



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza



Universidad Zaragoza

Eficiencia energética en el alumbrado público.

Proyecto fin de carrera

Escuela de ingeniería y arquitectura de Zaragoza

Autor: **Sara Edith Bellón Méndez**

Director de proyecto: **Francisco Javier Arcega Solsona**

Especialidad: **Ingeniería Técnica Industrial Eléctrica**

Fecha: **Septiembre 2014**

Índice

<i>Escuela de ingeniería y arquitectura de Zaragoza.....</i>	1
1. Introducción	5
1.1. Alumbrado público en España.	5
1.2. Evolución del alumbrado público en España.....	6
1.3. Eficiencia energética.	7
1.3.1. Certificación de Sistemas de Gestión Energética.....	8
1.4. Eficiencia energética en alumbrado público.....	9
1.4.1. Elementos influyentes	10
1.4.2. Medidas para la mayor eficiencia energética y rentabilidad	12
1.4.3. Tecnología en el alumbrado público.....	13
1.5. Normativa.....	21
RD 1980/2008.....	21
Instrucciones técnicas complementarias al Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público, ITC-EA-01 a ITC-EA_07.....	22
ISO 50001:2011.....	23
ITC-BT-09	23
Protocolo de Kyoto	23
1.6. Objetivo	24
2. Auditoría de Eficiencia Energética en el Alumbrado Público	25
2.1. Protocolo	25
2.1.1. Objetivo	25
2.1.2. Alcance de los trabajos	26
2.1.3. Toma de datos de las instalaciones de alumbrado.....	26
2.1.4. Auditoría energética de las instalaciones de alumbrado	28
2.1.5. Presentación de los resultados	29
2.1.6. Reglamento y normas de obligado cumplimiento.....	29
2.1.7. Recomendaciones internas.....	30
2.1.8. Otras recomendaciones.....	31
2.2. Medición de la eficiencia energética de una instalación	32
2.3. Niveles de iluminación	33
2.4. Resplandor luminoso nocturno	33
2.5. Instrumentos de medida necesarios para las mediciones	34
2.6. Fichas de campo a llenar por el auditor	36
3. Auditoría Energética del Alumbrado Público de la localidad de Jasa	42
1. Autor de encargo	45
2. Autor del proyecto.....	45
3. Objetivo.....	45

4.	Alcance de los trabajos de la auditoría energética.....	45
5.	Cuadro general de mando.....	45
6.	Alumbrado actual	48
7.	Niveles de iluminación.....	49
8.	Comparación de los niveles obtenidos de iluminación con los datos obtenidos en las mediciones de campo.....	50
9.	Vapor de mercurio	51
10.	Necesidades	52
11.	Descripción de lo proyectado.....	52
12.	Factores determinantes	53
13.	Fuentes de luz	53
14.	Luminarias	54
15.	Canalizaciones.....	54
16.	Circuitos	55
17.	Acometida a luminarias	55
18.	Tomas de tierras	55
19.	Potencia de los puntos de luz.....	55
20.	Potencia total instalada	55
21.	Potencia a cotraratar.....	55
22.	Condiciones de suministro	56
23.	Derivación individual	56
24.	Potencia máxima admisible	56
25.	Contrato de suministro	56
26.	Totalización de energía	56
27.	Control de potencia	56
28.	Centro de mando	56
29.	Sistema de reducción de consumo	57
30.	Tensiones de regulación.....	58
31.	Potencia del regulador	58
32.	Cálculos luminotécnicos.....	58
33.	Eficiencia energética	59
34.	Calificación energética	60
35.	Contratación eléctrica de los suministros	61

36.	Balance energético de Jasa	62
37.	Inspecciones.....	62
38.	Plan de mantenimiento.....	63
39.	Inventario	63
40.	Resumen del presupuesto.....	70
41.	Resumen de balance	70
42.	Reglamentación	70
43.	Conclusión.....	71
	ANEXO	72
	Bibliografía.....	73

1. Introducción

1.1. Alumbrado público en España.

En los últimos años, la evolución del consumo energético, unido al aumento de las tarifas eléctricas, ha producido un elevado aumento del gasto en el alumbrado público. Estudios realizados por investigadores de la Universidad Complutense de Madrid revelaron en el 2012 [1], [2], que el consumo en alumbrado público en España se había duplicado en los últimos 5 años. En algunas ciudades se estimaba que el 50% de la energía eléctrica consumida se correspondía al alumbrado público.

El alumbrado público incluye a toda instalación de iluminación de titularidad pública o privada cuyo flujo luminoso se proyecta sobre un espacio abierto (carretera, calle, parque, ornamental, etc.) de uso público. En España, estas instalaciones totalizan unos 7.965.000 puntos de luz que, con una potencia media de 165 W y cerca de 4.100 horas de utilización anual, representa un consumo de electricidad de 5.370 GWh/año para el conjunto de España. Los cálculos llevados a cabo por la Universidad Complutense de Madrid revelaron que se pasó de 450 millones de euros en 2007 a 830 millones en 2012. Se estimó que el consumo por habitante fue de 113 kWh, una cifra que supera en un 50% al objetivo del Plan de Eficiencia Energética 2004-2012 y que establecía un consumo de 75 kWh habitante. Los cálculos, realizados por el departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera, se hicieron con este sistema porque desde 2007 el Ministerio de Industria había dejado de registrar este consumo de forma diferenciada y lo incluyó en otras partidas de la administración.

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio elaboró un nuevo Plan de Acción, para el periodo 2008-2012, dentro de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 [3]. En el año 2008 el IDAE destinó 37 millones de euros a la sustitución de cerca de 100.000 semáforos por otros con tecnología LED. La medida generó un ahorro anual de 90.000 MWh de electricidad.

El número de instalaciones, y su consumo eléctrico, ha crecido en esta última década coligado al desarrollo urbanístico; las instalaciones de alumbrado exterior están experimentando avances tecnológicos y legislativos que marcarán un punto de inflexión en el tendencial de su consumo. Así, la promulgación del Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior (**RD 1890/2008**), junto con la irrupción de la tecnología LED y la admisión de la contratación de empresas de servicios energéticos por las administraciones públicas, son hitos surgidos en estos últimos años que cambiaran previsiblemente las instalaciones que hoy conocemos en el alumbrado de nuestros municipios y carreteras.



Imagen 1: Foto de satélite-NASA de España de noche

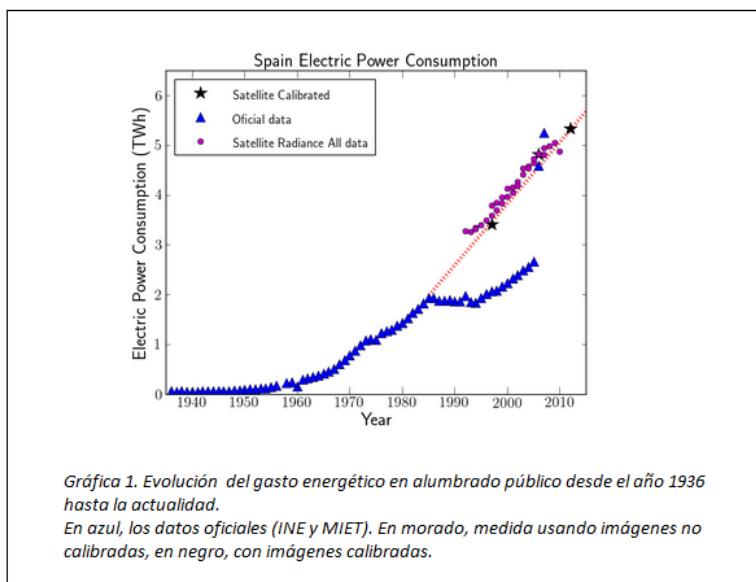
Con respecto a Europa [4], España es el país con mayor gasto en alumbrado público. Las farolas españolas tienen la potencia más alta de toda la UE y dos veces la de Holanda. El gasto en España asciende aproximadamente a 116 kW por año y habitante, cifra muy superior a los

91 KW de Alemania y los 43 KW de Francia. Los investigadores recomiendan adaptar la potencia de las farolas españolas a los estándares de potencia europeos y reducir la emisión hacia arriba y en la horizontal de las farolas, que no sólo supone un despilfarro sino que aumenta la contaminación lumínica. Además aclaran que aunque la iluminación LED es una buena alternativa por su ahorro energético, los LEDs blancos son muy dañinos para el medio ambiente. Lo ideal sería el uso de LEDs ámbar y regulación automática de potencia.

1.2. Evolución del alumbrado público en España.

Utilizando imágenes de satélite [5], miembros del Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Complutense han reconstruido la evolución del gasto en alumbrado público entre los años 1992 y 2012. Su informe muestra como se ha doblado el coste debido a los cambios de tarifa y al crecimiento en los pequeños municipios.

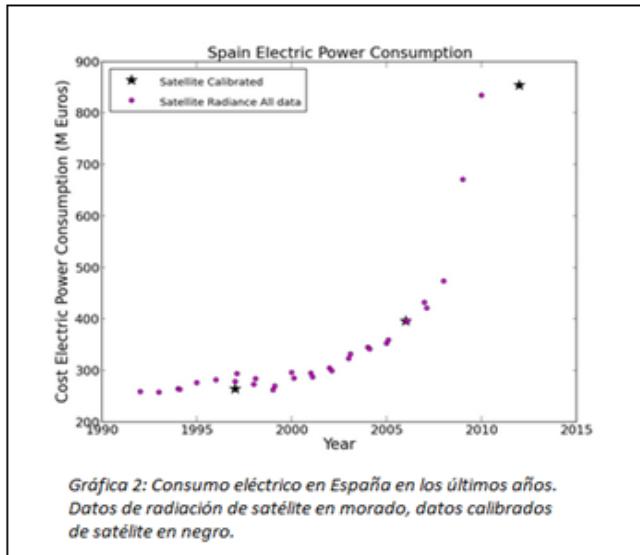
En la siguiente gráfica, facilitada por el Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Complutense, podemos observar la evolución del gasto energético en el alumbrado público desde el año 1936 hasta la actualidad:



El control del consumo eléctrico en alumbrado público se llevaba a cabo mediante estadísticas del Ministerio de Industria que dejaron de realizarse a partir del año 2007 cuando este consumo eléctrico quedó englobado dentro de otras partidas de la administración. Comparando las estadísticas hasta ese momento con las medidas obtenidas con las imágenes nocturnas de satélite, miembros del Depto. de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Complutense han conseguido medir la luz emitida por las ciudades durante la noche y relacionarlas con su consumo en alumbrado público durante el periodo 1992 a 2012. Como conclusión estiman que el consumo por habitante en 2012 fue de 113 kWh, muy superior al objetivo del Plan de Eficiencia Energética 2004-2012 (75 kWh habitante).

La evolución del consumo energético, unido al aumento de las tarifas eléctricas ha producido un aumento del gasto en alumbrado público, que ha pasado de 450 millones de euros en 2007 a 830 millones de euros en 2012. Al consumo en alumbrado público hay que añadir el correspondiente en iluminación exterior privado (ornamental, comercial y viales privados) que según los últimos estudios puede suponer entre el 20 % y el 60 % del total del alumbrado exterior [6]. Esto supondría, que en el mejor de los casos, el gasto rondaría los 1.000 millones de euros anuales.

Del análisis se deduce que la mayor parte del coste proviene de municipios menores de 200.000 habitantes, los cuales han aumentado su potencia, para igualarse a la de las ciudades más densamente pobladas, donde es mucho más barato iluminar.



Gráfica facilitada por el Departamento de Astrofísica y Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Complutense.

1.3. Eficiencia energética.

El consumo energético es necesario para el desarrollo económico y social. Cuanto más desarrollada está una sociedad más energía necesita. Esto conlleva también una serie de problemas. El principal problema medioambiental del consumo energético actual a escala mundial es el efecto invernadero y el económico, es el gasto en el consumo energético. Se precisa de la búsqueda de formas de ahorro energético para la ayuda al medio ambiente así como a la economía del país.

Si utilizamos la energía de manera eficaz y responsable obtendremos mayores prestaciones con menor consumo lo que permite:

- Menor dependencia de los suministros en su mayor parte reservas limitadas.
- Menor impacto ambiental tanto en su obtención como en su consumo.

Es por esto que, hoy en día, la eficiencia energética está obteniendo cada vez más éxito en la sociedad.

¿Qué es la eficiencia energética?

La eficiencia energética [7], [8], [9] y [10] es la obtención de un producto o la realización de un servicio minimizando el consumo de energía sin pérdida en la calidad en el producto o servicio realizado. Los individuos y las organizaciones que son consumidores directos de la energía pueden reducir el consumo energético para disminuir costos y promover sustentabilidad económica, política y ambiental. Los usuarios industriales y comerciales pueden desear aumentar eficacia



y maximizar así su beneficio. Entre las preocupaciones actuales está el ahorro de energía y el efecto medioambiental de la generación de energía eléctrica. También se denomina ahorro de energía. Las energías renovables son entendidas erróneamente como ahorro de energía; sin embargo, el ahorro se encuentra más en los hábitos y mentalidad del consumidor.

La norma universal para la Eficiencia Energética es la norma ISO 50001 de Gestión Energética. La norma internacional ISO 50001 es compatible y trasladable desde la europea EN 16001. Esta norma permite incrementar la eficiencia energética, reducir los costes y mejorar el rendimiento energético.



En España, AENOR ya había publicado en el año 2007 la norma del Sistema de Gestión Energética (UNE 216301), cuyos requisitos son prácticamente los mismos que la europea, la cual se adoptó en España.

El 5 de Abril de 2006, se lanza la Directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre la eficiencia del uso final de la energía y de los servicios energéticos. En el artículo 4, de dicha directiva, se fija un objetivo mínimo orientativo de ahorro energético del 9% en 2016. El 25 de Octubre de 2012, la Directiva 2012/27/UE, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE, dictamina en el artículo 4 que a más tardar el 30 de abril de 2014, y a continuación cada tres años, los Estados miembros presentarán Planes Nacionales de acción para la eficiencia energética. Planes donde se fijarán las actuaciones y mecanismos para conseguir los objetivos.

Por otra parte, el Consejo Europeo de 17 de junio de 2010 ha fijado como objetivo para 2020 ahorrar un 20% de su consumo de energía primaria.

Como consecuencia de estas obligaciones, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, en colaboración con el IDAE, ha elaborado el Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020, que incluye un anexo con la cuantificación de los ahorros energéticos obtenidos en el año 2010 respecto a los años 2004 y 2007, de acuerdo con las recomendaciones metodológicas sobre medida y verificación de los ahorros de la Comisión.



1.3.1. Certificación de Sistemas de Gestión Energética

La *Certificación de Sistemas de Gestión Energética* es una útil herramienta que contribuye a mejorar la eficiencia energética de forma sistemática, apostando por la mejora continua, a incrementar el aprovechamiento de energías renovables o excedentarias, así como al ahorro de energía y a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El Certificado de Eficiencia Energética [11] tiene una validez de 10 años y es emitido por un técnico competente elegido libremente por el propietario que lo requiere, lo más común de un edificio, o por los técnicos competentes de los propios servicios técnicos de la Administración Pública.

Entendiéndose técnico competente los que estén en posesión de la titulación académica y profesional habilitante para la realización de proyectos de edificación o de sus instalaciones térmicas, o de la certificación energética. El Artº 1.3.p del Real Decreto 35/2013 determina:



Imagen 2: Sello de certificación energética

Técnico competente: Los arquitectos e ingenieros en sus grados superior y medio. No se establece ningún requerimiento nuevo en cuanto a formación. (Según establece la Ley 38/1999, de 5 de Noviembre, de Ordenación en la Edificación)

- ✓ Los técnicos habilitados exclusivamente para la suscripción de certificados de eficiencia energética. Se intuye la creación de un nuevo título oficial con competencias exclusivas en certificación energética.
- ✓ Los que cumplan los requisitos de la futura Disposición Adicional Cuarta (Ley que se desconoce su aprobación y borrador)
- ✓ Técnico ayudante, del proceso de certificación energética de edificios, que podrá realizar la toma de datos y otras actividades auxiliares del proceso de certificación energética.

Aunque el título habilita para hacer certificados, es recomendable realizar un curso de Eficiencia Energética, sobre todo a la hora de redactar las recomendaciones de mejora que debe incluir el certificado.

El técnico competente tomará los datos y medidas pertinentes de las estancias y superficies, recopilará información acerca de datos obtenidos y por último elaborará el certificado reuniendo todos los datos y calculando la eficiencia energética mediante métodos y software autorizados por el ministerio de industria.

1.4. Eficiencia energética en alumbrado público.

La eficiencia energética en el alumbrado público permite diseñar, proyectar, instalar, explotar y mantener instalaciones de alumbrado público, implantando las luminarias, lámparas, equipos, sistemas de regulación y control, etc. idóneos que permitan conseguir los criterios de calidad demandados con la mayor eficiencia y ahorro energético.

Para cada situación de proyecto [12], la clase de alumbrado fija los niveles de iluminación, tales como la iluminancia, uniformidades, deslumbramiento perturbador y molesto, iluminancia horizontal, vertical y semicilíndrica, etc. Todo ello referido al tráfico público de los diferentes tipos de usuarios.

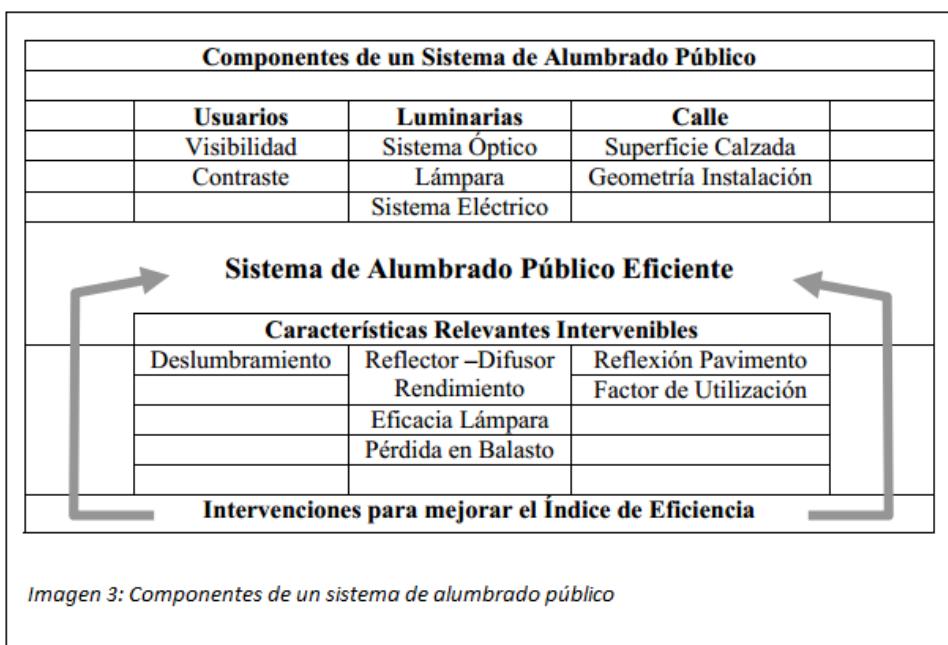
Asimismo, se considera la contaminación lumínosa o resplandor luminoso nocturno en el cielo que podrían ocasionar las instalaciones de alumbrado público, adoptando las medidas correctoras necesarias para su reducción, fijando unos criterios de elección de lámparas, de

control del flujo hemisférico superior emitido por las luminarias, recomendando unas características fotométricas de los pavimentos y, finalmente, limitando el horario de funcionamiento de determinadas instalaciones o disminuyendo los niveles luminosos a ciertas horas de la noche.

