cambio no es el municipio con mayor número de luminarias.

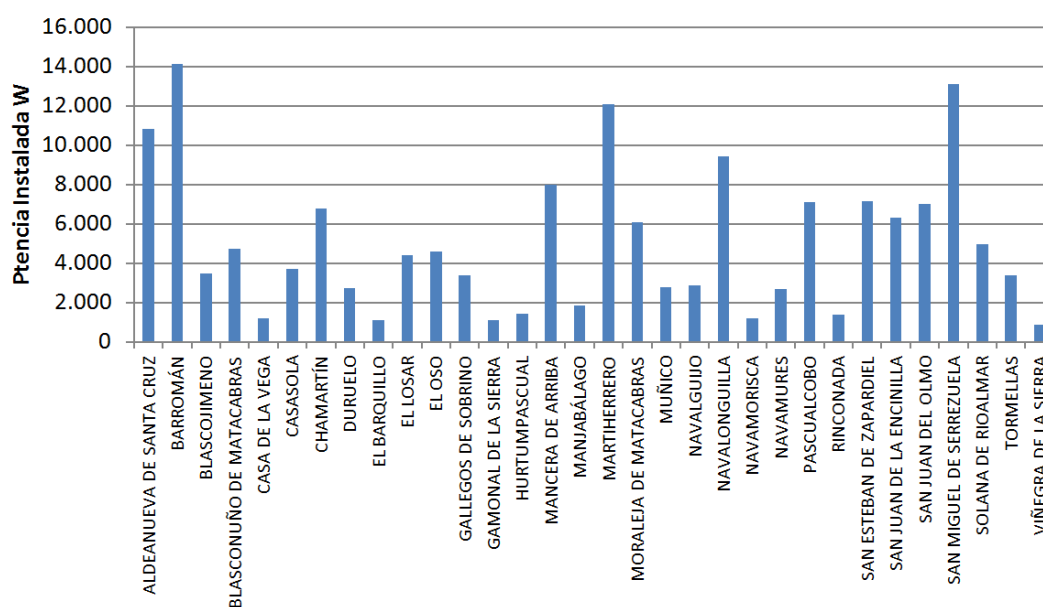


Figura 3. Potencia instalada en cada municipio estudiado

5.2.- Lámparas instaladas

La tecnología de alumbrado más empleada es Vapor de Sodio Alta Presión (VSAP) con un 35 %, seguida del Vapor de Mercurio (VM) con el 43 %, y bajo consumo (BC) con el 17 %, tal y como se aprecia en la Figura 4.

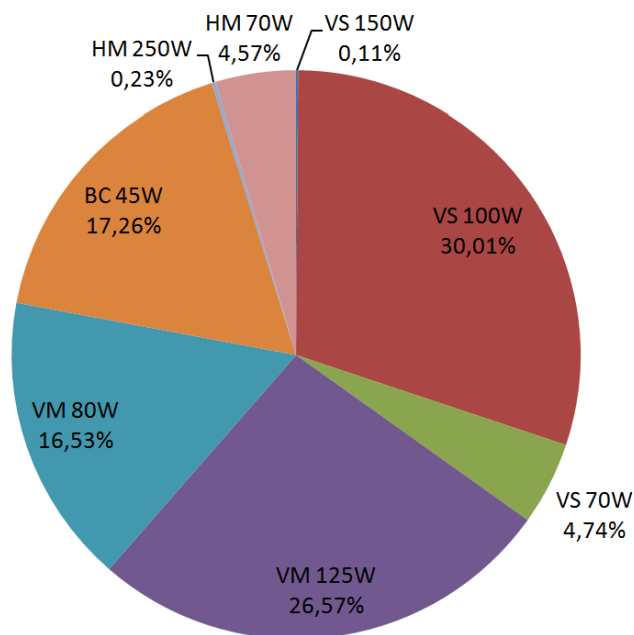


Figura 4. Resumen tipos de lámparas instaladas en los municipios estudiados

Una de las características del alumbrado de los municipios auditados es la importante presencia de lámparas de vapor de mercurio, que representan el 43 % del total de las unidades instaladas.

Otro dato importante desde el punto de vista medioambiental es que estas lámparas tienen un importante contenido de vapor de mercurio, entre 20 y 30 mg. Considerando un valor intermedio (según fabricantes) de 25 mg/lámpara, calculamos:

$$764 \text{ lámparas} \times 25 \text{ mg/lámpara} = 19.100 \text{ mg} = 19,10 \text{ kg de vapor de mercurio.}$$

Estas lámparas son muy poco eficientes, del orden de 35-55 lumen/W, no llegan a la eficiencia mínima de 65 lm/W exigidos en el REEIA, ITC-EA-04 apartado 2 para alumbrados de viales, específicos y ornamentales.

5.3.- Ratios de alumbrado

En los municipios auditados, el ratio de potencia instalada por punto de luz en 91,44 W/PL. Inferior al ratio de la provincia de Ávila cifrado en 132,18 W/PL (Tabla 1)

Otro ratio que es de destacar, corresponde con la energía eléctrica anual consumida en alumbrado por habitante. La media de los 32 municipios auditados se sitúa en 367 kWh/hab. Lo que supone más del doble de la media provincial, estimada en 155,67 kWh/hab. (Tabla 2)

El ratio medio de puntos de luz por cada 1000 habitantes, se encuentra situado en 880 PL/1000 hab. Este ratio tan elevado esta provocado por las condiciones particulares de estos municipios. Los núcleos rurales al tener una densidad de población muy baja, disponen de una alta cantidad de luminarias en proporción con el reducido número de habitantes.

5.4.- Protecciones y equipamiento cuadros de alumbrado

Cabe resaltar un aspecto muy importante, como es el grado de cumplimiento de las instalaciones de alumbrado público respecto al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBET) (5), pudiéndose observar durante las auditorías realizadas, graves faltas de seguridad y protección de los cuadros eléctricos, que comprometen a dichas instalaciones

Se comprueba que el 19% de de los cuadros eléctricos no dispone de encendido manual, obligatorio según ITC-BT-09, y que facilita las operaciones de mantenimiento.

Por otro lado, un 28 % de los cuadros eléctricos de alumbrado público no dispone de toma de tierra.

Se comprueba que el 19% de de los cuadros eléctricos no disponen de interruptor general diferencial. Los municipios que no disponen de interruptor diferencial magnetotérmico, si lo tienen instalado en sus líneas individuales de alumbrado, menos en 2 municipios, cuyos cuadros carecen de protección alguna, contra contactos indirectos.

Del mismo modo se aprecia, que el 14% de los cuadros eléctricos no disponen de interruptor general magnetotérmico.

Es reseñable que, el 75% de los cuadros analizados no se dispone de al menos una línea de alumbrado que se encuentre protegida mediante interruptor diferencial.

Se aprecia, que el 14% de los cuadros eléctricos, no tienen al menos una de sus líneas de alumbrado, protegida contra sobre tensiones mediante interruptor magnetotérmico.

El 19% de los cuadros eléctricos, los equipos de medida no se encuentran separados del resto de componentes de protección y maniobra.

Por otro lado se valora el estado de conservación general de los cuadros de alumbrado para cada uno de los municipios. La puntuación se basa en una escala de 0 a 10, en la que el 10 representa el mejor escenario posible tanto de conservación como de dotación que equipos dentro del propio cuadro. El criterio está basado en la propia experiencia y en la evaluación global de los datos obtenidos en las auditorias. Para aquellos municipios que cuentan con 2 cuadros, la valoración es media de ambas instalaciones.

En la Figura 5, se muestra la valoración otorgada a cada municipio en funcion del estado del cuadro de alumbrado público. De media los municipios obtienen una valoración de 4,75.