La función de un sistema de alumbrado público es la de proveer la iluminación que los usuarios necesitan cuando la iluminación natural desaparece y su índice de eficiencia estaría dado entre la potencia eléctrica instalada en el sistema y la potencia lumínica suministrada por él.

1.4.1. Elementos influyentes

En la imagen 3 podemos observar los diversos elementos y componentes que influyen en la potencia lumínica suministrada.



Según el cuadro superior y el desglose allí indicado, se puede ir analizando cómo tender a un sistema de alumbrado público eficiente al intervenir en las características relevantes de los componentes:

1) Usuario:

El usuario puede aprovechar mejor la energía lumínica del sistema si se evita que sufra deslumbramiento por efecto de las luminarias. Esto se fundamenta en que, al estar deslumbrado, necesita mayor contraste para distinguir los objetos y por lo tanto el sistema le debe suministrar una cantidad de energía lumínica mayor que si no estuviera sufriendo deslumbramiento. Técnicamente las recomendaciones internacionales evalúan el grado de deslumbramiento de un sistema mediante el índice TI ó Threshold Increment y establecen que éste no debe superar el 10% para que el usuario no se vea afectado mayormente. La forma de actuar sobre este TI es en la distribución de luz de las luminarias de la instalación, por lo que se verá también en ese ítem.

2) Luminarias:

En ellas podemos encontrar el mayor número de componentes que se pueden mejorar para contribuir a un sistema más eficiente.

a) Reflector

Este es un componente del sistema óptico cuya función es redirigir el flujo luminoso de la bombilla hacia el difusor o salida de la luminaria. Mientras mayor sea la absorción de luz en él, mayor será la pérdida de luz.

b) Difusor

El difusor tiene por objetivo proteger el sistema óptico del ingreso de contaminación y de agua, pero también puede en algunos casos ayudar a la mejor distribución de la luz hacia la calle (en este caso tiene por lo general prismas). También permite la protección de la bombilla de acciones vandálicas.

El difusor juega un rol importante en las pérdidas de luz en el interior de la luminaria puesto que a través de él debe pasar toda la luz directa de la lámpara y la reflejada en el reflector. Por tanto es un componente muy influyente en la eficiencia del sistema de alumbrado público.

El conjunto difusor-reflector-lámpara definen en parte el TI mencionado en (1) Usuario y también el sistema óptico de la luminaria.

c) Eficacia de la lámpara

Para efectos del sistema de alumbrado público la lámpara es un componente que consume energía eléctrica y emite energía lumínica. El Índice de Eficiencia se mide en lúmenes sobre watt y representa la potencia lumínica que es capaz de producir la lámpara por cada watt de entrada. En el lenguaje de especialistas se habla de la Eficacia de la lámpara.

d) Pérdidas en los Balastos

Los balastos son componentes eléctricos de la luminaria encargados de limitar las características de corriente y tensión en la lámpara. En esta labor se producen pérdidas principalmente en forma de calor, lo cual hace que la Eficacia de ellos varíe en el rango de 10 a 20%. Los balastos de naturaleza electrónica pueden ofrecer trabajar con pérdidas bastante menores e incluso mejorar la Eficacia de las lámparas al trabajar con frecuencias mayores a 50 ciclos /segundo.

e) Características de Reflexión del pavimento

La capacidad de ver del usuario en la noche aumenta con la luminosidad del entorno y/o fondo. En el proceso de conducción nocturna el automovilista reconoce los objetos y obstáculos por contraste contra el fondo iluminado. Este fondo iluminado es el pavimento en el alumbrado público, que recibe la luz de las luminarias y la refleja hacia el observador o conductor. De ello se desprende que el pavimento, aunque aparentemente no es parte del sistema de alumbrado público en la realidad sí lo es. Mientras menos luz refleje el pavimento más energía luminosa se deberá consumir para mantener su luminosidad en los valores adecuados al usuario de las vías. Es tal su importancia en la Eficacia del sistema de alumbrado público que si se mejorara un 10% su reflexión se podría directamente bajar la iluminación en ese mismo 10%.

f) Factor de Utilización

El Factor de Utilización describe, para una instalación determinada, el porcentaje de Luz emitida por la lámpara que llega a la calle en cuestión, es decir, considera a la luminaria ya instalada en un lugar determinado alumbrando una calle de ancho conocido y con una altura de montaje dada.

1.4.2. Medidas para la mayor eficiencia energética y rentabilidad

Con los años, las normativas referentes a la eficiencia energética son cada vez más numerosas y los presupuestos cada vez más limitados; nos encontramos con que cada vez es más complicado tomar decisiones sobre cómo mejorar el uso y la eficiencia en el campo de la energía. A continuación mencionaremos medidas básicas de ahorro en el alumbrado público [13] (luminarias e instalación):

- Reducir las horas de funcionamiento:

Resulta importante garantizar que las luces están en funcionamiento únicamente cuando es necesario, y que sólo estén en funcionamiento cuando la cantidad de luz diurna sea inferior a un nivel determinado. Esto se puede lograr utilizando y optimizando un sistema de conmutación fotoeléctrica, que deberá encontrarse en buen estado para su correcto funcionamiento.

- Reducir la potencia y/o el número de farolas en funcionamiento:

Para poder calcular el ahorro deberán analizarse las instalaciones en cuestión de manera individual.

- Sustituir las fuentes luminosas ineficientes por otras eficientes:

Utilizando fuentes luminosas más eficientes se podría reducir el número de farolas en funcionamiento sin alterar el nivel de iluminación. Por lo general las lámparas y balastos que se utilizan para un sistema no se pueden intercambiar con los de otro, y el reajuste no suele ser rentable económicamente en la mayoría de los casos. Para poder cambiar el tipo de fuente lumínosa es necesario cambiar la luminaria completa.

- Equipos auxiliares:

Con la utilización de condensadores se puede corregir el factor de potencia del sistema y minimizar el consumo de energía reactiva. Con estos sistemas se obtiene una reducción del consumo energético y un ahorro de la factura energética por una reducción de energía reactiva.

- Mejorar el sistema de control:

Los nuevos sistemas de control digital consisten de unidad de control en la luminaria así como procesador de datos para la gestión y control de las instalaciones de manera independiente. El ahorro potencial es de un 30% del suministro eléctrico y un 40% de los costes de mantenimiento. El coste de inversión de estos sistemas, especialmente en el caso de modernización de sistemas ya instalados, es elevado, y los costes de ciclo vital deberán calcularse de manera independiente para obtener una estimación del periodo de amortización.

- Mejorar las prácticas de mantenimiento:

Es necesario un mantenimiento de todas las instalaciones de alumbrado para que éstas alcancen un rendimiento máximo. La suciedad en una lente, en un panel o en los reflectores disminuye el flujo lumínoso de la luminaria. Además hay que tener en cuenta que las lámparas fallan a unos intervalos razonablemente predecibles, hecho que permite planificar la sustitución de todas las lámparas a intervalos programados antes de que fallen

en lugar de sustituirlas puntualmente una vez se produce el fallo. Otra manera de reducir los costes es limitar el número de tipos de aparatos y de lámparas, de manera que se puedan obtener mejores condiciones de compra, además de facilitar las tareas de almacenaje. Una gestión de datos informatizada ayuda a conocer el número y tipos de lámparas y de aparatos.

El coste total de una instalación de alumbrado público típica durante un periodo de 25 años supone un 85% de mantenimiento y suministro eléctrico y sólo un 15% de costes de inversión. Por consiguiente, resulta de suma importancia cuidar el diseño y la selección de tipos de lámpara y de luminarias de la instalación.

Las unidades de alumbrado disponibles lo están en una variedad de formas que dirigen la luz hacia donde es necesaria y más allá. Las unidades con lámparas de sodio a alta presión han sido las de más utilizadas para el alumbrado público durante muchos años. Estos aparatos descargan la luz hacia abajo, proporcionando más iluminación a la calzada, sin deslumbrar y sin emitir luz parásita (esto es, en direcciones no deseadas). Las nuevas unidades son por lo general más eficientes en términos luminoso, lo que permite utilizar fuentes luminosas con menor potencia. La instalación de luminarias del tipo "cut-off" ha recibido en algunos casos una respuesta negativa por parte de algunos ciudadanos, dado que la ausencia de resplandor en la distancia crea la sensación de un alumbrado insuficiente.

El diseño de las luminarias debe permitir poder realizar el cambio de lámpara con facilidad. La calidad del sellado es sumamente importante para evitar que entren insectos y suciedad, lo que afectaría al rendimiento óptico y a los costes de mantenimiento.

1.4.3. Tecnología en el alumbrado público

Entre las tecnologías referentes al alumbrado público tendremos en cuenta las lámparas, los equipos auxiliares, los equipos de control y los métodos de control [14], [15] y [16].

1.4.3.1. Lámparas

En la actualidad, existen básicamente 5 tecnologías principales para alumbrado exterior: Vapor de Mercurio (VM), Vapor de Sodio de Baja Presión (VSBP), Vapor de Sodio de Alta Presión (VSAP), Halogenuros Metálicos (HM) y las innovadoras luminarias LED.

A continuación se describen los distintos tipos de lámparas:

Vapor de mercurio:

El vapor de mercurio produce una luz blanca, la cual presenta un mejor índice de reproducción cromática que las luces "amarillas" que se ven en el alumbrado público. Su gran inconveniente es su baja eficiencia energética (36 a 60 lm/W) que hace muy recomendable su sustitución por lámparas de mayor eficiencia.



Lámparas de sodio de baja presión (VSBP):

Son las de mayor eficiencia (hasta 190 lm/W en el caso de las de eficacia mejorada), las lámparas de sodio de baja presión (VSBP), han sido utilizadas tradicionalmente para la iluminación de zonas rurales y carreteras secundarias. El índice de reproducción cromática es bajísimo y hace que todos los colores se manifiesten en distintos tonos de gris. Además, son lámparas muy grandes (del tamaño de un antebrazo) que no emiten luz de manera puntual, por lo que es más complicado fabricar reflectores que proporcionen una distribución luminosa aceptable. Actualmente se encuentran bastante en desuso y nadie plantea apostar por esta

tecnología.

Vapor de sodio de alta presión (VSAP):

El vapor de sodio de alta presión (VSAP) es una tecnología razonablemente eficiente (hasta 140 lm/W pero con valores típicos en torno a los 70-100 lm/W) que presenta el inconveniente de un índice de reproducción cromática bastante bajo. Esto es, la luz amarillenta que desprenden no permite distinguir muy bien los colores. En alumbrado público es una buena opción y en la actualidad es utilizado en casi todas las instalaciones.

Existe una tipología con mayor nivel de presión denominada Sodio Blanco, que proporciona la mayor reproducción cromática de las lámparas de sodio con eficacia menor. Estas lámparas se emplean en aplicaciones que requieran mayor índice de reproducción cromática, como son escaparates de comercios y edificios pintorescos de una ciudad, paseos, jardines, etc.



Halogenuros metálicos cerámicos:

Esta nueva familia de lámparas combina la tecnología de las lámparas de halogenuros metálicos con la tecnología de las lámparas de sodio de alta presión (quemador cerámico). El tubo de descarga cerámico, frente al de cuarzo de los halogenuros metálicos convencionales, permite operar a temperaturas más altas, aumenta la vida útil, la eficacia luminosa y mejora la estabilidad del color a lo largo de la vida de las lámparas.

Los halogenuros metálicos cerámicos, aproximadamente tan eficientes como las lámparas de VSAP y presentan un índice de reproducción cromática mucho mejor: luz blanca que permite diferenciar los colores. Sin embargo, presentan el inconveniente de un menor número de horas de vida, lo que implica un mayor gasto en el mantenimiento. Por tanto, se utilizan cuando es importante la función estética y la cantidad de la luz.



Lámparas LED:

Los Diodos Emisores de Luz (LED: Lighting Emitting Diode) están basados en semiconductores que transforman directamente la corriente eléctrica en luz. No poseen filamento, por lo que tienen una elevada vida (hasta 50.000 horas) y son muy resistentes a los golpes. Además, según la empresa Philips, son un 81% más eficientes que las lámparas de mercurio (un 90% si son regulables) y un 65% más eficientes que las de sodio de alta presión (74% regulables). Pero nos encontramos con una nueva tecnología, en pleno desarrollo, lo que conlleva que su precio sea elevado y en muchas ocasiones no salga rentable por el momento.

De todas formas, nos encontramos con la tecnología del futuro, por lo que profundizaremos un poco más en este tipo de lámparas.

- Ventaja de la luz blanca.

La luz blanca tiene la posibilidad de transformar el paisaje urbano nocturno, no sólo desde el punto de vista estético, sino también desde la perspectiva de la seguridad y la eficiencia energética. Usando la luz blanca se puede reducir el coste de explotación – además de las emisiones de CO₂, que se sitúan a un nivel inferior al que nunca se habría imaginado- y se obtiene una calidad de iluminación superior.

Con la entrada del nuevo Reglamento de Eficiencia Energética en las Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE) los niveles instalados en la mayoría de las ciudades se deben disminuir para garantizar un uso óptimo de la energía. Lo que podía ser un problema de

sensación de inseguridad para los ciudadanos , gracias a la luz blanca neutra de los LEDs se transforma en una oportunidad de mejorar la calidad de la luz y su percepción a la par que disminuir las potencias instaladas.

En las siguientes imágenes, obtenidas del catálogo de la empresa Philips, podemos observar la diferencia entre la reproducción cromática de las lámparas LED y la de las de VSAP.



Instalación con Luz blanca cálida (3.000K)



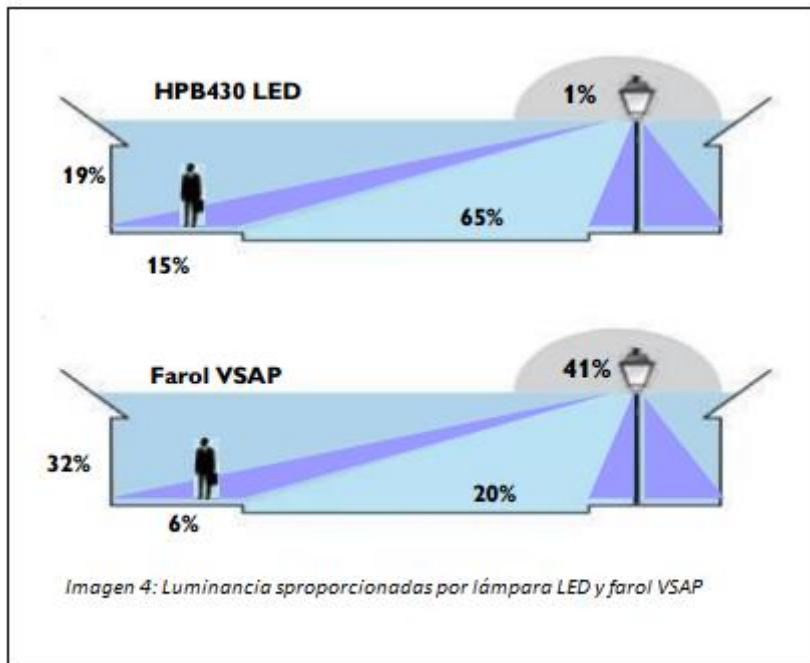
Instalación con VSAP

- Conservación del ambiente nocturno.

La conservación del ambiente nocturno implica la reducción de la “luz innecesaria” durante la noche, al mismo tiempo que se mantiene un nivel seguro de visibilidad.

Si comparamos un farol clásico de Vapor de Sodio de Alta Presión sin bloque óptico, vemos como menos del 20% de la luz es usada en la calzada, mientras que la lámpara de LED dirige más del triple en esa zona. Además este farol emitirá más del 40% de su flujo al hemisferio superior, mientras que el LED apenas emite un 1%. Esta es la mejor explicación de cómo se consigue el ahorro energético entre una fuente con mayor paquete lumínico frente a otra de menor paquete lumínico pero de mayor eficiencia en su uso.

Ejemplo gráfico tomado del catálogo de lámparas LED de Philips:



1.4.3.2. Equipos auxiliares

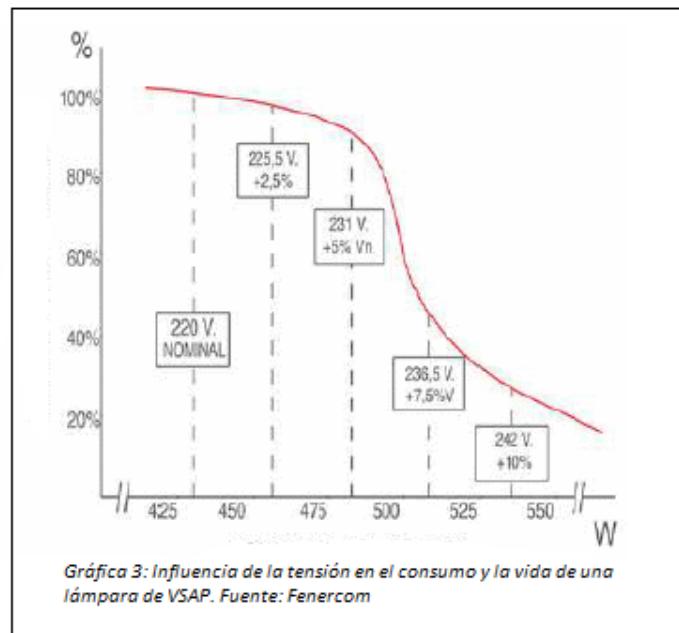
Las lámparas de descarga en general tienen una característica tensión-corriente no lineal y ligeramente negativa, que da lugar a la necesidad de utilización de un elemento limitador de la intensidad que se denomina genéricamente balasto, para evitar el crecimiento ilimitado de la corriente y la destrucción de la lámpara cuando ésta ha encendido.

Asociado al balasto, según el tipo deberán preverse los elementos adecuados para la corrección del factor de potencia. Además de los dispositivos de regulación de la corriente de lámpara y de corrección del factor de potencia, requeridos por todas las lámparas de descarga para su funcionamiento, algunos tipos de lámparas de alta corriente de descarga, como son las de vapor de sodio a alta presión (VSAP), lámparas de mercurio con halogenuros metálicos (HM) de tipo europeo y vapor de sodio a baja presión (VSBP), necesitan una tensión muy superior a la de la red para iniciar o “cebar” la corriente de arco. Se precisa, por tanto, incluir en el equipo auxiliar un dispositivo que proporcione y soporte en el instante de encendido la alta tensión necesaria para el cebado de la corriente de arco de la lámpara. Dicho dispositivo se denomina arrancador.

Balastos:

Los sistemas para iluminación que integran lámparas de descarga asociadas a balastos tipo serie, de Vapor de Sodio Alta Presión (VSAP) o Vapor de Mercurio (VM), son muy susceptibles a las variaciones en su tensión de alimentación. Tensiones superiores al 105 % del valor nominal para el que fueron diseñadas disminuyen fuertemente la vida de las lámparas y equipos incrementando el consumo de energía eléctrica.

La figura siguiente, proporcionada por Fenercom, refleja la fuerte influencia de la tensión de alimentación en el consumo y en la vida de una lámpara VSAP. El incremento del 7 % produce una disminución en la vida de la lámpara del 50 % y un exceso de consumo del 16 %. De ahí la gran importancia de estabilizar la alimentación que llega a los receptores de alumbrado.



La introducción de balastos electrónicos soluciona este problema, además de reducir el consumo del equipo auxiliar de manera importante. De manera concreta, el balasto electrónico es un dispositivo compacto que realiza las funciones del equipo auxiliar y, por tanto, sustituye al balasto electromagnético, condensador y arrancador en las lámparas de sodio a alta presión. El balasto electrónico estabiliza la potencia en lámpara y, consecuentemente, el consumo en red frente a variaciones de tensión comprendidas entre 180 y 250 V. Como resultado, al estabilizar la potencia, mantiene la vida media de la lámpara mejor que los balastos electromagnéticos. Por el contrario, los balastos electrónicos son equipos más sensibles y menos robustos que los electromagnéticos.

En las condiciones de funcionamiento las pérdidas propias del balasto electrónico no superan el 4 ó 5% de la potencia eléctrica consumida en lámpara, lo cual resulta ventajoso frente al consumo real del equipo auxiliar (balasto electromagnético, condensador y arrancador) que oscila entre un 9,3 y un 27,5% sobre la potencia nominal de la lámpara.

El inconveniente de los balastos electrónicos frente a los electromagnéticos, dada su mayor sensibilidad, es la especial protección que debe tenerse en cuenta en relación específicamente a las tormentas meteorológicas entre nubes y tierra con sobrecargas eléctricas (rayos), elevadas temperaturas, perturbaciones eléctricas, etc.

Como se verá más adelante, existen otras formas de estabilizar la tensión de entrada sin necesidad de sustituir balastos y que puede resultar más rentable desde el punto de vista económico.

Imágenes de balastos obtenidas de WIKI EOI:



1.4.3.3. Equipos de control

Se puede actuar en el funcionamiento normal del ciclo de iluminación desde varios puntos. Por un lado, optimizando los tiempos de encendido (en el ocaso) y de apagado (en el orto), ajustándolos exactamente a las condiciones de ahorro deseadas, siempre manteniendo las condiciones de seguridad. Esto se realiza mediante el uso de equipos de control destinados a estas funciones, como pueden ser los interruptores crepusculares y los interruptores horarios astronómicos. Igualmente se puede actuar sobre la intensidad luminosa del alumbrado mediante la reducción del nivel luminoso.

Interruptores crepusculares

Son dispositivos electrónicos capaces de conmutar un circuito en función de la luminosidad ambiente. Para ello utilizan un componente sensible a la luz (célula fotoeléctrica) que detecta la cantidad de luz natural que existe en el lugar de instalación, comparando este valor con el ajustado previamente. En función de esta comparación, se activa o desactiva un relé que estará conectado en la instalación con los elementos de maniobra de encendido-apagado de la iluminación.

Para un correcto funcionamiento de las instalaciones de alumbrado con interruptores crepusculares, éstos deben estar dotados de circuitos que incorporen histéresis, es decir, un retardo antes de las maniobras que posibilite eliminar fallos de encendidos o apagados debidos a fenómenos meteorológicos transitorios, tales como el paso de nubes, rayos, etc., o luces de automóviles.

Los inconvenientes del uso de los interruptores crepusculares son el difícil acceso a los mismos durante su mantenimiento o reparación, ya que normalmente se instalan en lugares de complicado acceso. Además, la polución provoca un paulatino oscurecimiento de las envolventes, por lo que a lo largo del tiempo las maniobras no se realizan en los momentos esperados.

Interruptores horarios astronómicos

Son interruptores horarios que incorporan un programa especial que sigue los horarios de ortos y ocasos de la zona geográfica donde esté instalado. Esta característica tiene la importante ventaja de que no es necesaria la reprogramación manual y periódica de los tiempos de encendido y apagado. Además, tienen la posibilidad de poder retrasar o adelantar de manera uniforme estos tiempos de maniobra, consiguiendo con ello un ahorro adicional. Estos interruptores horarios deben disponer de dos circuitos independientes, uno para el encendido y apagado total del alumbrado y otro para las órdenes de reducción y recuperación de flujo luminoso, durante las horas de menos necesidad de todo el flujo. Existen modelos que permiten incorporar días especiales, en los que las maniobras son distintas debido a festividades, fines de semana, etc. Finalmente, no hay que olvidar que para que el interruptor horario no derive la ejecución de las maniobras a lo largo del tiempo, debe cumplir con una buena base de tiempos y un ajuste adecuado de su precisión de marcha.

1.4.3.4. Métodos de control

Apagado parcial (doble circuito):

Con este sistema lo que se consigue es reducir el consumo apagando parte de las luminarias durante un periodo de tiempo determinado, siendo el ahorro conseguido directamente proporcional al número de luminarias apagadas.

Aunque el sistema es efectivo, su mayor inconveniente es la pérdida de uniformidad lumínica. Además, en los casos donde siempre se apagan las mismas luminarias existe una disparidad en la vida de las lámparas. Por estos motivos, se desarrollaron los interruptores horarios astronómicos con circuitos alternativos, de forma que cada día alternaba el circuito a apagar.

Reactancias de doble nivel

Este sistema está basado en una reactancia que posibilita variar la impedancia del circuito mediante un relé exterior, reduciendo la intensidad que circula por las lámparas y consiguiendo ahorros del 40 % aproximadamente. La orden de activación viene dada por un hilo de mando o por un temporizador interno.

Pese a evitar el problema de la falta de uniformidad lumínica, el cambio brusco de régimen normal a régimen reducido provoca una sensación de falta de luz en el usuario. En los sistemas que incorporan un temporizador para evitar la instalación de la línea de mando, la reducción no está sincronizada y se produce a destiempo en las lámparas. En caso de un reencendido de la instalación de alumbrado cuando está en situación de nivel reducido, el temporizador inicia un nuevo retardo al volver la tensión de red, perdiéndose prácticamente el ahorro correspondiente al tiempo de régimen reducido.

Ninguno de los dos sistemas anteriormente descritos solventa los problemas de sobretensión en la red que disminuyen fuertemente la vida de las lámparas y equipos, y que provocan un gran incremento en el consumo de energía eléctrica.

Estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera:

La ventaja principal de estos equipos frente a las reactancias de doble nivel es que soluciona los problemas producidos por la inestabilidad de la red ya que durante las horas de régimen normal estabilizan la tensión de alimentación de la línea. En las horas de régimen reducido disminuyen la tensión a todas las luminarias, consiguiendo un ahorro adicional. Véase la incidencia de la tensión de alimentación en la siguiente figura.

El hecho de estar instalados en cabecera de línea, hace que su incorporación tanto en instalaciones de alumbrado nuevas como las ya existentes sea sencilla (no se precisa

intervención, siempre costosa, en cada uno de los puntos de luz del alumbrado) y facilita el acceso para su mantenimiento.

La instalación de un estabilizador de tensión y reductor de flujo en cabecera de línea (en adelante reductor de flujo) evita excesos de consumo en las luminarias, prolonga la vida de las lámparas y disminuye la incidencia de averías.

A modo de resumen, las ventajas de los estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso en cabecera de línea son:

- Prolonga la vida de las lámparas.
- Disminuye el coste de mantenimiento.
- Mantiene la uniformidad del alumbrado.
- Evita excesos de consumo (nivel nominal).
- Disminuye el consumo hasta el 40 % (nivel reducido).
- Rápida amortización.

Funcionamiento de los reductores de flujo luminoso:

Los reductores de flujo están previstos para funcionar a régimen continuo. No obstante se recomienda desconectar de la red durante las horas en que la iluminación no funciona, evitando de esta forma su reducido consumo en vacío. La conexión y desconexión de la red se realiza diariamente por un contactor controlado por un interruptor crepuscular o por un interruptor horario astronómico instalado en el cuadro de alumbrado.

Detallando el funcionamiento, los bornes del cambio de nivel (flujo nominal a reducido) reciben la orden a la hora deseada, iniciando una lenta disminución (aprox. 6 V por minuto) hasta situarse en la tensión de régimen reducido. La regulación de la tensión nominal de salida tiene que seguir manteniéndose en el ± 1 % para cualquier variación de carga de 0 a 100 %, y para las variaciones de la tensión de entrada admisibles (normalmente ± 7 %), debiendo ser esta regulación totalmente independiente en cada una de las fases.

Ciclos de funcionamiento

Régimen de arranque: Desde el momento de la conexión a la red, los reguladores de flujo inician su ciclo de funcionamiento con una tensión de arranque ligeramente superior a la necesaria por los ignitores de encendido del equipo de iluminación, consiguiendo un suave arranque de las lámparas y limitando los picos de intensidad de arranque en los balastos y líneas de alimentación. Este valor de tensión de arranque se mantiene durante un tiempo programable (desde unos segundos hasta varios minutos), transcurrido el cual el equipo varía la tensión de salida hasta quedar estabilizada en el nivel correspondiente (normal o reducido). Los tiempos más cortos (menos de 3 minutos) se utilizan para fluorescencia y lámparas especiales. Con 6 minutos aproximadamente de tiempo de arranque se consigue la estabilización después del encendido de las lámparas de VSAP. Finalmente con 12 minutos de tiempo de arranque, se garantiza el reencendido adecuado de lámparas de VM y halogenuros metálicos.

Estabilización a régimen normal: Normalmente se puede elegir un pequeño rango de tensiones de salida, dependiendo del grado de envejecimiento de las lámparas, de su tensión nominal y del ahorro adicional que se quiera conseguir en el caso de nuevas instalaciones. El proceso sería el siguiente:

Cuando toda la instalación tiene lámparas nuevas, se puede programar un régimen normal a 210 V.

Pasado el primer tercio de la vida útil, se puede cambiar a 215 V

Pasados dos tercios de la vida útil de las lámparas se puede volver a cambiar a su tensión nominal.

De esta forma se mantiene prácticamente uniforme el flujo luminoso de la instalación durante toda la vida de las lámparas

Estabilización a régimen reducido: Una orden externa, generada por un elemento de control (interruptor crepuscular o interruptor horario astronómico) fija el nivel de iluminación en función de las horas a régimen normal o régimen reducido. La velocidad de variación de la tensión de salida, cuando se cambia de régimen normal a régimen reducido o viceversa se realiza de forma lenta (alrededor de 6 V por minuto), de manera lineal en los equipos de variación continua y con pequeños saltos en los modelos de variación escalonada. De esta forma se garantiza el perfecto comportamiento de las lámparas sin deterioro de su vida. Las tensiones de régimen reducido oscilan entre 175 V para VSAP y 195 V para VM. El régimen reducido puede ser mantenido hasta la hora de apagado del alumbrado o retornar al régimen normal en las primeras horas de la mañana. Estas tensiones se pueden programar con un pequeño incremento (por ejemplo 5 V) a fin de corregir una iluminación escasa o caídas de tensión importantes en las instalaciones de alumbrado.

1.5. Normativa

RD 1980/2008

El **14 de noviembre de 2008** se promulga el **Real Decreto 1890/2008**, 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. [17]

Este reglamento tiene por objeto establecer las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que deben reunir las instalaciones de alumbrado exterior, con la finalidad de:

- Mejorar la eficiencia y ahorro energético, así como la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Limitar el resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínosa y reducir la luz intrusa o molesta.

Este reglamento se aplica a las instalaciones incluidas en las instrucciones técnicas complementarias ITC-BT del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, siguientes:

- a) Las de alumbrado exterior, a las que se refiere la ITC-BT 09;
- b) Las de fuentes, objeto de la ITC-BT 31;
- c) Las de alumbrados festivo y navideños, contempladas en la ITC-BT 34.

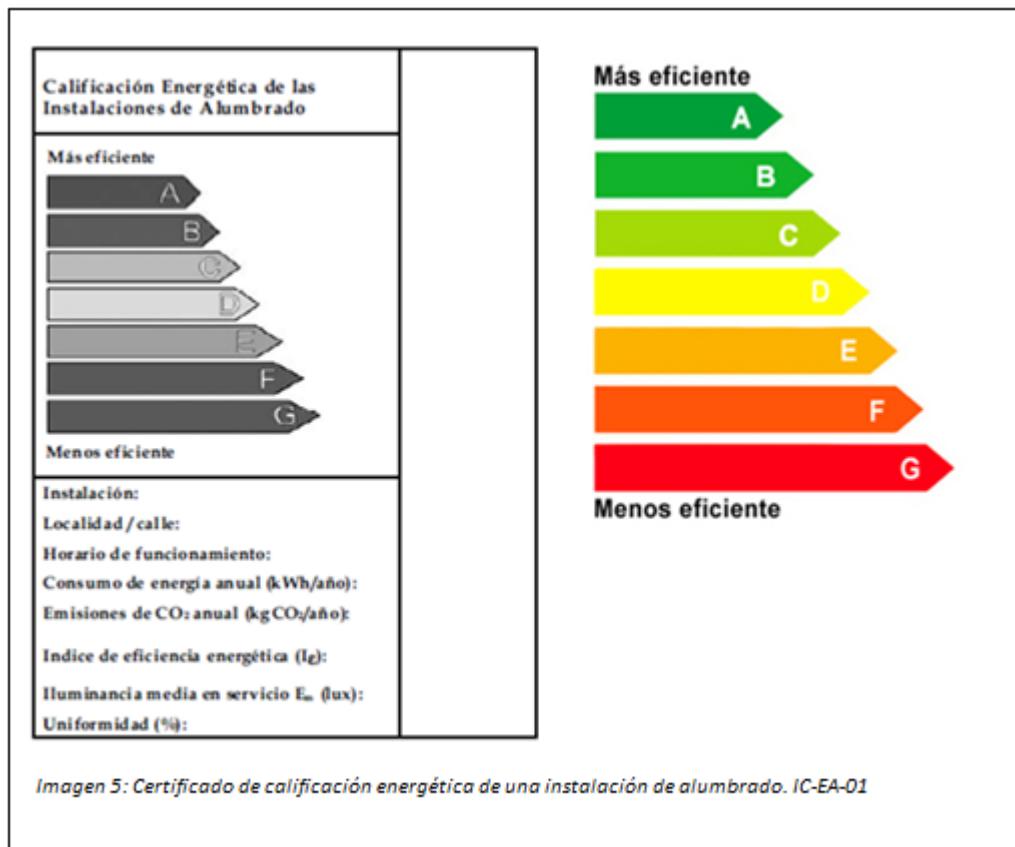
Este reglamento se aplicará a nuevas instalaciones, a sus modificaciones y ampliaciones. Se excluyen de este reglamento las instalaciones y equipos de uso exclusivo en minas, usos militares, regulación de tráfico, balizas, faros, señales marítimas, aeropuertos y otras instalaciones y equipos que estuvieran sujetos a reglamentación específica.

Con el fin de lograr una eficiencia energética adecuada en las instalaciones de alumbrado exterior, éstas deberán cumplir con los requisitos establecidos en las instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-09.

Instrucciones técnicas complementarias al Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público, ITC-EA-01 a ITC-EA_07.

Instrucción complementaria EA-01. Eficiencia energética

Esta instrucción nos da los requisitos mínimos de eficiencia energética del alumbrado, así como los valores de referencia de eficiencia energética y la clasificación energética de una instalación.



Instrucción complementaria EA-02. Niveles de iluminación.

Esta instrucción nos da las tablas referentes a la clasificación de las vías y la clase de alumbrado para cada tipo de vía.

Instrucción complementaria EA-03. Resplandor nocturno y luz intrusa molesta.
Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa y datos de flujo luminoso. Establece que se deberá limitar las emisiones luminosas en caso de zonas de alta contaminación luminosa así como se evitará la luz intrusa molesta para los propios ciudadanos.

Instrucción complementaria EA-04. Componentes de la instalación

Se refiere a las lámparas, luminarias, equipos auxiliares, sistemas de accionamiento y sistemas de regulación del nivel luminoso.

Instrucción complementaria EA-05. Documentación técnica, verificaciones e inspecciones.

Documentación técnica necesaria para el proyecto. Memoria Técnica de Diseño. Verificación e inspección de las instalaciones.

Instrucción complementaria EA-06. Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones.

Generalidades. Factor de mantenimiento. Operaciones de mantenimiento.

Instrucción complementaria EA-07. Mediciones luminotécnicas en las instalaciones de alumbrado.

Medidas luminotécnicas correspondientes a las verificaciones e inspecciones de las instalaciones de alumbrado exterior. Medida de luminancia e iluminancia. Estudio del deslumbramiento perturbador.

ISO 50001:2011

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 50001:2011 que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 50001:2011.

Esta norma anula y sustituye a las normas UNE-EN 6001:2010 y UNE-ISO 50001:2011. [18] La norma EN ISO 50001:2011 establece los requisitos que debe poseer un Sistema de Gestión Energética, con el fin de realizar mejoras continuas y sistemáticas del rendimiento energético de las organizaciones.

Esta Norma Internacional [19] especifica los requisitos aplicables al uso y consumo de la energía, incluyendo la medición, documentación e información, las prácticas para el diseño y adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal que contribuyen al desempeño energético.

ITC-BT-09

Es la Instrucción Técnica en Baja Tensión que se encarga de las instalaciones de alumbrado público [20].

Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kyoto [21] es lo que «pone en práctica» la Convención. Basándose en los principios de la convención, este protocolo compromete a los países industrializados a estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero. La Convención por su parte solo alienta a los países a hacerlo.

El PK, como se le denomina por abreviar, fue estructurado en función de los principios de la Convención. Establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI que hay actualmente en la atmósfera, y que son el resultado de quemar fósiles combustibles durante más de 150 años. En este sentido el Protocolo tiene un principio central: el de la «responsabilidad común pero diferenciada».