El 44% de los cuadros eléctricos auditados, obtienen una calificación inferior a 5. Sobre los cuales habría que tomar medidas de forma inmediata puesto que no disponen de una instalación acorde con los mínimos de seguridad que recoge la normativa

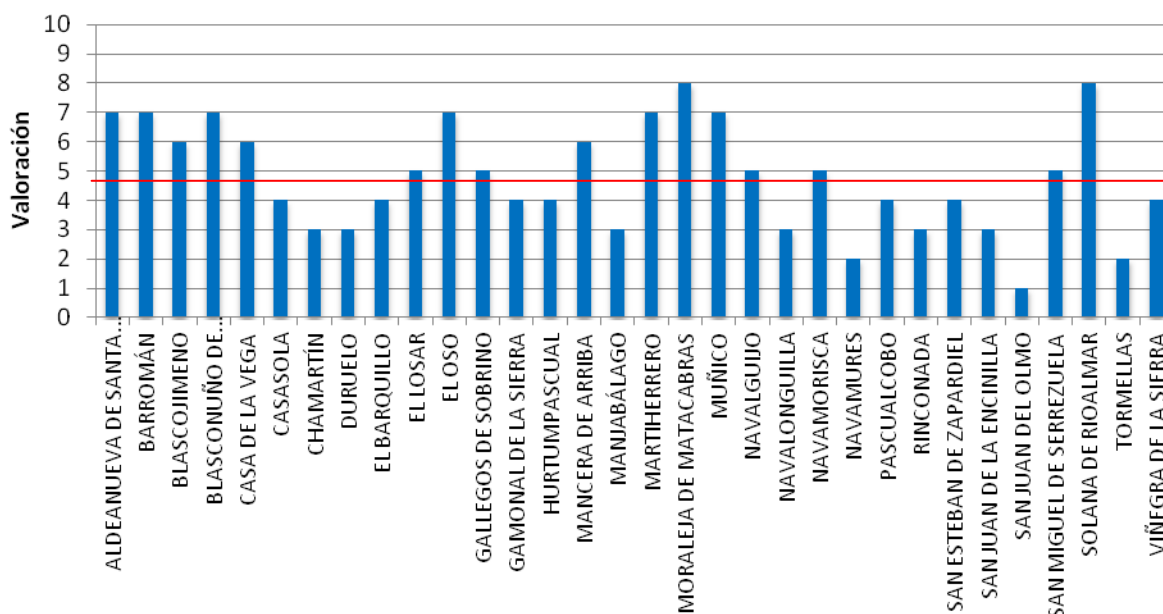


Figura 5. Valoración general del cuadro de alumbrado en los municipios estudiados

Cabe resaltar que los pequeños municipios, que en la actualidad cuentan con unos recursos económicos más limitados, son los que presentan cifras más desalentadoras en términos de deficiencias en sus instalaciones eléctricas de alumbrado público. Por tanto, se hace necesario actuar sobre ellos, dotándoles de vías atractivas para la implementación de equipos seguros y eficientes en sus sistemas de alumbrado público.

5.5.- Equipos de ahorro energético

Los datos más significativos, que recogen la sensibilización de estas zonas por la eficiencia energética, son los extraídos de las estadísticas de equipos que de alguna manera reducen el consumo energético.

Únicamente el 14% de los cuadros auditados contaban con reductor de flujo en su instalación de alumbrado público. Esto está motivado por dos aspectos:

- Por baja potencia de las lámparas instaladas, como por ejemplo VS 70W, VM 80W o BC 45W en las que la entrada de un reductor supondría unos niveles de iluminación extremadamente bajos.
- O bien, porque directamente el municipio no tuvo en cuenta esta opción.

Únicamente 11 % de los cuadros eléctricos, cuentan con un sistema de encendido mediante reloj astronómico.

El 75 % de los cuadros eléctricos, cuentan con un sistema de encendido mediante reloj analógico.