El Protocolo ha movido a los gobiernos a establecer leyes y políticas para cumplir sus compromisos, a las empresas a tener el medio ambiente en cuenta a la hora de tomar decisiones sobre sus inversiones, y además ha propiciado la creación del mercado del carbono.

En general el Protocolo de Kyoto es considerado como primer paso importante hacia un régimen verdaderamente mundial de reducción y estabilización de las emisiones de GEI, y proporciona la arquitectura esencial para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firme en el futuro.

1.6. Objetivo

El presente proyecto lo desarrolla la alumna Sara Bellón Mendez, con NIA:539604, de la universidad de Zaragoza, y es dirigido por el doctor Francisco Javier Arcega Solsona.

Como ya hemos visto, el aumento del consumo energético, debido al desarrollo económico y social de la sociedad, ha llevado a la necesidad de sistemas de control que lo regulen. La eficiencia energética es una práctica, que cada vez adquiere más importancia y que tiene como objeto la reducción del consumo de energía. Se han establecido nuevas normas de eficiencia y gestión energética que afectan a todo tipo de consumo de energía, incluido el alumbrado público que es en el que estamos profundizando.

En este proyecto vamos realizar un ejemplo de Auditoría Energética de Alumbrado Público, partiendo de las pautas para la realización de una auditoría energética según el Protocolo de Auditoría Energética de Alumbrado Público.

2. Auditoría de Eficiencia Energética en el Alumbrado Público

Un Auditoría de Eficiencia Energética es una inspección, estudio y análisis de un edificio, instalación, proceso, sistema, etc. con el objeto de reducir el consumo de energía, disminuir costos y promover sustentabilidad económica, política y ambiental.

Por Auditoría Energética en el Alumbrado Público entendemos el análisis de situación que nos permite conocer el modo de explotación, funcionamiento y prestaciones de unas instalaciones de alumbrado, el estado de sus componentes, sus consumos energéticos y sus correspondientes costes de explotación, con el objetivo de:

- Mejorar la eficiencia y el ahorro energético de estas instalaciones.
- Adecuar y adaptar estas instalaciones a la normativa vigente.
- Limitar el resplandor lumínoso y su contaminación lumínica.

El cambio de una instalación de alumbrado existente por una energéticamente más eficiente supone una inversión inicial pero, en un futuro, los costes de operación y mantenimiento se verán reducidos. La pregunta es si los ahorros futuros justifican el gasto inicial.

Para evaluar el coste de una instalación de iluminación [22] no se debe tener en cuenta únicamente el coste inicial, sino también los costos de explotación previstos, ya que el coste de la energía eléctrica facturada es muy importante en el coste global de la instalación.

Por tanto, para realizar un análisis de costes se requieren los siguientes datos:

- Número y tipo de luminarias necesarias.
- Precio de la luminaria.
- Número y tipo de lámparas necesarias.
- Precio de la lámpara.
- Consumo por luminaria/proyector, incluyendo las pérdidas de los equipos.
- Tarifas de energía eléctrica.
- Vida útil de la lámpara.
- Horas de funcionamiento anual de la instalación.
- Financiación y amortización.

2.1. Protocolo

En el 2008, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDEA), el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, y el Comité Español de Iluminación, trazan el Protocolo de Auditoría Energética de las Instalaciones de Alumbrado Público Exterior [23].

2.1.1. Objetivo

Este documento tiene por objetivo facilitar un procedimiento de actuación con el alcance de los trabajos para la realización de una auditoría energética de instalaciones de alumbrado público exterior.

2.1.2. Alcance de los trabajos

El alcance de los trabajos a realizar de la auditoría energética será en principio una toma de datos, seguido por una auditoría energética de cada una de las instalaciones, el análisis del cumplimiento de las normativas y la elaboración de propuestas de actuación.

2.1.3. Toma de datos de las instalaciones de alumbrado

El punto de partida es el acceso a la información de base del diseño y características de las instalaciones de alumbrado. Esta información deberá ser aportada por los servicios técnicos del Ayuntamiento, al estar contenida en la documentación y planos de los proyectos originales y replanteos o reformas acometidas con posterioridad.

El Auditor debe realizar las mediciones correspondientes de todos los parámetros eléctricos incluidos en las fichas, tales como: tensión entre fases, fases y neutro, corriente en cada fase, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, etc. Igualmente debe realizar las mediciones y cálculos de los parámetros lumínicos de cada tipo de instalación: flujos luminosos, luminancias, iluminancias, etc. Para la realización de estas mediciones y la obtención de los datos necesarios, el Auditor deberá disponer de los equipos de medida necesarios, tales como: registradores de intensidad y tensión, tenaza ampermétrica y voltmétrica, analizador de redes, luxómetro-luminancímetro, etc.

Con carácter enunciativo y no limitativo, se analizarán los siguientes aspectos:

1) Inventario desglosado de la instalación y de sus componentes:

Identificación de la situación de cada uno de los centros de mando existentes, sus elementos, su estado, etc.

- Cuadros eléctricos de mando y control.
 - Identificación de los componentes.
 - Características mecánicas.
 - Características eléctricas.
 - Protecciones.
 - Líneas de salida.
 - Puntos de luz por línea.
 - Características de los puntos.

Identificación de cada uno de los suministros eléctricos a cada cuadro de mando y control.

- Líneas de distribución y acometida.
 - Tipo de líneas.
 - Ubicación y características.
 - Secciones.
 - Protecciones.

Identificación de los puntos de luz en cuanto a su distribución, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.

- Puntos de luz. Disposición.
 - Ubicación.
 - Características.
 - Disposición.
 - Tipología.

Identificación de todas y cada una de las luminarias en cuanto a sus características, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.

- Tipo de luminarias.
 - Ubicación.
 - Características.
 - Disposición.
 - Tipología.

Identificación de todas y cada una de las lámparas en cuanto a sus características, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.

- Tipos de lámparas.
 - Características.
 - Identificación.
 - Potencia.
 - Tipología.

Identificación de todos y cada uno de los equipos de arranque de las lámparas en cuanto a sus características, tipo electromagnético o electrónico, nivel de encendido, etc., que pertenecen a cada cuadro de mando y control.

- Equipos de encendido.
 - Características.
 - Identificación de los elementos
 - Sistema.
 - Posibilidades de variación.

Identificación de cada uno los sistemas de regulación y control, por lámpara, por línea o general, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.

- Sistemas de regulación y control.
 - Características.
 - Sistema.
 - Capacidad del mismo.

Identificación de todas y cada una de las protecciones, tanto de entrada como de salida de línea, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.

- Protecciones.
 - Características.
 - Tipología.

Realización de una valoración general de la situación y estado de cada uno de los componentes en cada instalación.

2) Análisis funcional de las instalaciones:

Se realizará un análisis de la tipología de funcionamiento de las distintas instalaciones de alumbrado.

- Tipos de vía.
- Niveles de iluminación (Iluminancia)
- Niveles de iluminación (luminancia)

- Flujo hemisférico superior instalado
- Parámetro y criterios de calidad
- Uniformidades x Parámetros eléctricos
- Cumplimiento del REBT-ITC-09 (Instrucción técnica para sistemas de alumbrado exterior)

3) Análisis energético de las instalaciones:

Se analizarán los parámetros de consumo y eficiencia energética.

- Potencia instalada
- Potencia reducida
- Elementos de medida
 - Características.
 - Tipología.
 - Número de elementos.
- Elementos de reducción de potencia
 - Características
 - Tipología
- Sistemas de maniobra y protección.
 - Características.
 - Tipología.
- Índices de eficiencia energética.
- Coeficientes de utilización.
- Rendimiento de la instalación.

4) Mantenimiento y gestión. Horarios de funcionamiento:

Por último es importante conocer bajo qué condiciones se está gestionando y manteniendo cada una de las instalaciones que conforman el alumbrado público del municipio.

- Régimen de funcionamiento general.
- Régimen de funcionamiento reducido.
- Régimen general de utilización.
- Horario anual de funcionamiento.

2.1.4. Auditoría energética de las instalaciones de alumbrado

Esta fase contempla el análisis de la información obtenida, persiguiendo repartir el gasto energético por ratios relativos a la actividad desarrollada o el servicio atendido, y evaluando la eficiencia de los distintos equipos e instalaciones, determinando con ello las posibles actuaciones a acometer para su optimización en el gasto energético o su adecuación a normativas y reglamentos.

En este sentido, el análisis de eficiencia energética versará en gran medida sobre el diseño de este tipo de instalaciones, basándose en aspectos relativos a la definición de espacios iluminados, implantación de sistemas de regulación y control, optimización de potencias instaladas, limitación del resplandor luminoso y de la luz intrusa, y de todo ello, valorando la calidad de las instalaciones en estos aspectos.

Además, serán tenidos en consideración los criterios establecidos por organismos competentes en el uso y optimización energética de instalaciones como, por ejemplo, los establecidos por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.- IDAE y el Comité Español de la Iluminación.- CEI en su Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, u otros criterios o recomendaciones como las que se relacionan más adelante.

Igualmente, se analizarán las posibles pautas, procedimientos o sistemas adoptados en el municipio para el uso racional de la energía en sus instalaciones de alumbrado, como programas de gestión, de contabilidad energética, etc.

2.1.5. Presentación de los resultados

La presentación de los resultados seguirá el guion establecido en este documento y deberá reflejar los datos obtenidos en la cumplimentación del cuestionario de características, las mediciones realizadas sobre equipos, instalaciones y espacios iluminados, los ratios o consumos específicos obtenidos, así como la evaluación del grado de eficiencia de aquellos sistemas o subsistemas que se considere afectan de forma propia al consumo global de las instalaciones.

a) Se incluirá una evaluación técnica del funcionamiento de cada instalación, con observaciones relativas a las medidas correctoras que se deberían adoptar para la perfecta explotación de la misma.

b) El Auditor propondrá las reformas que fueran precisas para alcanzar el máximo ahorro energético en la explotación de las instalaciones y el cumplimiento de los parámetros de calidad de las mismas, en función del análisis de todos los datos obtenidos del estudio de la instalación.

Las posibles mejoras serán valoradas en términos energéticos y económicos.

El documento final incluirá el escenario de la situación actual del alumbrado en el municipio mediante un cuadro resumen donde se refleje el nº de puntos de luz, la potencia instalada, las horas de funcionamiento anuales y su consumo y coste anuales de energía. Este mismo cuadro se cumplimentará para el escenario futuro, asumidas las reformas propuestas, y con las consecuencias energéticas y económicas derivadas de su implantación.

La evaluación económica incluirá el alcance de la realización de las medidas propuestas, así como los períodos de amortización propuestos de menor a mayor:

- ✓ Medidas con periodo de amortización menor de un año.
- ✓ Medidas con periodo de amortización menor de tres años.
- ✓ Medidas con periodo de amortización superior a tres años.

El informe final será complementado, en sus distintos capítulos, con información descriptiva de aquellas técnicas o nuevas tecnologías que le fueran de aplicación, puestas en el mercado para la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones y la reducción de su impacto ambiental: lámparas de menor consumo específico, luminarias con limitación de flujo al hemisferio superior, sistemas de regulación y control, etc.

El Auditor presentará la documentación en soporte gráfico y en soporte informático, lo que permitirá la posterior utilización por parte del Ayuntamiento. Asimismo, realizará la preparación técnica suficiente del personal encargado de la explotación y gestión de las instalaciones para la utilización de esta Auditoría.

2.1.6. Reglamento y normas de obligado cumplimiento

- Orden de 04/06/1984, CONSTRUCCIÓN. Norma Tecnológica de la Edificación NTE-IER "Instalaciones de Electricidad. Red Exterior". Órgano emisor: Ministerio Obras Públicas y Urbanismo. BOE 19/06/1984
- Real Decreto 2642/1985 de 18/12/1985, INDUSTRIAS EN GENERAL. Especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 24/01/1986

- Orden de 16/05/1989, INDUSTRIAS EN GENERAL. Modifica el anexo del Real Decreto 2642/1985, de 18-12-1985, sobre especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación
Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 15/07/1989
- Real Decreto 401/1989 de 14/04/1989, SIDEROMETALURGIA. Modifica Real Decreto 2642/1985, de 18-12-1985, sobre sujeción a especificaciones técnicas y homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico).
Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 26/04/1989
- Orden de 12/06/1989, SIDEROMETALURGIA. Establece la certificación de conformidad a normas como alternativa a la homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico). Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 07/07/1989
- Resolución de 25/10/2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se regula el período transitorio sobre la entrada en vigor de las normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad, de Endesa Distribución S.L.U. en el ámbito de esta Comunidad Autónoma Órgano emisor: Conserjería de Innovación, ciencia y empresa. BOJA 22/11/2005
- 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
- Real Decreto 1955/2000 de 01/12/2000, ELECTRICIDAD. Regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Órgano emisor: Ministerio Economía. BOE 27/12/2000

2.1.7. Recomendaciones internas

- Vocabulario internacional de iluminación. Publicación CIE 17.4: 1987
- Modelo Analítico para la Descripción de la Influencia de los Parámetros de Alumbrado en las Prestaciones Visuales. Publicación CIE 19.21/22: 1981
- Recomendaciones para la Iluminación de Autopistas. Publicación +CIE 23: 1973
- Cálculo y mediciones de la luminancia y la iluminancia en el alumbrado de carreteras. Publicación CIE 30.2: 1982
- Deslumbramiento y uniformidad en las instalaciones de alumbrado de carreteras. Publicación CIE 31: 1936
- Puntos especiales en alumbrado público. Publicación CIE 32/AB: 1977
- Depreciación y mantenimiento de instalaciones de alumbrado público. Publicación CIE 33: 1977
- Luminarias para alumbrado de carreteras: datos fotométricos, clasificación y prestaciones. Publicación CIE 34: 1977
- Alumbrado de carreteras en condiciones mojadas. Publicación CIE 47: 1979
- Retrorreflexión: definición y mediciones. Publicación CIE 54: 1982
- Alumbrado de la entrada de túneles: fundamentos para determinar la luminancia en la zona de umbral. Publicación CIE 61: 1984
- Pavimentos de carreteras y alumbrado. Publicación CIE 66: 1984
- Medición del flujo luminoso. Publicación CIE 84: 1989
- Guía para la iluminación de túneles y pasos inferiores. Publicación CIE 88: 1990
- Iluminación de carreteras como contramedida a los accidentes. Publicación CIE 93: 1992
- Guía para la iluminación con proyectores. Publicación CIE 94: 1993

- Contraste y visibilidad. Publicación CIE 95: 1992
- Recomendaciones para el alumbrado de carreteras con tráfico motorizado y peatonal. Publicación CIE 115: 1995
- Fotometría y gonio fotometría de las luminarias. Publicación CIE 121: 1996
- Guía para minimizar la luminosidad del cielo. Publicación CIE 126: 1997
- Guía para el alumbrado de áreas de trabajo exteriores. Publicación CIE 129: 1998
- Métodos de diseño para el alumbrado de carreteras. Publicación CIE 132: 1999
- Guía para la iluminación de áreas urbanas. Publicación CIE 136: 2000
- Métodos de cálculo para la iluminación de carreteras. Publicación CIE 140: 2000
- Recomendaciones para las Exigencias de la Visión en Color para el Transporte. Publicación CIE 143: 2001
- Características Reflectantes de las Superficies de las Calzadas y de las Señales de Tráfico. Publicación CIE 144: 2001.

2.1.8. Otras recomendaciones

- Normativa para la Protección del Cielo. Criterios en alumbrados exteriores. (Instituto Astrofísica de Canarias).
 - Informe técnico CEI. "Guía para la reducción del resplandor luminoso nocturno"(Marzo 1999).
 - Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento de 1999.
 - Recomendaciones CELMA.
 - Recomendaciones relativas al Alumbrado de las Vías Públicas, de la Asociación Francesa de Iluminación AFE.
 - Resumen de recomendaciones para la iluminación de instalaciones de exteriores o en recintos abiertos. (Ofic. Tec. para la protección de la calidad del cielo: versión junio 2001).
 - Métodos de cálculo para la iluminación de carreteras. Publicación CIE 140: 2000
 - Recomendaciones para las Exigencias de la Visión en Color para el Transporte. Publicación CIE 143: 2001
 - Características Reflectantes de las Superficies de las Calzadas y de las Señales de Tráfico. Publicación CIE 144: 2001.
 - Normativa para la Protección del Cielo. Criterios en alumbrados exteriores. (Instituto Astrofísica de Canarias).
 - Informe técnico CEI. "Guía para la reducción del resplandor luminoso nocturno"(Marzo 1999).
 - Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles del Ministerio de Fomento de 1999.
 - Recomendaciones CELMA.
 - Recomendaciones relativas al Alumbrado de las Vías Públicas, de la Asociación Francesa de Iluminación AFE.
 - Resumen de recomendaciones para la iluminación de instalaciones de exteriores o en recintos abiertos. (Ofic. Tec. para la protección de la calidad del cielo: versión junio 2001).
 - Draft Report de 21 de Junio de 2001 de CEN/TC 169. (Comité Europeo de Normalización).
 - Normativa para la protección del cielo (Instituto de Astrofísica de Canarias).
- Y todas aquellas que, aunque no se relacionen en este listado, pudieran ser de obligado cumplimiento en función del tipo de tarea a realizar.

2.2. Medición de la eficiencia energética de una instalación

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

siendo:

ε = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($m^2 \cdot lux/W$);

P = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W);

S = superficie iluminada (m^2);

E_m = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

Por otro lado [24], la iluminancia media en un servicio de la instalación es la cantidad de luz, medida en lúmenes, por área de la superficie a la que llega dicha luz.

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{S} \left(\frac{lm}{m^2} \right)$$

Siendo:

Φ = flujo luminoso de una fuente de radiación monocromática (lm).

Cuanto mayor sea la cantidad de luz y hasta un cierto valor máximo (límite de deslumbramiento), mejor será el rendimiento visual. En principio, la cantidad de luz en el sentido de adaptación del ojo a la tarea debería especificarse en términos de luminancia. La luminancia de una superficie mate es proporcional al producto de la iluminancia o nivel de iluminación sobre dicha superficie.

La eficiencia energética se puede determinar mediante la utilización de los siguientes factores:

E_L = eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares (lum/W= $m^2 lux/W$);

F_m = factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)

F_u = factor de utilización de la instalación (en valores por unidad)

$$\varepsilon = E_L \cdot F_m \cdot F_u \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

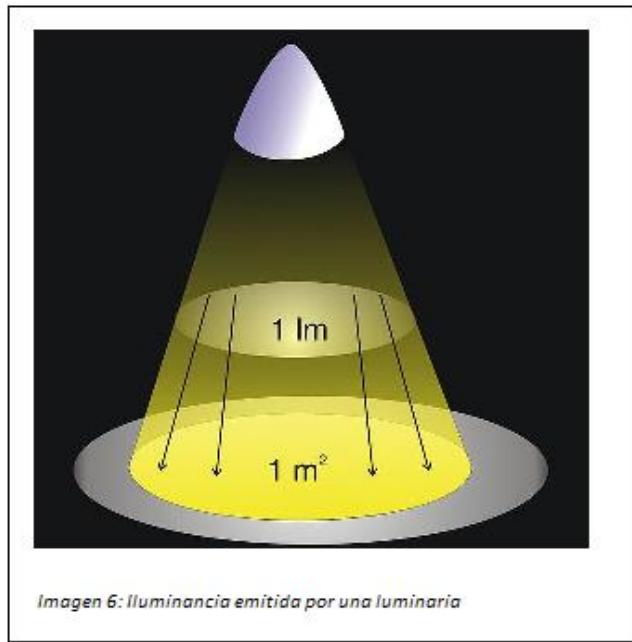
Eficiencia de la lámpara y equipos auxiliares (ε_L): Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.

Factor de mantenimiento (f_m): Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

Factor de utilización (f_u): Es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

El factor de utilización de la instalación es función del tipo de lámpara, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación, tanto en lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), como a la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se podrá actuar incrementando el valor de cualquiera de los tres factores anteriores, de forma que la instalación más eficiente será aquella en la que el producto de los tres factores -eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares y factores de mantenimiento y utilización de la instalación- sea máximo.



El equipo que mide la iluminancia es el luxómetro.

La luminancia es una característica propia del aspecto luminoso de una fuente de luz o de una superficie iluminada en una dirección dada. Es lo que produce en el órgano visual la sensación de claridad; la mayor o menor claridad con que vemos los objetos igualmente iluminados depende de su luminancia.

2.3. Niveles de iluminación

En el anexo del Protocolo de Auditoría de eficiencia energética en el alumbrado público podemos encontrar las tablas con la clasificación de los tipos de vías según la velocidad de circulación y las clases de alumbrado para cada tipo de vía.

En este apartado del anexo también se especifican los requisitos fotométricos aplicables a las vías correspondientes a las diferentes clases de alumbrado.

También se especifican los niveles de alumbrados específicos, considerándose estos los que corresponden a pasarelas peatonales, escaleras y rampas, pasos subterráneos peatonales, alumbrado adicional de pasos de peatones, parques y jardines, pasos a nivel de ferrocarril, fondos de saco, glorietas, túneles y pasos inferiores, aparcamientos de vehículos al aire libre y áreas de trabajo exteriores, así como cualquier otro que pueda asimilarse a los anteriores.

Para alumbrados ornamentales, correspondientes a fachadas de edificios, estatuas, fuentes... se proporciona una tabla con los valores mínimos de iluminancia media en servicio de alumbrado ornamental.

2.4. Resplandor luminoso nocturno

Se limitarán las emisiones luminosas hacia el cielo en las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de las de alumbrado festivo y navideño.

La luminosidad del cielo producida por las instalaciones de alumbrado exterior depende del flujo hemisférico superior instalado y es directamente proporcional a la superficie iluminada y a su nivel de iluminancia, e inversamente proporcional a los factores de utilización y mantenimiento de la instalación.

En el anexo del protocolo de Auditoría Energética de alumbrado público se presenta una tabla con los niveles máximos de flujo hemisférico superior instalado.

Recordamos que las lámparas de LED son las que menor FHS (flujo hemisférico superior) emiten debido a su flujo delimitado, siendo éstas las de menor contaminación lumínica.

2.5. Instrumentos de medida necesarios para las mediciones

La Calidad Eléctrica es un indicador del nivel de adecuación de la instalación para soportar y garantizar un buen funcionamiento de sus cargas. Una perturbación eléctrica puede afectar a la tensión, a la corriente o a la frecuencia. Dichas perturbaciones eléctricas pueden originarse en las instalaciones del usuario, las cargas del usuario o la compañía eléctrica.

Por ello es necesaria la supervisión de las instalaciones mediante los instrumentos de medida pertinentes.

- Registradores de intensidad y tensión.

Estos pueden ser monofásicos y trifásicos y se utilizan para medir la caída de tensión y la intensidad en los circuitos del alumbrado. A menudo los encontramos en un mismo aparato, el multímetro.

Los utilizaremos para medir la tensión entre fases, de fase y neutro. También la corriente por cada fase.

El Fluke 3000 FC [24] proporciona mediciones de corriente y tensión de valor eficaz verdadero.

El sistema HVAC Fluke 3000 FC, contiene, además del multímetro, un módulo inalámbrico de pinzas amperimétricas y un termómetro termopar.

- Analizador de calidad eléctrica.

Permite detectar y registrar todos los detalles de las perturbaciones eléctricas, realizar análisis de tendencias y verificar la calidad del suministro eléctrico conforme a la clase A durante intervalos definidos por el usuario.

Las pinzas amperimétricas están diseñadas para la medida de la calidad eléctrica y potencia que permiten solucionar problemas de primer nivel directamente en los equipos y analizadores monofásicos y trifásicos de calidad eléctrica. Estos instrumentos para analizar la calidad de energía eléctrica son adecuados para realizar tareas de mantenimiento predictivo, verificar la calidad del servicio conforme a las normas aplicables y llevar a cabo estudios de carga.

En la siguiente imagen tenemos un analizador Fluke 43B [25] ideal para mediciones para el alumbrado público.



- Registradores de calidad eléctrica.

Estos instrumentos determinan la calidad de energía eléctrica, realizan estudios de carga y capturan eventos de tensión difíciles de detectar durante un periodo de tiempo definido por el usuario.

Una herramienta muy útil es el registrador Trifásico Fluke 1735 con el cual podremos hacer un estudio de la carga con el cual verificaremos la capacidad del sistema eléctrico antes de añadir ninguna carga. Esta herramienta además nos permite calcular el consumo antes y después de las mejoras para justificar los dispositivos de ahorro de energía. Es un medidor de armónicos, con el cual podemos identificar cualquier problema de armónicos. Por último cuenta con captura de eventos de tensión con el cual podemos supervisar las fluctuaciones que provocan falsos reinicios o disparos inesperados del interruptor automático.

Registrador Trifásico Fluke 1735 [25]:



- Luxómetro

Un luxómetro es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. La unidad de medida es el lux (lx). Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de luxes.

Para su correcto funcionamiento primero nos colocaremos frente al foco de luz a analizar.

En el lector del luxómetro se ubica la escala para adaptar el aparato a la intensidad de luz que requieres.



Imagen obtenida de la web

- Luminancímetro

Es un aparato de medida para medir la densidad luminosa en cd/m². Estos se pueden encontrar como luxómetros a los que se les añaden unos dispositivos que permiten hacer de luminancímetro.

2.6. Fichas de campo a llenar por el auditor

A continuación, a modo de guía, se presentan unas tablas con los datos necesarios para componer una auditoría energética para el alumbrado público.

Fichas de campo a llenar por el Auditor:

- 1) Referentes a los datos de los cuadros generales de mando.

De este bloque se confeccionarán tantas fichas como cuadros eléctricos sean objeto de la auditoría.

DATOS GENERALES DEL CUADRO				
LOCALIDAD		PROVINCIA		
DIRECCIÓN		C.P.		
CIF. ABONADO		COOR. UTM		
Nº IDENTIFICACIÓN SUMINISTRO				

ACOMETIDA ELÉCTRICA				
INDIVIDUAL	SI	LONGITUD (m)		
	NO	SECCIÓN (mm ²)		
MONTAJE	AÉREA	MATERIAL	Cu	
	SUBTERRÁNEA		Al	
TIPO CONDUCTOR		AISLAMIENTO		
POTENCIA MAXIMA ADMISIBLE (kw)				

CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN				
SITUACIÓN	ALOJADA EN CUADRO	SI	NO	
	EXTERIOR	SI	NO	
	OTRA SITUACIÓN (ESPECIFICAR)			
	COODENADAS UTM			
GRADO DE PROTECCIÓN	IP	INT. NOMINAL FUSIBLE (A)		
	IK			

Tabla 7: Tablas referentes a los cuadros generales de mandos. Protocolo de Auditoría de Eficiencia Energética en el Alumbrado Público.

CUADRO DE PROTECCIÓN				
DIMENSIONES (m)	ALTO	UBICACIÓN	EXTERIOR	
	ANCHO		INTERIOR	
	FONDO			
MATERIAL	CONDUCTOR			
	AISLANTE			
	OTROS (Indicar)			
MONTAJE	PARED	ROTULACIÓN	SI	
	SUELO		NO	
LOS MÓDULOS COMPAÑÍA/PROPIEDAD				
ENCENDIDO MANUAL	SI	TIPO ENCENDIDO	SEPARADOS	
			UNIDOS	
			CELULA FOTOELECTRICA	
			RELOJ	
			PROGRAMADOR	
			ASTRONÓMICO	
			OTROS	
	NO			

Imagen 8: Tabla referente a los cuadros generales de mando. Protocolo Eficiencia Energética en Alumbrado Público

PUESTA A TIERRA DEL CUADRO				
EXISTE	SI			
TIPO	NO			
PICA				
PLACA				
OTROS (Explicar)				
SECCIÓN LÍNEA PRINCIPAL (mm ²)			RESISTENCIA (Ω)	

PROTECCIONES GENERALES				
INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO	CORTE OMNIPOLAR		SI	
	NO			
	POLOS (Nº)		INTENSIDAD (A)	
	TENSIÓN (V)		PODER DE CORTE (kA)	
INTERRUPTOR DIFERENCIAL	REARMABLE	SI		
		NO		
	POLOS (Nº)		INTENSIDAD (A)	
	TENSIÓN (V)		PODER DE CORTE (kA)	
REGULADOR CABECERA	EN	SI	SENSIBILIDAD (mA)	
			REARMABLE	
			SI	
			NO	
			POTENCIA (kW)	
			FASES	
			TIPO REGULADOR	ESTÁTICO
				DINÁMICO
				OTROS

Imagen 9: Tablas referentes a cuadros generales de mandos. Protocolo Eficiencia Energética Alumbrado Público.

EQUIPOS DE MEDIDA DE COMPAÑÍA				
COMPAÑÍA SUMINISTRADORA				
TRAfos MEDIDA	SI	REL. TRANSFORMACIÓN		
		CLASE DE TRAFO		
CONTADOR ACTIVA	NO	INTENSIDAD CONTADOR		
		TENSIÓN CONTADOR		
		RELACIÓN LECTURA		
CONTADOR REACTIVA	SI	INTENSIDAD CONTADOR		
		TENSIÓN CONTADOR		
		RELACIÓN LECTURA		
MAXÍMETRO	NO	INTENSIDAD CONTADOR		
		TENSIÓN CONTADOR		
		RELACIÓN LECTURA		
CONTADOR INTEGRAL	SI	INTENSIDAD CONTADOR		
		TENSIÓN CONTADOR		
		RELACIÓN LECTURA		
ICP	NO	INTENSIDAD NOMINAL		
		Nº DE POLOS		

Imagen 10: Tabla referente a cuadros generales. Protocolo Auditoría Eficiencia Energética en el ALumbrado Público.

DATOS FACTURA COMPAÑÍA ¹			
SUMINISTRO Nº			
PERÍODO	de		hasta
POTENCIA CONTRATADA (kW)			
POTENCIA MÁXIMA MARCADA EN EL MAXÍMETRO (kW)			
CONSUMO	POTENCIA ACTIVA (kW)	PUNTA	
		VALLE	
CONSUMO	POTENCIA REACTIVA (KVA)	LLANO	
		PUNTA	
		VALLE	
		LLANO	
IMPORTE RECIBO			

¹Tantas fichas como recibos haya generado el cuadro analizado en el período de un año.

Tabla 11: Referente a cuadros generales de mando. Protocolo Eficiencia Energética en el Alumbrado Público.

PROTECCIÓN, DIMENSIONADO Y CONSUMO DE LOS CIRCUITOS				
CIRCUITO Nº	1	2	3	
INTERRUPTOR MACNETOTÉRMICO	POLOS (Nº)			
	INTENSIDAD (A)			
DIFERENCIAL	POLOS (Nº)			
	INTENSIDAD (A)			
	SENSIBILIDAD (mA)			
CONTACTOR	SI	NO		
	TIPO			
SECCIÓN (mm ²)				
MONTAJE	AÉREO	SUBTERRÁNEO		
FASES (Nº)				
DOBLE ENCENDIDO	FASE R	SI	NO	
	FASE S	SI	NO	
	FASE T	SI	NO	
POTENCIA (kW)	FASE R			
Sin reducción de flujo	FASE S			
	FASE T			
INTENSIDAD (A)	FASE R			
Sin reducción de flujo	FASE S			
	FASE T			
TENSIÓN (V)	FASE R			
Sin reducción de flujo	FASE S			
	FASE T			
COS φ				
Sin reducción de flujo				
POTENCIA (kW)	FASE R			
Con reducción de flujo	FASE S			
	FASE T			
INTENSIDAD (A)	FASE R			
Con reducción de flujo	FASE S			
	FASE T			
TENSIÓN (V)	FASE R			
Con reducción de flujo	FASE S			
	FASE T			
COS φ				
Con reducción de flujo				

Tabla 12: Referente a cuadros generales. Protocolo Auditoría Eficiencia Energética en el Alumbrado Público.

- 2) Referentes a la instalación de alumbrado en los diferentes tipos de vías y espacios iluminados.

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR				
LOCALIDAD				
DIRECCIÓN				
Nº DEL CUADRO GENERAL DE PROCEDENCIA				
DESCRIPCIÓN DEL ESPACIO ILUMINADO				
TIPO DE VÍA				
CLASE DE ALUMBRADO				
POTENCIA ACTIVA TOTAL INSTALADA				
SUPERFICIE ILUMINADA				

DISPOSICIÓN DE LAS LUMINARIAS				
		UNIDADES (Nº)	ALTURA (m)	INTERDISTANCIA (m)
TIPO SOPORTES	SUSPENDIDO			
	BRAZO MURAL			
	COLUMNAS/BÁCULOS			
	OTRO			
MATERIAL DEL SOPORTE				
DISPOSICIÓN	UNILATERAL	PROTECCIÓN INDIVIDUAL	MAGNETOTÉRMICO	
	TRESBOLILLO		FUSIBLE	
	OPOSICIÓN		NO EXISTE	
	CENTRAL			
DERIVACIÓN (mm ²)		ESTADO SOPORTE	BIEN	
			MAL	
			REGULAR	

Imagen 13: Datos referentes a las instalaciones de alumbrado exterior. Protocolo Auditoría Energética en el Alumbrado Público.

CARACTERÍSTICAS DE LAS LUMINARIAS				
TIPO DE LUMINARIA				
MATERIAL	POLIMERO			ESTADO
	ALUMINIO			
	FUNDICIÓN	TIPO		
	OTROS			

CARACTERÍSTICAS DE LA LÁMPARA		
TIPO	Nº DE LÁMPARAS	POTENCIA UNITARIA
VSAP		
VSBP		
HM		
MERCURIO		
FLUORESCENTE		
OTRO		

Tabla 14: Luminarias. Protocolo Eficiencia Energética en el Alumbrado Público.

REDUCCIÓN DE FLUJO					
		CON HILO DE MANDO	SIN HILO DE MANDO	VÍA TELEFONO	RADIO
SI	DOBLE NIVEL				
	TRIPLE NIVEL				
	ESTABILIZADOR-REDUCTOR				
	BALASTRO ELECTRONICO				
NO					

NIVELES DE ILUMINACIÓN					
ILUMINANCIA MEDIA (lux)	CON REDUCCIÓN				
	SIN REDUCCIÓN				
	MEDIA $\left(U_{med} = \frac{E_{min}}{E_{med}} \right)$				
UNIFORMIDAD	EXTREMA $\left(U_{ext} = \frac{E_{min}}{E_{max}} \right)$				
EFICIENCIA ENERGÉTICA	$\mathcal{E} = \frac{S \cdot E_m}{P}$				

RESPLANDOR LUMINOSO					
CLASIFICACIÓN DE LA ZONA					
FLUJO INSTALADO	HEMISFERIO	SUPERIOR			

Tabla 15: Datos referentes a la iluminación. Protocolo Auditoría Eficiencia Energética en el Alumbrado Público.

3) Tablas referentes a los ratios del alumbrado exterior

RATIOS DEL ALUMBRADO EXTERIOR	
NUMERO DE HABITANTES DEL MUNICIPIO	hab
POTENCIA INSTALADA POR HABITANTE	W/hab
CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA POR HABITANTE	Wh/hab año
PUNTOS DE LUZ POR 1.000 HABITANTES	PL/1000 hab
SUPERFICIE VIALES ASOCIADOS AL CUADRO	m ² /c
RELACIÓN POTENCIA INSTALADA SUPERFICIE POBLACIÓN	W/m ²
FACTURACIÓN ANUAL DIVIDIDA POR POTENCIA ÚTIL INSTALADA	€/kW
kWH ANUALES CONSUMIDOS POR NUMERO DE kW INSTALADOS	kWh/kW

Imagen 16: Ratios. Protocolo Eficiencia Energética en el Alumbrado Público.

3. Auditoría Energética del Alumbrado Público de la localidad de Jasa

La presente Auditoría Energética de Alumbrado Público realizada se basa en el “Protocolo de Auditoría Energética de las Instalaciones de Alumbrado Público Exterior CEI – IDAE” y se desarrolla bajo los criterios recogidos en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (Real Decreto 1890/2008).

Esta auditoría es a modo de ejemplo, los datos en los que nos hemos basado son estimados o intuitivos.