Por último, el 97 % de los cuadros eléctricos, cuentan con un sistema de encendido mediante fotocélula. Comprobándose como la mayoría de los cuadros de alumbrado, disponen de un sistema de accionamiento mediante la instalación en serie de reloj analógico y fotocélula.

5.6.- Estado y tipología de las luminarias

Durante la realización de las auditorías se anotó de forma paralela, el estado de conservación de las luminarias.

Se contabilizan 266 luminarias que presentan altos grados de deterioro. Como puede ser, luminarias dañadas y golpeadas, ausencia de difusores laterales...

El número de luminarias deterioradas representa el 15% del total de equipos instalados en estos 32 municipios.

De manera general, en los municipios auditados, se han detectado tres modelos de luminarias. Si bien el modelo más empleado es el farol tipo villa.

- Farol tipo Villa

Farol artístico tipo Villa, fabricado en fundición de aluminio, con coquilla de gravedad. Cuerpo superior abatible, con alojamiento para equipos de encendido ventilado. Cerrado con difusores de metacrilato hiel o panal. Tuercas esféricas de latón y arandelas de goma para evitar la entrada de agua.



Figura 6. Farol tipo villa

- Vial Abierta

No ha sido posible identificar el modelo de luminaria que aparece en la siguiente fotografía, puesto que se encuentra descatalogada dada su antigüedad.



Figura 7. Luminaria vial abierta

- Vial Abierta Indal CMR

Luminarias abiertas o cerradas funcionales para el alumbrado de vías urbanas y rurales, así como para las áreas industriales donde se requiere la eficacia económica. Adecuado para el mercurio de alta presión (M) hasta 250 W de sodio de presión o alto (S) lámparas de hasta 150 W.



Figura 8. Luminaria Indal CMR. Fuente: INDALUX

5.7.- Clasificación de las vías

Atendiendo al RD 1890/2008, clasificaremos las vías auditadas.

Todas las zonas auditadas corresponden con vía clasificada como D según el ITC-EA-01.

En función de la clase de alumbrado de la vía, en la ITC-EA-02 se indica la iluminancia media y mínima que se debe tener en dicha vía. Para nuestros municipios, la clase de alumbrado se corresponde con la categoría S3 / S4, por lo que la iluminancia media será de 5 lux y la mínima de 1 lux.

CLASIFICACION	D
TIPO DE VIA	Baja velocidad
VELOCIDAD TRAFICO	$5 < V \leq 30$
SITUACION DE PROYECTO	D3 - D4
TIPO DE VIA	C/ con aceras a lo largo calzada
DENSIDAD TRAFICO	< 7.000
FLUJO TRAFICO DE PEATONES	Normal
CLASE ALUMBRADO	S4
Em (lux)	5
Emin (lux)	1
Clasificacion de la zona	E3
FHSinst	$\leq 15\%$

Tabla 3. Clasificación de las vías.

5.8.- Niveles de iluminación

Se han realizado mediciones de iluminación en distintos municipios y con distintos tipos de lámparas, siguiendo el protocolo descrito en el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior (4).

Se ha procurado realizar las mediciones en vías similares y con las mismas distancias entre puntos de luz. Lo cual ha resultado bastante complicado, al tratarse de instalaciones sin estándares de diseño.

La distancia media entre puntos de luz es $S=30$ m y la anchura de la calzada es $a=4,5$ m. Las luminarias se encuentran situadas a una altura de $h=4$ m con una longitud de brazo de luminaria de 60 cm. De esta forma podemos generalizar los datos obtenidos de forma particular.

Los datos luminotécnicos obtenidos para una lámpara de VSAP de 100 W, instalada en una luminaria tipo farol villa, han sido los reflejados en la Tabla 4.