Índice

- 1. Autor de encargo**
- 2. Autor del proyecto**
- 3. Objetivo**
- 4. Alcance de los trabajos de la auditoría energética.**
- 5. Cuadro general de mando**
 - 5.1. Cuadro general de mando
 - 5.2. Potencia total
 - 5.3. Potencia contratada
 - 5.4. Acometida eléctrica
 - 5.5. Caja general de protección
 - 5.6. Líneas de alimentación
 - 5.7. Protecciones generales
 - 5.8. Protección, dimensionado y consumo de los circuitos.
 - 5.9. Equipos de medida de compañía
- 6. Alumbrado actual**
 - 6.1. Fuentes de luz actuales
 - 6.2. Protecciones
- 7. Niveles de iluminación**
 - 7.1. Clasificación de las vías
- 8. Comparación de los niveles obtenidos de iluminación con los datos obtenidos en las mediciones de campo.**
- 9. Vapor de mercurio**
 - 9.1. Motivos económicos para cambiar a la última tecnología en iluminación
 - 9.2. Motivos ecológicos para cambiar a la última tecnología en iluminación
 - 9.3. Análisis del resplandor luminoso nocturno de Jasa
- 10. Necesidades**
- 11. Descripción de lo proyectado**
- 12. Factores determinantes**
- 13. Fuentes de luz**
- 14. Luminarias**
- 15. Canalizaciones**
- 16. Circuitos**
- 17. Acometida a luminarias**
- 18. Tomas de tierras**
- 19. Potencia de los puntos de luz**
- 20. Potencia total instalada**
- 21. Potencia a cotraratar**

- 22. Condiciones de suministro**
- 23. Derivación individual**
- 24. Potencia máxima admisible**
- 25. Contrato de suministro**
- 26. Totalización de energía**
- 27. Control de potencia**
- 28. Centro de mando**
- 29. Sistema de reducción de consumo**
- 30. Tensiones de regulación**
- 31. Potencia del regulador**
- 32. Cálculos luminotécnicos**
 - 32.1. Factor de mantenimiento
- 33. Eficiencia energética**
- 34. Clasificación energética**
- 35. Contratación eléctrica de los suministros**
 - 35.1. Introducción
 - 35.2. Tarifas eléctricas
 - 35.3. Tarifas de Electricidad
 - 35.4. Potencia contratada
- 36. Balance energético de Jasa**
- 37. Inspecciones**
- 38. Plan de mantenimiento**
- 39. Inventario**
 - 39.1. Luminarias
 - 39.2. Regulador de flujo
- 40. Resumen del presupuesto**
- 41. Resumen de balance**
- 42. Reglamentación**
- 43. Conclusión**

ANEXO

Presupuesto

1. Autor de encargo

El presente proyecto se realiza a petición de EXCMO. Ayuntamiento de Jasa.

Este Ayuntamiento pretende llevar a cabo la reforma del alumbrado público de la localidad a fin de proporcionar mayores y mejores servicios a sus vecinos, considerando que el existente se encuentra con su vida útil superada. Busca, teniendo presente la eficiencia energética, el ahorro energético y la reducción de los costes en el mantenimiento del sistema.

2. Autor del proyecto

El presente proyecto lo desarrolla la Ingeniera Técnico Industrial Sara Bellón Méndez, con NIA:539604 de la Universidad de Zaragoza.

3. Objetivo

El objetivo del presente proyecto es la identificación, el control y la planificación para la rectificación de los aspectos energéticos del alumbrado público de Jasa que no son eficientes, enumerando sus elementos constituyentes, adecuados a las necesidades y característica de las vías y espacios a iluminar, teniendo en cuenta además el factor económico en términos de la inversión a realizar y del mantenimiento del sistema según el binomio de la factura de energía eléctrica y de los costes de reposición. Todo ello a la vista de la legislación específica vigente y en la propia de la seguridad de las instalaciones; atendiendo muy especialmente a las normas y a las recomendaciones tendentes al ahorro y eficiencia energética que redundarán en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) a la atmósfera a nivel general.

4. Alcance de los trabajos de la auditoría energética.

El alcance del proyecto comienza con la identificación y conocimiento de todos los focos de consumo energético que estaban relacionados con las instalaciones de alumbrado público exterior de Jasa.

Para ello, ha sido imprescindible el apoyo y colaboración del responsable municipal de alumbrado público a fin de planificar todo el desarrollo de la auditoría y agilizar el proceso de recopilación de datos técnicos.

5. Cuadro general de mando

La red de distribución en media tensión llega hasta una torre situada en la Plaza Larraz donde se sitúan un centro de transformación, la acometida, la caja general de protección, la línea general de alimentación, los contadores y los dispositivos de mando y protección.



5.1. Cuadro general de mando

Se dispone de un único cuadro general de mando, situado en la Plaza Larraz, desde donde parten los circuitos de alumbrado.

El cuadro de maniobra y protección se aloja en un armario de doble aislamiento con grado de protección IP55 IK09.

Disponen de placa base de montaje y de carriles omega para fijación de los dispositivos de maniobra y protección.

El centro de mando está dotado de una lámpara de 40W y una toma de corriente de 16A. Los interruptores en general se han previsto para corte de cargas inductivas. Tanto la protección diferencial como la magnetotérmica se han previsto para que exista una adecuada selectividad.

Están asociadas 71 luminarias al centro de mando dispuestas a lo largo de 5 circuitos.

5.2. Potencia total

La potencia de las lámparas más los equipos auxiliares suman 12.925 W.

5.3. Potencia contratada

La potencia contratada es de 13.856 W y la tarifa es 2.1A.

5.4. Acometida eléctrica

En su paso del transformador a la caja general de protección, tenemos una acometida de 10 m formada por cuatro conductores de aluminio con aislamiento XPLE y tensión nominal de 0,6/1kV.

La acometida es protegida mecánicamente por un tubo de polietileno de diámetro nominal de 160 mm, según las Normas UNE EN 50086-2-4 y UNE EN 50086-2-4/A1.

5.5. Caja general de protección

La caja de protección y medida se instala en un nicho de hornacina de obra de fábrica con puerta metálica, de acuerdo con la norma ITC-BT-13, con grado de protección IK 10, disponiendo de una cerradura de llave triangular normalizada por ENDESA.

Intensidad de 16 A. Intensidad nominal fusible de 20 A.

Puesta a tierra a través de picas, unidas al borne del neutro mediante un conductor aislado de 50 mm² de Cu.

5.6. Líneas de alimentación

Las líneas de alimentación son aéreas y subterráneas.

Las líneas aéreas, fijadas a las fachadas o tensadas sobre apoyos, en este caso con cable fiador de acero, son conductores aislados de tensión asignada 0,6/1kV de cobre de sección 10 mm².

Las líneas subterráneas son conductores aislados de RV 0,6/1kV de 6 mm² de sección de cobre con cuatro conductores directamente enterradas a una profundidad de 0,8 metros.

Los puntos de alumbrado están conectados a circuitos trifásicos telescopicos a cuatro conductores, más el conductor de protección; realizados con cables de cobre.

La conexión de cada luminaria se ha hecho de forma equilibrada en sistema trifásico.

La sección mínima es de 6mm², cumpliendo lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

5.7. Protecciones generales

- Como protección y corte general hay instalado un interruptor magnetotérmico tetrapolar con un poder de corte mínimo de 36kA.
- Se ha previsto también protección contra contactos directos o indirectos mediante un interruptor automático diferencial tetrapolar selectivo con sensibilidad de 0,5 A. El interruptor tiene una corriente nominal de 63A y tensión nominal de 230/400V

5.8. Protección, dimensionado y consumo de los circuitos.

Hay cinco circuitos asociados al cuadro de mando.

Cada circuito está protegido mediante un interruptor automático magnetotérmico de corte omnipolar, previsto para la protección de la menor sección de conductor a utilizar, exceptuando el conductor de conexión de cada luminaria, a ser protegido por su fusible.

Asimismo, cada circuito disponible de protección diferencial independiente de 0,3A de sensibilidad, atendiendo lo dispuesto en la ITC-BT-09.

Círculo 1

- Interruptor magetotérmico 10A, 4P.
- Interruptor diferencia de sensibilidad 0,3 A.
- Montaje aéreo.
- Potencia: 1500 W.
- Factor de potencia: 0,85.

Círculo 2

- Interruptor magetotérmico 10A, 4P.
- Interruptor diferencia de sensibilidad 0,3 A.
- Montaje aéreo.
- Potencia: 2250 W .
- Factor de potencia: 0,8.

Círculo 3

- Interruptor magetotérmico 10A, 4P.
- Interruptor diferencia de sensibilidad 0,3 A.
- Montaje aéreo.
- Potencia: 2250 W .
- Factor de potencia: 0,8.

Círculo 4

- Interruptor magetotérmico 10A, 4P.
- Interruptor diferencia de sensibilidad 0,3 A.
- Montaje aéreo.
- Potencia: 3000 W .
- Factor de potencia: 0,8.

Círculo 5

- Interruptor magetotérmico 10A, 4P.
- Interruptor diferencia de sensibilidad 0,3 A.
- Montaje subterráneo.
- Potencia: 2750 W .
- Factor de potencia: 0,8.

5.9. Equipos de medida de compañía

Se dispone de contadores de energía activa y reactiva con tensión de suministro de 230/400 V, frecuencia 50 Hz y corriente nominal de referencia de 100 A, con precisión de energía de energía activa de clase B y reactiva de clase 2.

6. Alumbrado actual

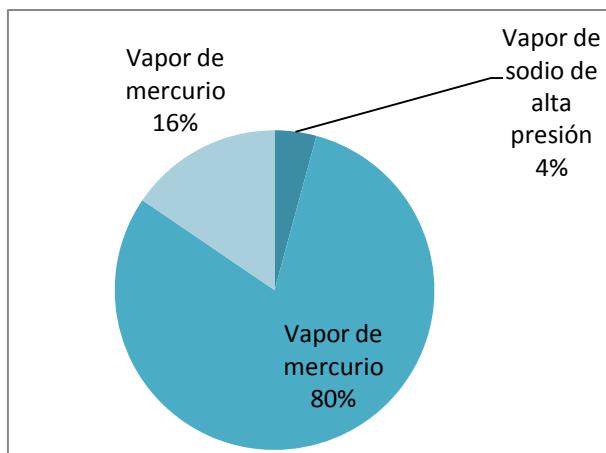
El alumbrado actualmente existente, de carácter sombrío, cuenta al menos de dos décadas de antigüedad, con mínimas modificaciones posteriores. En su gran mayoría, las luminarias instaladas son de vapor de mercurio, las cuales tiene una baja eficiencia y elevadas emisiones

6.1. Fuentes de luz actuales

El sistema de alumbrado actual del municipio de Jasa, situado en la provincia de Huesca, en la comunidad de Aragón, está controlado por un cuadro de alumbrado, y está formado por 71 luminarias de diversos tipos.

La distribución por tipo de lámpara y potencia instalada es la que se indica a continuación:

Tipo de lámpara	Potencia instalada (W)	Unidades	Potencia total (W)
Vapor de sodio de alta presión	150	3	450
Vapor de mercurio	150	57	8550
Vapor de mercurio	250	11	2750
Total	650	71	11750



Las luminarias de sodio son de tipo proyector, con grado de protección IP65 y se encuentran en la Calle Mayor.

14 de las lámparas de mercurio de 150W se colocan en columnas de 3 m, fabricadas en hierro pintado al horno en color negro de fijación vertical con difusor de vidrio plano con difusores laterales transparentes (tipo villa) y tienen una protección de IP65; el resto, también de tipo villa, se colocan directamente en la pared.

Las luminarias de vapor de mercurio de 250W sobre báculo de 5m son de tipo simple.

6.2. Protecciones

Para las protecciones contra sobreintensidades se utiliza un interruptor automático ubicado en el cuadro de mando, desde donde parte la red eléctrica. La reducción de sección para los circuitos de alimentación a luminarias ($2,5 \text{ mm}^2$) se protegerá con los fusibles de 6 A existentes en cada columna. Se escogerán estos con un poder de corte superior a la máxima corriente de cortocircuito existente en los puntos de ubicación según el REBT, teniendo en cuenta que se trata de una alimentación en baja tensión, con una potencia de cortocircuito de la red de 350MVA.

Para la protección contra los contactos indirectos se cuenta con:

- La ubicación del circuito enterrado bajo tubo en una zanja.
- El aislamiento de todos los conductores.
- Alojamiento de los sistemas de protección y control de la red eléctrica, así como todas las conexiones pertinentes, en cajas o cuadros eléctricos aislantes.
- Las partes metálicas accesibles de los soportes de las luminarias y del cuadro de protección, medida y control están conectadas a tierra.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. La intensidad de defecto, umbral de desconexión de los interruptores diferenciales, es de 30mA.

7. Niveles de iluminación

El nivel de iluminación es la magnitud más importante del objeto o medio a iluminar, en este caso las vías públicas, y se define como “*la cantidad de flujo luminoso incidente por unidad de superficie del objeto iluminado*”, siendo su unidad de medida el lux (lx). Para cada tarea visual o clasificación de vía existe un nivel luminoso adecuado prefijado en la legislación. Si los niveles luminosos registrados en las calles del municipio son superiores a los establecidos por el reglamento de eficiencia energética en las instalaciones de alumbrado público querrá decir que el consumo de energía es superior al necesario.

7.1. Clasificación de las vías

Vías de tipo E, según el Real Decreto 1890/2008, de tráfico peatonal.

Vías de tipo D (baja velocidad).

1 Vía de tipo B (velocidad moderada).

Clases de alumbrado para las vías según el Protocolo de Auditoría Energética de las Instalaciones de Alumbrado Público:

- Clase de alumbrado para las vías de tipo B de velocidad moderada: ME4b
- Clase de alumbrado para las vías de tipo D, baja velocidad: S3
- Clase de alumbrado para las vías de tipo E, tránsito peatonal: S2

A continuación, se indican los niveles de iluminación para las vías existentes en el municipio de Jasa:

	Luminancia media en Lm (cd/m ²)	Uniformidad Global U ₀	Iluminancia media Em (lux)	Iluminancia mínima Emin (lux)
ME4b	0,75	0,4		
S2			10	3
S3			7,5	1,5

Clasificación de las vías y tipo de alumbrado.

Nombre del área	Clasificación del área	Tipo de alumbrado
Calle Occidente	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle la fuente	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle Ramón y Cajal	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle San Roque	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle Berges Gil	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Plaza Larraz	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle Ctra. Aisa	D-De baja velocidad entre 5Km/h y 30Km/h	S3
Calle Mayor	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle Oriente	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle Palacio	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle San Pedro	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle Pista de la Estación	D-De baja velocidad entre 5Km/h y 30Km/h	S3
Calle de Aragüés	D-De baja velocidad entre 5Km/h y 30Km/h	S3
Plaza asunción	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle Asunción	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Camino Santa Cruz	D-De baja velocidad entre 5Km/h y 30Km/h	S3
Calle Garganocha	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle los Estorres	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
Calle Arrabal	E-Vías peatonales, velocidad menor de 5Km/h	S2
A-2605	B-De velocidad moderada entre 30Km/h y 60Km/h	ME4b

8. Comparación de los niveles obtenidos de iluminación con los datos obtenidos en las mediciones de campo.

Estableceremos unos ratios de tolerancia en función de los resultados obtenidos de acuerdo al siguiente criterio (ITC – EA- 02 y UNE-EN 13201):

- Si el nivel medido está por debajo del 1 *nivel de referencia → el nivel es **deficiente**
- Si el nivel medido está comprendido entre el 1 *nivel de referencia y el 1,2 * nivel de referencia → el nivel es **óptimo**
- Si el nivel medido está por encima del 1,2 *nivel de referencia → el nivel es **excesivo**

Nombre del área	Nivel de referencia (Lux)	Nivel medido (Lux)	Resultado comparativo
Calle Occidente	10	9,8	Deficiente
Calle la fuente	10	8,3	Deficiente
Calle Ramón y Cajal	10	10	Correcto
Calle San Roque	10	10,1	Correcto
Calle Berges Gil	10	8,7	Deficiente
Plaza Larraz	10	8,8	Deficiente
Calle Ctra. Aisa	7,5	7,6	Correcto
Calle Mayor	10	10,5	Correcto
Calle Oriente	10	8,9	Deficiente
Calle Palacio	10	9,7	Deficiente
Calle San Pedro	10	9	Deficiente
Calle Pista de la Estación	7,5	7,6	Correcto
Calle de Aragüés	7,5	7	Deficiente
Plaza asunción	10	8,2	Deficiente
Calle Asunción	10	8,8	Deficiente
Camino Santa Cruz	7,5	7,1	Deficiente
Calle Garganocha	10	8,9	Deficiente
Calle los Estorres	10	9,1	Deficiente
Calle Arrabal	10	8,8	Deficiente

9. Vapor de mercurio

Los estudios realizados demuestran que, aunque en la mayor parte de Europa se tiene en cuenta el factor ecológico en alumbrado, aún existe una tercera parte de la iluminación de las vías públicas y autopistas europeas que sigue utilizando la ineficiente tecnología de los años 60: las lámparas de vapor de mercurio. Estas lámparas consumen una gran cantidad de energía, generando un gasto excesivo e innecesario, tanto para las autoridades locales como para los contribuyentes, y produciendo asimismo altas emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Se calcula que en Europa hay todavía, aproximadamente, unos 35 millones de lámparas de vapor de mercurio. Las cifras demuestran que, si todas estas lámparas así como sus equipos fueran reemplazados por la tecnología más moderna de alumbrado, los ayuntamientos europeos ahorrarían anualmente entre 600 y 700 millones de euros en los costes de operación. Además, Europa podría reducir sus emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en 3,5 millones de toneladas al año, lo cual sería un enorme avance en los objetivos fijados en Kyoto.

9.1. Motivos económicos para cambiar a la última tecnología en iluminación

Cuando sea necesario cambiar las lámparas o sistemas del alumbrado público, una sustitución de las actuales lámparas de vapor de mercurio por alternativas con mayor eficiencia energética serviría para ahorrar costes de operación. Además, permitiría mayores distancias gracias a mejores lámparas y luminarias, columnas más pequeñas y ayudaría a reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). El ahorro, en este caso, se produce inmediatamente después de la instalación.

Aun cuando todavía no fuera necesario cambiar las lámparas o equipos, los portalámparas o luminarias, sustituyendo lámparas de vapor de mercurio por lámparas más eficientes de sodio

de alta presión o de halogenuros metálicos, podrá amortizarse inmediatamente dentro del primer año.

Una modernización serviría para armonizar con la agenda de Lisboa en su tema de la competitividad europea.

9.2. Motivos ecológicos para cambiar a la última tecnología en iluminación

Las lámparas y equipos de última tecnología poseen un tamaño hasta un 65% menor que sus predecesores. Esto significa que se necesita solamente la mitad de material para fabricar las nuevas luminarias y accesorios. Asimismo, se necesita menos transporte para el movimiento de stock, lo que supone una disminución de las emisiones de dióxido de carbono.

Las emisiones de carbono se reducen en torno a un 20 %.

Europa podría evitar anualmente la emisión de 3,5 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO_2). Esto equivaldría:

- Al consumo de dióxido de carbono de 175 millones de árboles.
- Al consumo anual de 14 millones de barriles de petróleo.
- A la producción anual de dos centrales eléctricas (1000 MWE).

9.3. Análisis del resplandor lumínoso nocturno de Jasa

Llamamos contaminación lumínica al brillo o resplandor del cielo nocturno, producido por la difusión de la luz artificial. Como resultado, la oscuridad de la noche disminuye y desaparece progresivamente la luz de las estrellas y de los demás astros. Las neblinas y el cielo enrarecido potencian el efecto, hasta el extremo de formarse una capa de color gris que adopta la forma de una nube luminosa sobre las ciudades. La abundancia de partículas en suspensión aumenta la dispersión de la luz, de forma que, cuanto más contaminado está el aire de la ciudad, tanto más intenso es el fenómeno. Si la luz dispersada procede de luminarias con un ancho espectro de emisión, el efecto es mucho peor, porque las radiaciones luminosas de aquellos astros que tengan idéntica longitud de onda dejan de ser visibles y no pueden ser captadas por los aparatos de observación.