Iluminancia media (Lux)	5,10
Uniformidad media	0,22
Uniformidad extrema	0,08
Eficiencia Energética	5,10
Índice de Consumo Energético (ICE)	2,36
Clasificación energética	E

Tabla 4. Datos lumínicos de las luminarias Farol Villa. VSAP 100 W. Martiherrero.

Se repite el proceso para obtener los datos luminotécnicos de una lámpara de VM de 125 W, instalada en una luminaria tipo farol villa (Tabla 5).

Iluminancia media (Lux)	2,70
Uniformidad media	0,44
Uniformidad extrema	0,20
Eficiencia Energética	2.50
Índice de Consumo Energético (ICE)	5,51
Clasificación energética	G

Tabla 5. Datos lumínicos de las luminarias Farol Villa. VM 125 W. Duruelo.

Los datos luminotécnicos de una lámpara de BC de 45 W, instalada en una luminaria tipo farol villa, son los recogidos en la Tabla 6.

Iluminancia media (Lux)	2,72
Uniformidad media	0,55
Uniformidad extrema	0,32
Eficiencia Energética	4,95
Índice de Consumo Energético (ICE)	2,82
Clasificación energética	F

Tabla 6. Datos lumínicos de las luminarias tipo Farol lámpara BC 45W. Solana del Rioalmar.

En el caso del municipio de Barromán, la tecnología LED instalada se corresponde con un equipo de casquillo E27, rodeado por LED. Equipado con difusores térmicos y con el correspondiente control electrónico. Los datos obtenidos de la medición se indican en la Tabla 7.

Iluminancia media (Em)	4,28
Uniformidad media (Um)	0,12
Uniformidad general o extrema (Ug)	0,03
Eficiencia Energética	19,69
Índice de Consumo Energético (ICE)	0.71
Clasificación energética	A

Tabla 7. Datos lumínicos de las luminarias tipo Farol lámpara LED 30W. Barromán.

Por otro lado, el municipio de San Juan del Olmo, ha optado por la instalación de placas LED, adaptadas a las nuevas luminarias tipo farol villa. La Tabla 8, muestra los datos obtenidos.





Iluminancia media (Em)	8,93
Uniformidad media (Um)	0,08
Uniformidad general o extrema (Ug)	0,01
Eficiencia Energética	31,47
Índice de Consumo Energético (ICE)	0,52
Clasificación energética	A

Tabla 8. Datos lumínicos de las luminarias tipo Farol placa LED 30W. San Juan del Olmo.

Pudiéndose comprobar, que aun tratándose de tecnología LED, los equipos LED con casquillo E27, instalados en esta vía del municipio de Barromán, no llegan a los mínimos exigidos de iluminancia media. Puesto que para este tipo el tipo de vía en el valor que marca el RD 1890/2008 (4) es de E_M es 5 lux. También se encuentran por debajo de este valor las lámparas de vapor de mercurio y de bajo consumo.

Las únicas lámparas que se encuentran con valores acorde a la normativa son lámparas de vapor de sodio de 100 W y placas LED de 30 W.

Por otro lado, la clasificación energética de las distintas lámparas es:

- LED 30 W: Calificación Energética A. 
- VSAP de 100 W: Calificación Energética E. 
- BC de 45W Calificación Energética F. 
- VM 125W: Calificación energética G. 

6.- Propuesta de actuación

A continuación se resume las actuaciones en materia de ahorro y eficiencia energética que se proponen de manera conjunta para los 32 municipios que forman parte del artículo:

▪ Reloj Astronómico

Se propone instalar reloj astronómico en los cuadros de mando que carecen de él.

De esta forma, con la instalación de este equipo se logra un ahorro del 8,69 % de la energía eléctrica anual consumida. Además se obtienen unos periodos de amortización, en torno a los 3 años. Lo cual hace realmente atractiva la instalación de este equipo frente a la instalación de célula fotoeléctrica y reloj analógico.

Un dato de interés medioambiental es la cantidad del gas de efecto invernadero CO_2 , evitado a la atmósfera por la instalación de este equipamiento en los municipios auditados.

Tomando como base la tasa de emisión de CO_2 para España del año 2011, según la cual se emiten 0,223 kg de CO_2 por cada kWh de energía eléctrica producida (7), obtendríamos los siguientes resultados:

$$\text{Kg } CO_2 \text{ evitados} = \text{kWh/año} \cdot 0,223 \text{ Kg } CO_2/\text{kWh}$$

Por tanto:

$$\text{Kg } CO_2 \text{ evitados} = 50.826,24 \text{ kWh/año} \cdot 0,223 \text{ Kg } CO_2/\text{kWh} = 11.334,25 \text{ Kg } CO_2$$

Es decir evitaríamos una media anual de 11,33 Tm CO_2

- Reductor estabilizador de flujo luminoso

Por otro lado también se ha valorado la opción de instalar equipos de reducción y estabilización del flujo luminoso. Mediante estos equipos podemos obtener ahorros energéticos de hasta del 40%.

Si bien, finalmente no se ha optado por la propuesta esta opción. Puesto que al compararla con la instalación de alumbrado LED, resulta poco atractiva al tener unos periodos de amortización muy similares al del alumbrado LED (7 años) pero con un ahorro energético menor que el conseguido mediante el cambio de luminarias.

- Sistema de telegestión

Dada las características y particularidades de los municipios auditados resulta complejo el barajar que, una única empresa de gestión y mantenimiento, gestione el alumbrado público de municipios tan dispersos.

No obstante los sistemas de telegestión proporcionan ahorros, que deben tenerse en cuenta de cara al futuro, siempre y cuando un número importante de municipios se agrupen y gestionen de manera conjunta sus sistemas de alumbrado.

- Equipos de alumbrado eficiente

Actualmente el consumo energético anual de los municipios auditados es de 680.967 kWh/año.

El modelo propuesto para conseguir un alumbrado eficiente, está basado en la instalación de equipos LED. Para lo cual se ha seleccionado un sistema que permita aprovechar (en la medida que sea posible) las luminarias existentes, adaptándolas a la tecnología LED. De esta forma se minimizará el impacto económico y se maximizará la rentabilidad de la instalación.

La propuesta se compone de:

- Adaptación de 1.507 luminarias a tecnología LED, mediante la integración de placa LED OPTIC GROUP 28 URA de Secom, o similar.
- Sustitución de 266 luminarias deterioradas, por los modelos HPB430 LED de Philips o Speed Star LEDGINE de Philips, o similar (según necesidades)

Esta propuesta representa un 67% de ahorro de la energía eléctrica consumida por los sistemas de alumbrado público.

Lo cual supone un ahorro energético de 457.569,00 kWh/año y 101,74 Tm CO₂ evitadas.

- Aparamenta de corte y protección

Se ha detectado que el 50 % de los cuadros de mando y protección para el alumbrado público que han sido auditados están en unas condiciones que comprometen la seguridad de la instalación.

Por ello se propone su sustitución y actualización integral de 16 cuadros eléctricos. De esta manera se garantiza un suministro continuado y una instalación segura para el propio municipio.

6.1.- EXTRAPOLACIÓN DE DATOS AL RESTO DE LA PROVINCIA DE ÁVILA

Los resultados obtenidos de los 32 municipios auditados, pueden ser extrapolables al resto de pequeños municipios de la provincia de Ávila, cuya población sea inferior a 300 habitantes.

Concretamente según cifras oficiales del Instituto Nacional de Estadística a fecha de 1 de enero de 2013, la provincia de Ávila contaba con 180 municipios cuya población no sobrepasaba los 300 habitantes. La población asociada a estos municipios es de 22.300 habitantes.

Conforme a lo cual estos pequeños municipios representan el 72,5% de todos los municipios abulenses.