En el caso del municipio de Jasa es patente que la contaminación lumínica no es un factor relevante, siendo escaso el nivel de iluminación.

10. Necesidades

Para la optimización del alumbrado según lo indicado restará, por tanto, el cambio de lámparas, del actual vapor de mercurio de 125 W, por vapor de sodio de alta presión de 70 W en general. Con lo que se pasará de los 4 lx (lux) de iluminancia media para, aproximadamente 16lx; lo que supone un 300% más, a la par que un ahorro energético de alrededor de un 44%. Las lámparas de vapor de mercurio se sustituirán con vapor de sodio de alta presión de 10W. Se dotará al centro de mando de un regulador-estabilizador de tensión; permitiendo dejar encendida la totalidad de las luminarias , manteniendo la uniformidad también con el flujo reducido y la consiguiente reducción del nivel (para algo más de los 4 lx actuales) en horas de baja actividad; lo que generará un ahorro energético en torno al 50% . Con la estabilización de tensión se logrará también rebajar la mortandad prematura de las lámparas, reduciendo los costes de mantenimiento.

11. Descripción de lo proyectado

Se llevarán a cabo las siguientes obras e instalaciones:

- Suministro de las lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP) de 70 W en lugar de las de vapor de mercurio de 125W, manteniendo las farolas tipo villa tanto de pie como de pared.
- Suministro e instalación de luminarias sobre vía de media velocidad salida de vías de baja velocidad, con lámpara de vapor de sodio de alta presión de 100 W, sobre báculo existente.
- Ejecución de nuevas canalizaciones subterráneas con tubería corrugada de polietileno, con posterior reposición del pavimento.
- Instalación de reguladores-estabilizadores de tensión los centros de mando indicados en mediciones.

12. Factores determinantes

Para la definición de los sistemas de alumbrado más convenientes y adecuados a las características de las vías en cuestión, así como de los ponderados niveles de iluminación, tendremos en cuenta, en principio, los objetivos que se pretenden con este servicio, de los que citamos los más importantes:

- Mejora de las condiciones de tráfico de vehículos y de circulación de las personas
- Mejora del ambiente nocturno
- Mejora de la seguridad de personas y bienes
- Reducción de los accidentes de circulación
- Realce y conservación de las condiciones estéticas

Con base a esto y a la vista de las características de las vías y espacios, fijaremos los índices y los tipos de iluminación adecuados teniendo lo establecido en el Reglamento de Eficiencia energética en las instalaciones de alumbrado exterior (REEIAE). Todo ello en concordancia con las condiciones urbanísticas y arquitectónicas de la localidad y de las zonas de actuación; sin olvidar, como hemos indicado, el factor económico en términos energéticos y descartando, de entrada las fuentes de luz monocromática (vapor de sodio de baja presión) por su nula reproducción cromática y demás motivos indicados anteriormente.

13. Fuentes de luz

Para proporcionar una idea sobre la importancia de la adecuada elección del tipo, o tipos, de lámpara a utilizar, reproducimos en la tabla siguiente las características de algunas de ellas que, en principio, serían susceptibles de uso en situaciones como las que nos ocupan; aunque, según la nueva reglamentación queden prohibidas las de eficacia inferior a 65 lm/W.

LÁMPARA	POTENCIA	EFICACIA	VIDA ÚTIL	IRC	COLOR
Incandescente	100 W	14 lm/W	1000 h	95%	blanco cálido
Luz mezcla	160 W	19 lm/W	8000 h	60%	bl. intermed.
Vapor mercurio	125 W	50 lm/W	16000 h	46%	blanco frío
V. merc. conf.	125 W	54 lm/W	16000 h	46%	blanco cálido
Sodio blanco	50 W	46 lm/W	7000 h	80%	blanco cálido
Halogenur. met.	70 W	68 lm/W	7000 h	74%	bl. brillante
Halogenur. met.	150 W	75 lm/W	7000 h	86%	bl. brillante
Hal met CDO-TT	70 W	90 lm/W	7000 h	90%	bl. cálido
Fluoresc. PL.	36 W	81 lm/W	14000 h	82%	blanco
Vapor sodio AP	70 W	94 lm/W	22000 h	20%	amarillo
VSAP	100 W	107 lm/W	24000 h	20%	amarillo
VSAP T	150 W	117 lm/W	24000 h	20%	amarillo
VSAP T	250 W	128 lm/W	24000 h	20%	amarillo
Vapor sodio BP	36 W	158 lm/W	15000 h	0%	anaranjado

Como se ve, descartando las lámparas de vapor de sodio de baja presión por su nulo rendimiento, resulta bastante evidente la opción por las lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP), como las actuales situadas en la Calle Mayor, principalmente cuando se adoptan iluminancias mayores o iguales a 10 lux como es nuestro caso.

De este modo, se hará uso de las lámparas de vapor de sodio de alta presión de 70W y de 100W.

Por tanto, se cumple en todo los casos la exigencia de la ITC-EA-04, de que las lámparas, para estas finalidades, tengan una eficiencia luminosa superior a 65lm/W.

14. Luminarias

De manera general las luminarias para el alumbrado vial funcional tendrán un rendimiento superior al 65%. Para el alumbrado vial ambiental el rendimiento será superior al 55%.

Además, su factor de utilización será tal que permitan cumplir con los índices de eficiencia energética establecidos en la ITC-EA-01.

Se hace uso de un nuevo tipo de luminaria, para la Calle Pista de la Estación y la carretera A2605.

Conforme establece el nuevo Reglamento electrotécnico, las luminarias contarán con corrección del factor de potencia para valores próximos a la unidad, siempre superiores a 0,9.

15. Canalizaciones

Dado que principalmente se trata de un cambio de luminarias, disminuyendo la potencia instalada, las canalizaciones eléctricas existentes para el alumbrado son válidas. Están constituidas de manera general por conductores multipolares en las exteriores y unipolares en las de disposición subterránea; en todos los casos de cobre rígido con aislamiento de XLPE (polietileno reticulado) de 0,6/1kV (H1XV).

La fijación de los cables a las fachadas está hecha por medio de tacos de expansión y abrazaderas de poliamida negras. En el caso de los pasos tensados el cable se sujet a un cable fijador de 3mm o 4 mm de diámetro mediante hebillas de aluminio plastificadas en PVC o polietileno de color negro.

En las subterráneas van alojados en el interior de tubos aislantes. En las exteriores se fijan directamente a los paramentos o a los cables tensores.

16. Circuitos

Los puntos de alumbrado están conectados a circuitos trifásicos telescopicos a cuatro conductores, más el conductor de protección, como hemos indicado; realizados con cables de cobre rígido de tipo RV 0,6/1kV (HIXV).

La conexión de cada luminaria se ha hecho de forma equilibrada en sistema trifásico.

La sección mínima es de 6mm², cumpliendo lo especificado en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

17. Acometida a luminarias

Las luminarias se conectarán a la línea principal, ya sean de derivación del circuito o de conexión de una luminaria, en el interior de cajas estancas de doble aislamiento.

Las canalizaciones se aislarán al menos para 1kV y se impermeabilizarán para situación de inmersión.

18. Tomas de tierras

Los centros de mando y luminarias, las canalizaciones metálicas de transición de subterráneo a aéreo y las demás partes metálicas de la instalación están actualmente conectadas a tierra mediante una toma general, constituida por varias picas de acero-cobre de 2000mm x 14mm unidas entre sí por un cable de cobre desnudo de 35mm² directamente enterrado a en la canalización, que hace asimismo de electrodo de puesta a tierra.

19. Potencia de los puntos de luz

Tras el cambio de lámparas, la potencia consumida de los puntos de luz, la cual disminuye considerablemente, será la siguiente:

Tipo de lámpara	Potencia instalada (W)	Unidades	Potencia total (W)
Vapor de sodio de alta presión	150	3	450
Vapor de sodio de alta presión	70	50	3500
Vapor de sodio de alta presión	100	11	1100
Halogenuro metálico	70	7	490
Total		71	5540

Tras el cambio de luminarias, teniendo en cuenta la eficacia lumínica, se estima que todas las zonas de iluminación deficiente son resueltas, además de favorecer la claridad, con la luz blanca, en zonas de interés.

A esto hay que añadir alrededor de un 10% en concepto de los equipos auxiliares.

20. Potencia total instalada

La potencia total instalada al cuadro de mando será de 6094 W, teniendo en cuenta los equipos auxiliares. La mitad de la potencia total actual.

21. Potencia a cotraratar

La potencia total contratada para los 6.094 W de potencia instalada es de 6.628 W, con la tarifa eléctrica 2.0DHA.

22. Condiciones de suministro

El suministro de energía se realiza, por la empresa distribuidora al centro de mando según las siguientes condiciones principales:

Tensión de suministro:	400/230V
Corriente:	alterna senoidal
Frecuencia:	50 Hz
Sistema:	trifásico
Régimen de neutro:	TT

23. Derivación individual

Al no existir, en este caso, línea general de alimentación, la derivación individual existente enlaza el armario de contadores con el cuadro general, en cada centro de mando.

24. Potencia máxima admisible

La potencia máxima admisible viene delimitada por la condición más desfavorable de las líneas o elementos de protección general de la instalación o por el cuadro de contadores u otros elementos; de este modo para el elemento más restrictivo, será:

$$P_{\max} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \alpha = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 20.1 = 13.856 \text{ W}$$

Deberá tenerse en cuenta también, en este sentido, la potencia máxima del regulador-estabilizador a instalar que no deberá ser superada; a no ser que se conecte algún circuito sin pasar por él.

25. Contrato de suministro

A los efectos de la posible revisión de la contratación del suministro de energía eléctrica, se mantendrán los actuales.

26. Totalización de energía

La totalización de energía se realizará en el centro de mando existente utilizando contadores y equipos auxiliares de la empresa distribuidora en régimen de alquiler.

27. Control de potencia

La empresa distribuidora se reservará el derecho de realizar, o no, el control de la potencia en el centro de mando y medida.

En caso afirmativo dicho control se efectuará mediante un interruptor de control de potencia o mediante un maxímetro de demanda, que podrá estar incluido en el contador de activa (contador estático integrado).

28. Centro de mando

El cuadro de maniobra y protección se aloja en un armario de doble aislamiento con grado de protección IP55 IK09.

Disponen de placa base de montaje y de carriles omega para fijación de los dispositivos de maniobra y protección.

Como protección y corte general hay instalado un interruptor automático magnetotérmico tetrapolar con un poder de corte mínimo de 10kA.

Se ha previsto también protección contra contactos directos o indirectos mediante un interruptor automático diferencial tetrapolar selectivo con sensibilidad de 0,5 A.

Por su vez, cada circuito está protegido mediante un interruptor automático magnetotérmico de corte omnipolar, previsto para la protección de la menor sección de conductor a utilizar, exceptuando el conductor de conexión de cada luminaria, a ser protegido por su fusible.

Asimismo, cada circuito disponible de protección diferencial independiente de 0,3A de sensibilidad, atendiendo lo dispuesto en la ITC-BT-09.

La maniobra y los circuitos auxiliares cuentan con similares protecciones de tipo individual, siendo el diferencial de la toma de corriente de mantenimiento de alta sensibilidad (0,03 A) por la asimilación de los trabajos a obras ordinarias a la intemperie.

El encendido y apagado del alumbrado se manda por un interruptor programador solar y horario, que actúa sobre las bobinas de 3 contadores de maniobra, uno por fase, con accionamiento por corriente alterna a 230V.

Estos dispositivos se conectan al regulador-estabilizador de tensión, del que se pasará al embarrado general de los circuitos de alimentación de las luminarias.

La señal de la reducción de flujo de media noche y la posible recuperación de madrugada se llevará a cabo mediante un contacto del programador horario.

Los interruptores en general se han previsto para corte de cargas inductivas. Tanto la protección diferencial como la magnetotérmica se han previsto para que exista una adecuada selectividad.

29. Sistema de reducción de consumo

Según se establece en la ITC-EA-04, en el alumbrado viario con potencia superior a 5kW es obligatorio adoptar un sistema de reducción de flujo de hasta el 50%.

Para la reducción del consumo de energía en el alumbrado en horas de baja actividad urbana se dispondrá de un equipo estático de regulación y estabilización (RE). Se describen seguidamente.

Este aparato realiza la regulación y reducción del flujo de las lámparas mediante el control y variación de la tensión de alimentación de las mismas de forma centralizada.

Se trata de un dispositivo totalmente electrónico, a semiconductores, sin partes móviles, con regulación en rampa continua totalmente independiente por cada fase, controlada por una tarjeta con un microprocesador programable.

El conjunto va montado en el interior de un armario estanco de poliéster o chapa de acero esmaltada, con grado de protección IP-55 IK-10, apto, por tanto, para instalación a la intemperie.

En concreto, según el programa habitual, el aparato realiza un encendido suave y controlado de las lámparas hasta la estabilización de la temperatura de las mismas; después procede a subir la tensión para la nominal de funcionamiento (230V), manteniéndola constante con independencia de la tensión de la red de alimentación; a una determinada hora de la noche (las 24h, por ejemplo) procede de forma suave y gradual a bajar la tensión hasta, por ejemplo, 195V, lo que produce una reducción en la misma proporción de la corriente y en consecuencia una reducción del consumo de un 21,3% en el flujo de las lámparas. A continuación (por ejemplo, a la 1h 30 m) se procede, de la misma forma, a una segunda reducción de la tensión para 175V, consiguiéndose una disminución del consumo de 36,7% a costa de una bajada similar en el flujo. En caso necesario, aunque no es recomendable, se podría volver a la tensión nominal para momentos antes del amanecer.

Se observa que, aparte de la ventaja evidente de ser un sistema de reducción del flujo no traumático y equitativo y gradual, con el cual la uniformidad del alumbrado es total en las vías afectadas; presenta otra serie de ventajas, dado que la reducción el consumo se consigue por tres conceptos diferentes:

- Por la propia reducción de la tensión para la regulación del flujo de las lámparas

- Para impedir de forma general las sobretensiones en las lámparas y principalmente cuando la demanda general del sistema eléctrico es menor (en la madrugada), lo que normalmente origina consumos de hasta un 15% mayores a los debidos a la potencia nominal.
- Por reducir las sobreintensidades en los fenómenos transitorios del encendido de las lámparas.

Por otro lado, el mantenimiento de la tensión en valores estables, sin fluctuaciones, y evitando que se supere la nominal de las lámparas (propriamente de los balastos), consigue reducir hasta en un 50% la mortalidad de éstas y la de los equipos (reactancias y arrancadores).

Este asunto supone una reducción real del 25% en los costes de mantenimiento por sustitución de lámparas y equipo antes de alcanzar el final de la vida útil de las primeras.

30. Tensiones de regulación

La regulación de flujo de las lámparas y la consiguiente reducción del consumo de energía se consigue, como se ha indicado, por reducción de tensión a través del regulador-estabilizador. A efectos y a título de información se indica que, las lámparas más utilizadas presentan los siguientes valores de tensiones de regulación:

LÁMPARA	TENSIÓN V	FLUJO %	POT. ACT. %	POT. REACT. %
Vapor de sodio A.P.	242	+28,86	+27,82	+21,58
	231	+13,13	+11,43	+3,14
	220	Nominal	Nominal	Nominal
	209	-14,57	-11,28	-2,26
	198	-31,17	-23,40	-6,28
	187	-43,29	-32,48	-12,44
	176	-56,85	-42,00	-24,87

Las lámparas de sodio de alta presión necesitan al menos 3 minutos para la reducción de flujo, mientras que las lámparas de halogenuros necesitan al menos 15 minutos, con lo cual estas últimas marcan el comienzo de degradación.

Con las lámparas de VSAP se consiguen reducciones de consumo de hasta el 35%; los halogenuros llegan a una reducción del 30% del consumo.

31. Potencia del regulador

En función de la potencia instalada definitiva a atender desde el centro de mando calcularemos la propia del regulador-estabilizador de tensión apropiado, siempre dejando un margen para posibles ampliaciones.

32. Cálculos luminotécnicos

.Estos cálculos lo podemos hacer con un programa informático, el cual sirve de herramienta de apoyo en la realización de un proyecto de alumbrado público de acuerdo a los requisitos que exige el nuevo reglamento de eficiencia energética en el alumbrado exterior, como el programa Dialux 4.7.5.2, obteniendo la iluminancia en cada punto de luz, determinando el valor medio, las uniformidades y otros datos importantes.

32.1. Factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento (f_m) se expresa como la relación entre una iluminancia media en servicio para una zona concreta y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento (E_i) en la misma zona.

Su determinación se hace en función de los factores parciales que se dan en la tabla siguiente según las condiciones que se citan a continuación.

Para una lámpara de vapor de sodio propuesta, con una media de funcionamiento total de 12000 horas y para intervalo de limpieza de luminarias de un año con grado medio de contaminación, tendremos:

Notación	FACTOR	VALOR
FDF	Factor de depreciación del flujo	0,90
FSL	Factor de supervivencia de la lámpara	0,89
FDLU	Factor de depreciación de la luminaria IP-66	0,92

$$f_m = FDF \cdot FSL \cdot FDLU = 0,90 \cdot 0,89 \cdot 0,92 = 0,74$$

Será pues este el factor de mantenimiento utilizado en los cálculos luminotécnicos.

33. Eficiencia energética

Las instalaciones de alumbrado exterior deben satisfacer unos índices de eficiencia energética.

La eficiencia energética de la instalación se evalúa a través de la fórmula siguiente:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

Siendo:

P= Potencia activa total instalada (lámparas y equipos) (W)

S= Superficie iluminada (m^2)

E_m = Iluminancia media en servicio de la instalación (lux)

Para la situación de proyecto, la eficiencia energética mínima exigible viene expresada en función del nivel medio de iluminancia, conforme a la tabla 2 de la ITC-EA-01, siguiente.

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL (B)	
Iluminancia media en servicio E_m (lux)	Eficiencia energética mínima
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL (D)	
Iluminancia media en servicio E_m (lux)	Eficiencia energética mínima
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5

La iluminancia media calculada es de 16 lux para zona B y 16 lux para zona D, interpolando obtenemos las eficiencias mínimas exigidas. Luego con la superficie atendida y la potencia instalada, resulta el siguiente índice de eficiencia:

Alumbrado vial funcional:

$$\varepsilon = \frac{360m^2 \cdot 16 \text{ lux}}{166W} = 34,67 m^2 \cdot \frac{\text{lux}}{W}$$

Alumbrado vial ambiental:

$$\varepsilon = \frac{150m^2 \cdot 16 \text{ lux}}{80W} = 30 m^2 \cdot \frac{\text{lux}}{W}$$

Se comprueba, por tanto, que la eficiencia conseguida es considerablemente superior a la exigible.