Extrapolando los datos obtenidos en los 32 municipios auditados, se obtiene la Tabla 9, en la cual, para los municipios de la provincia de Ávila cuya población es inferior a 300, los ahorros generados en caso de aplicarse las medias planteadas, son:

	32 MUNICIPIOS	< 300 hab PROVINCIA	RATIO
Habitantes (hab)	2.549,00	22.300,00	
Puntos de luz (PL)	1.773,00	15.509,65	0,69 PL/hab
Potencia (W)	162.135,00	1.418.306,32	91,44 W/PL
Energía consumida (kWh/año)	680.967,00	5.957.459,44	267,15 kWh/hab
Ahorro con las medidas propuestas (kWh/año)	469.867,23	4.110.647,01	69%
Ahorro (€/año)	42.288,05	369.958,23	
Tm CO2 evitadas	104,78	916,67	0,233 TmCO2/kWh

Tabla 9: Extrapolación de datos, al resto de pequeños municipios de la provincia de Ávila

7.- CONCLUSIONES

Problemática encontrada

- Elementos de alumbrado poco eficientes. El 43% de las lámparas, emplean Vapor de Mercurio.
- Falta de elementos de control y regulación adecuados. Únicamente el 11% de los cuadros de alumbrado equipan interruptores astronómicos, y el 14 % reguladores de flujo lumínico.
- Caracterización fotométrica deficiente. El 65% del conjunto formado por lámpara más luminaria, emiten valores inferiores a la normativa, de iluminancia y uniformidad en el plano de la vía.
- Mala eficiencia energética en general.
- Mantenimiento deficiente o nulo. El 15% de las luminarias se encuentran gravemente deterioradas. Y el estado de conservación de los cuadros de alumbrado público, obtiene una nota media de 4,75 sobre 10.
- Incumplimiento del REBT en lo referente a situación de cuadros, líneas e incluso protecciones.
- Problemática electrotécnica: desequilibrio de fases, sobrecargas, cortocircuitos, etc.
- Deficiente contratación eléctrica.

Soluciones planteadas

- Sustitución de las lámparas actuales por sistemas de tecnología LED. Concretamente en el 85% de los puntos de luz, se propone una adaptación de la luminaria existente, a placa integradora de LED con una potencia de 30 W. El 15% restante de puntos de luz, debe sustituir íntegramente la luminaria por el deterioro que presenta.
- Implantación de sistemas de encendido y apagado mediante interruptor astronómico.
- Sustitución de cuadros y líneas en estado deficiente. Resolución de problemas electrotécnicos encontrados. El 44% de los cuadros eléctricos, debe ser renovado integralmente, por presentar unas deficiencias graves, en cuando a seguridad y protección se refiere.
- Implantación de sistemas de mantenimiento adecuado.
- Legalización de las instalaciones: REEAE y REBT. Inspecciones inicial y periódica.
- Contratación de suministros eléctricos en las nuevas condiciones de la instalación.

Inversión en mejoras de eficiencia

- Relojes astronómicos
- Equipos de iluminación LED.
- Posible valoración de sistemas de telegestión, para una agrupación de municipios que resulte atractiva para las empresas de mantenimiento o de servicios energéticos.

En definitiva, como conclusiones, a este artículo, se puede establecer lo siguiente:

- El gasto en alumbrado público en España, por habitante y año, es el mayor de la Unión Europea. Duplicando, el consumo energético destinado a esta finalidad, con respecto otros países de la Unión Europea, como por ejemplo Alemania
- España cuenta con más de 3.000 municipios menores de 300 habitantes, en los cuales, los bajos recursos y falta de mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público, provocan una alta ineficiencia energética en el sistema de alumbrado público exterior.
- La dispersión entre pequeños municipios, los hacen poco atractivos para las empresas de servicios energéticos. Por ello es necesario pensar en las agrupaciones y sinergias generadas de la agrupación de municipios que permitan un volumen de puntos de luz atractivos a dichas empresas. Puesto que el potencial de ahorro económico y energético que reside en estos municipios, es muy alto.
- Las mejoras en eficiencia energética en el alumbrado público de pequeños municipios, pasan por la reducción de la potencia instalada, bien mediante tecnologías eficientes como son los equipos LED, o bien, mediante reductores de flujo luminoso entre otros.
- El ahorro energético en el alumbrado público exterior de municipios inferiores a 300 habitantes, en la provincia de Ávila, se ha estimado en un 69%. Gracias a la implantación de nuevos equipos eficientes, se conseguirá evitar la emisión anual de más de 916 Tm CO₂.
- Estas mejoras en eficiencia energética también se deben centrar en la adecuación de unos niveles de iluminación óptimos en los municipios, y a las necesidades reales de este tipo de servicio público, con el consecuente ahorro y reducción del consumo eléctrico. Las instalaciones de alumbrado público, deben llegar a un equilibrio entre el factor económico y el factor energético. Se ha comprobado que, de los equipos de alumbrado LED existentes en el mercado, no con todos ellos, se obtiene los niveles de iluminación requeridos según la normativa.
- Las deficiencias existentes en el alumbrado, en cuanto a la densidad de puntos de luz, con los equipos LED se ponen aun más de relieve. Pudiendo existir controversia entre los ciudadanos sobre la calidad del alumbrado mediante LED. Por ello, para minimizar tales circunstancias, y

según se recoge en el Libro Verde (6), desde el consistorio se debe generar una política de compromiso con los ciudadanos y partes interesadas, de modo que todas ellas se sientan partícipes de la mejora en el alumbrado. De esta forma se entenderá mejor las actuaciones realizadas y el compromiso del municipio por crear un entorno sostenible y eficiente.

- Los pequeños municipios, inferiores a 300 habitantes, se caracterizan por unas instalaciones obsoletas, que en algunos casos resultan de difícil adaptabilidad a la tecnología LED, y se debe proceder a la sustitución de la luminaria en conjunto. Por ello los valores promedios de inversión y ahorro oscilan entre los 160 €/PL y 280 €/PL y ahorros económicos entre el 70% y 80%

Conclusión final:

Por tanto podemos indicar que la actualización en el alumbrado público exterior de los municipios, bajo criterios de eficiencia energética, es viable tanto económicamente como técnicamente. Permitiendo recuperar la inversión en un periodo de tiempo razonable con los ahorros generados por la implantación de tecnologías más eficientes.

8.- REFERENCIAS

- (1) Unión Europea. 2008. Comunicación de la Comisión - Eficiencia energética: alcanzar el objetivo del 20 %.
Recuperado el 20/11/2013.
http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0002_es.htm
- (2) Ayuntamiento de Madrid. 2009. El sistema eléctrico en la comunidad de Madrid.
Recuperado el 20/11/2013.
<http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCObservEconomico/BarometroEconomia/2009/Ficheros/Enero/2.%20Sostenibilidad.pdf>
- (3) Sánchez de Miguel, Alejandro. 2011. El alumbrado público en España, el de mayor gasto eléctrico por habitante en Europa, Universidad Complutense de Madrid, Recuperado el 20/11/2013
<http://www.ucm.es/cont/descargas/documento36329.pdf>
- (4) Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, 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.
- (5) Real Decreto 842/2002 de 02/08/2002, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Órgano emisor: Ministerio de Ciencia y Tecnología. BOE 18/09/2002.
- (6) Libro Verde.1ª edición "Iluminemos el futuro, Acelerando el despliegue de tecnologías de iluminación innovadoras" Comisión Europea. Bruselas-2011
Recuperado el 23/05/2014 http://ec.europa.eu/green-papers/index_es.htm
- (7) WWF. Observatorio de la Electricidad. (2011).
Recuperado el 23/05/2014
http://awsassets.wwf.es/downloads/observatorio_electricidad_anual_2011_final.pdf