34. Calificación energética

La etiqueta de calificación energética deberá ser entregada al titular como parte de la documentación.

A los efectos de esta calificación de la instalación de alumbrado es preciso introducir el índice de eficiencia energética I_e , que se define por la relación entre la eficiencia energética de la instalación ε y el valor de la eficiencia energética de referencia ε_R

Según la tabla 3 de la ITC-EA-01, la eficiencia energética de referencia es la expresada a continuación:

ALUMBRADO VIAL FUNCIONAL	
Iluminancia media E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R
≥ 30	32
25	29
20	26
15	23
10	18
$\leq 7,5$	14

ALUMBRADO VIAL AMBIENTAL	
Iluminancia media E_m (lux)	Eficiencia energética de referencia ε_R
≥ 20	13
15	11
10	9
7,5	7
≤ 5	5

El índice de eficiencia energética en el alumbrado vial funcional, el cual tiene una iluminancia media de 16 lux, es de:

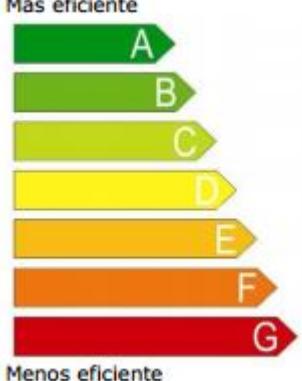
$$I_e = 34,67 / 23 = 1,51$$

Mientras que el índice de eficiencia energética en el alumbrado vial ambiental es de:

$$I_e = 30 / 11 = 2,73$$

Las letras de calificación energética se adjuntan en la tabla 4 de la ITC-EA-01:

Calificación	ICE	I_e
A	ICE < 0,91	$I_e > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_e > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_e > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_e > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_e > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_e > 0,20$
G	ICE $\leq 5,00$	$I_e > 0,20$

Clasificación Energética de las Instalaciones de Alumbrado	
 <p>Más eficiente A B C D E F G Menos eficiente</p>	
Instalación: Localidad: Consumo energía anual (kW/año): Emisiones de CO ₂ anual (kg CO ₂ /año): Índice de eficiencia energética (I _e): Iluminancia media en servicio E _m (lux): Uniformidad (%):	11 h/día Jasa 22.243 6.023 2,7 16 0,46

35. Contratación eléctrica de los suministros

35.1. Introducción

La Ley 17/2007 de 4 de julio, que introduce en el texto la Ley 54/1997, establece las modificaciones necesarias para adaptar el Sector Eléctrico a la Directiva 2003/54/CE donde se establece el calendario previsto para la eliminación total del sistema tarifario integral. En esta Ley se define el concepto de Tarifa de Último Recurso (TUR), para prevenir el caso concreto de consumidores que no dispongan de contrato en vigor con una comercializadora.

Posteriormente, el Real Decreto 485/2009 regula la puesta en funcionamiento del suministro de último recurso, donde se indica que solo se podrán acoger los consumidores finales conectados a baja tensión con una potencia contratada inferior o igual a 10 kW, y estableciendo que las potencias superiores a 10 kW no tienen derecho a acogerse a la tarifa de último recurso, y tendrán que contratar a una comercializadora para continuar consumiendo electricidad.

35.2. Tarifas eléctricas

Las tarifas de energía eléctrica son de estructura binómica y se componen de un término de facturación de potencia y de un término de facturación de energía y, cuando procede, descuentos como consecuencia de la discriminación horaria y recargo del factor de potencia. El término de facturación de potencia será el producto de la potencia a facturar por el precio del término de potencia, y el término de facturación de energía será el producto de la energía

consumida durante un periodo de facturación considerado por el precio del término de energía.

La suma de los términos mencionados, que configuran la facturación básica y los llamados complementos, función de la modulación de la carga y de la energía reactiva, constituyen, a todos los efectos, el precio máximo de la tarifa autorizada por el Ministerio de Industria.

Las tarifas de baja tensión aplicables a un suministro de alumbrado público pueden ser las siguientes:

35.3. Tarifas de Electricidad

Tarifas vigentes de electricidad a partir del 16 de mayo de 2014, publicadas en el BOE de 1 de Febrero de 2014.

35.4. Potencia contratada

La elección de la potencia contratada es facultad del abonado. Sin embargo, la compañía suministradora controla la mencionada potencia con interruptores de control de potencia (La lista de intensidades normalizadas para las ICP son los valores por fase de: 1,5/3/5/7,5/10/15/20/25/30/40/50/63/80/100A

36. Balance energético de Jasa

A continuación se refleja el porcentaje de ahorro energético, una vez llevadas a cabo las implantaciones de las medidas correctoras representadas en esta auditoría.

Atenderemos a las tarifas de contratación de la red de ENDESA.

En esta tabla se refleja la potencia contratada actual así como el consumo anual medio.

Tarifa	ICP (A)	Pot. Contratada (W)	Consumo anual actual (kWh)
2.1A	15	10.392	47.176

Tras los cambios efectuados podemos bajar la potencia contratada lo que nos supone también un ahorro en concepto de esta.

Tarifa	ICP (A)	Pot. Contratada (W)	Consumo anual actual (kWh)
2.0DHA	10	6.928	22.243

El porcentaje en ahorro energético será del 63,85%.

En términos económicos:

El ahorro de consumo medio anual sería de:

$$24.933 \text{ kWh} \times 0,13 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 3.241,29 \text{ €}$$

El ahorro debido al regulador de tensión ronda el 23% con lo que se ahorraría además una cantidad anual de 745,5 €.

El ahorro anual debido al cambio de potencia instalada sería de:

$$3.464 \text{ kW} \times 35,65 \text{ €/kW} = 123,49 \text{ €}$$

Esto supone un ahorro total anual de 4.110,28 €.

37. Inspecciones

Las instalaciones de alumbrado exterior quedan sometidas al siguiente régimen de verificaciones e inspecciones para comprobar el cumplimiento de las disposiciones y requisitos de eficiencia energética .

Para instalaciones con potencia instalada igual o superior a 5 kW, a ser realizadas por organismos de control autorizado (OCA):

- Inspección inicial previa a la puesta en servicio;
- Inspección periódica cada 5 años.

Las inspecciones incluirán la medida de los siguientes parámetros:

- a) Potencia eléctrica absorbida;
- b) Iluminancia media;
- c) Uniformidad;
- d) Luminancia media;
- e) Deslumbramiento perturbador.

A partir de esas mediciones se determinarán la eficiencia energética y el índice de eficiencia energética. El primer valor no deberá ser inferior en más de un 10% al proyectado.

La etiqueta de eficiencia energética deberá ser entregada al titular de la instalación por parte de la empresa instaladora contratista.

38. Plan de mantenimiento

La instalación de alumbrado en proyecto deberá someterse a un plan de mantenimiento.

El titular de la instalación es el responsable de garantizar que se lleve a cabo el plan de mantenimiento.

En concreto, en lo que respecta a este proyecto, deberán respetarse las periodicidades que llevaron a la determinación del factor de mantenimiento utilizado para los cálculos luminotécnicos. Así que tendremos:

- Sustitución sistemática de las luminarias a las 3000 horas
- Limpieza de las luminarias una vez al año.

Se llevará un registro de las operaciones de mantenimiento en el que se anotarán las mediciones eléctricas y luminotécnicas, Además se contabilizará:

- El consumo energético anual
- Consumo de energía reactiva
- Consumos de energía activa según la discriminación horaria
- Factor de potencia medio
- Horas de funcionamiento
- Horarios de la reducción de flujo
- Niveles de iluminación mantenidos.
- El mantenimiento será realizado por un instalador electricista autorizado.
- Se emitirá un parte periódico del mantenimiento, facilitando una copia al titular de la instalación.

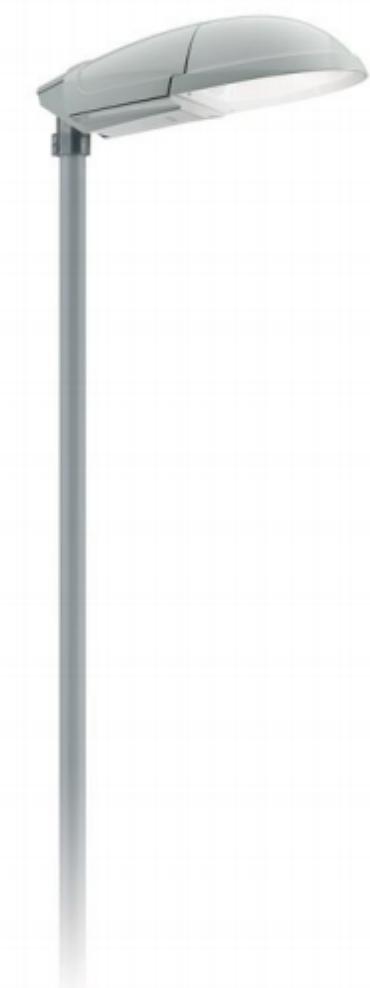
39. Inventario

39.1. Luminarias

Luminarias de vapor de sodio de alta presión de 100 W, de la casa Philips, las cuales se colocarán en la carretera Aisa y en la carretera A-2605.

El tipo de lámpara es MASTER SON-T PIA plus:

- La tecnología PIA asegura una vida larga y fiable, con mejor mantenimiento del flujo luminoso, encendido fiable durante toda la vida de la lámpara y reencendido prácticamente instantáneo (< 30 segundos).
- La alta eficacia y la ausencia de plomo (casquillo E40) la convierten en una buena alternativa medioambiental.
- Es la lámpara de sodio a alta presión más eficaz del mercado.



Selenium – diseño atemporal

Selenium

Selenium SGP340 es una luminaria eficiente y ergonómica destinada al alumbrado viario. Sus formas sencillas y redondeadas reducen su impacto visual durante el día y permiten su integración en cualquier tipo de entorno. Incorpora el reconocido reflector T-POT para obtener un gran rendimiento óptico . El ahorro energético también es posible gracias a la regulación mediante hilo de mando o el sistema autónomo Chronosense (sin hilo de mando). Selenium resulta adecuada tanto para el montaje de acceso lateral como de tipo post-top y se presenta con tres posibles ángulos de inclinación para ofrecer una instalación óptima (0, 5, 15°).

Beneficios

- Diseño atemporal en una luminaria eficiente y ergonómica destinada al alumbrado viario. Sus formas sencillas y redondeadas reducen su impacto visual durante el día y permiten su integración en cualquier tipo de entorno.
- Incorpora el reconocido reflector T-POT para obtener un gran rendimiento óptico
- Ahorro de energía, gracias a la diversidad de controles que se pueden instalar

Características

- Diseño atemporal
- Óptica T-POT
- Regulación con interruptor o sistema Chronosense autónomo (sin cable piloto)
- Tres ángulos de inclinación para una instalación óptima en columna o soporte

Especificaciones

+ Tipo	SGP340	+ Color	Gris (RAL 7035) Otros colores RAL disponibles bajo pedido
+ Tipo de lámpara	HID: - 1 x MASTER SON-T PIA Plus / E27 / 50, 70 W - 1 x MASTER SON-T PIA Plus / E40 / 100, 150, 250, 400 W - 1 x SON / E27 / 50, 70 W - 1 x SON / E40 / 100, 150, 250 W - 1 x SON-I / E27 / 50, 70 W	+ Instalación	Montaje de acceso lateral: acceso Ø 48 / 60 mm (48/60) Montaje post-top: entrada axial Ø 48 / 60 mm (48/60) El acoplamiento es reversible y es el mismo para acceso lateral o post-top Altura de montaje recomendada: 10 m Ángulo estándar de orientación post-top: 5° Ángulo adaptable: 0,5 y 15° Distribución de la luz ajustable: 5 posiciones de lámpara Área de máxima resistencia aerodinámica: 0,14 m ² Valores SCx por lateral: 0,077 m ²
+ Lámpara incluida	Si (K) No		
+ Tensión de red	230 o 240 V		
+ Equipo	Electromagnético (bajas pérdidas), 230 o 240 V / 50 Hz Electrónico, 220 - 240 V / 50 - 60 Hz - Electrónico (EB)		
+ Óptica	T-POT (TP)	+ Mantenimiento	Desde la parte superior, abriendo la carcasa con un sencillo clip de apertura rápida No es necesario el uso de herramientas para acceder a la bandeja de equipo y la conexión rápida tipo Vieland
+ Cierre óptico	Vidrio plano (PG), reduce el deslumbramiento y supone la ausencia de contaminación lumínica Cubeta de policarbonato (PC) resistente al vandalismo	+ Accesorios	Acoplamiento para montaje de acceso lateral de 34 mm, ZGP340 SP34S y de tipo post-top de 76 mm, ZGP340 SP76P
+ Arrancador	Serie (SI) Serie, con autoparada (SS) Semiparalelo (SP) Semiparalelo, con autoparada (ST)	+ Aplicaciones principales	Zonas industriales, carreteras, cruces, rotondas
+ Opciones	Sistemas de control: Chronosense (CH) Regulación: - Doble nivel 3 hilos (SW) - Doble nivel inverso 3 hilos (SVVR) - Doble nivel 4 hilos (DN) Fotocélula: conexión NEMA (P1), Minicell (P3) Fusible (FU) incluido Conector de cuchilla incluida (KC)		
+ Materiales y acabado	Carcasa y marco: fundición de aluminio Módulo de montaje: fundición de aluminio Cierres ópticos: cubeta de policarbonato o vidrio endurecido Reflector: aluminio de elevada pureza Clip de cierre: acero inoxidable		

Lámparas de vapor de sodio de alta presión de 70W de Philips, que sustituirán a las de 125W de vapor de mercurio.

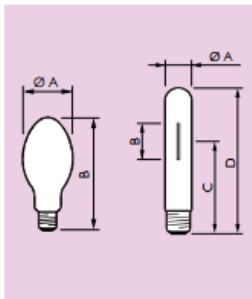
Descripción

SON es el nombre asignado por Philips a una gama de lámparas de vapor de sodio de alta presión de excelente calidad. Las lámparas SON/T PLUS PIA son lámparas de vapor de sodio de alta presión con tecnología PIA (antena integrada de Philips). El tubo de descarga de óxido de aluminio sintetizado con la antena integrada está encerrado al vacío en una ampolla exterior de cristal duro o carbonato cálcico. El tubo de descarga de las lámparas libres de mercurio se rellena con una amalgama de sodio y xenón como gas de arranque, y el tubo de descarga de las lámparas PLUS se rellena con una amalgama de sodio, mercurio y xenón. Las lámparas de 50 W y 70 W tienen un portalámparas rosado estándar E27 y las lámparas de 100 W a 400 W tienen un portalámparas rosado estándar E40. Las lámparas de SON-T PLUS PIA tienen una ampolla exterior tubular transparente y las lámparas de Sodio PLUS PIA una ampolla exterior pintada de blanco por el interior. Las lámparas utilizan reactancias y arrancadores de acuerdo con la norma IEC. La vida útil promedio de las lámparas SON-T PLUS PIA es de 32000 horas.

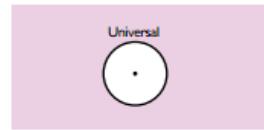
Las SON-T PLUS PIA funcionan en los mismos equipos que las lámparas de sodio standard obteniendo 33% mayor vida útil y hasta un 20% mayor flujo luminoso con mejor mantenimiento.

Aplicaciones

- Alumbrado de carreteras: autopistas, carreteras principales y secundarias en zonas urbanas y residenciales
- Alumbrado de zonas: plataformas, aparcamientos de vehículos, plazas y zonas industriales
- Alumbrado industrial: instalaciones deportivas exteriores e interiores



Dimensiones en mm



Posición de Funcionamiento

Tipo	A máx.	B máx.	C	D máx.
SON Plus PIA 100W - E40	76.0	186.0		
SON Plus PIA 150W, 250W - E40	91.0	226.0		
SON Plus PIA 400W - E40	122.0	290.0		
Tipo	A máx.	B máx.	C	D máx.
SON-T Plus PIA 70W - E27	32.0	42.0	102.0	156.0
SON-T Plus PIA 100W - E40	47.0	47.0	132.0	211.0
SON-T Plus PIA 150W - E40	47.0	61.0	132.0	211.0
SON-T Plus PIA 250W - E40	47.0	64.0	158.0	257.0
SON-T Plus PIA 400W - E40	47.0	83.0	175.0	283.0

PHILIPS

Lámparas Master CityWhite CDO – TT, halogenuro metálico, de 70 W, en Plaza de la Asunción y calle mayor, de la casa Philips.



La forma más sencilla de cambiar a una luz blanca cómoda

MASTER CityWhite CDO-TT

Lámpara exterior de halógenos metálicos cerámicos, con bulbo exterior de forma tubular transparente, utilizada para ofrecer una agradable luz blanca en exteriores

Beneficios

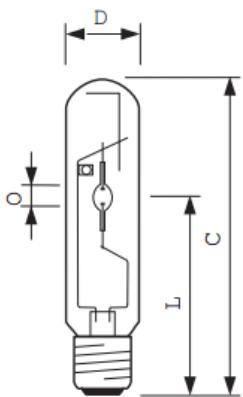
- Impresión cromática de blanco cálido que proporciona comodidad y seguridad
- Sencilla actualización de SON a luz blanca sin ningún coste adicional
- Niveles de luz flexibles y un consumo de energía reducido posible mediante la opción de regulación

Características

- Luz blanca de alta calidad
- Intercambiable de forma directa en instalaciones HPS (SON/NAV) para la actualización de luz amarilla a blanca
- El concepto "Plus" de alta eficacia se traduce en una elevada potencia lumínica y un mantenimiento lumínico mejorado
- Buena reproducción del color y una temperatura de color blanco cálido armonizada
- Regulable

Aplicaciones

- Embellecimiento e iluminación funcional para centros urbanos, áreas comerciales y zonas peatonales, además de en áreas residenciales para alumbrado vial y proyección de luz



MASTER CityWhite CDO-TT Plus 100W/828 E40

Product	C (Max)	D (Max)	L (Norm)	O (Norm)
CDO-TT Plus 100W/828 E40	211	47	132	8.5
CDO-TT Plus 150W/828 E40	211	47	132	10
CDO-TT Plus 250W/830 E40	257	47	157	12.1

Características Generales (1/2)

Código de pedido	Nombre de Producto	Base/ Casquillo	Forma de la lámpara	Acabado de la Lámpara	Posición de Funcionamiento	Vida al 5% de Fallos	Vida al 10% de Fallos	Vida al 20% de Fallos	Vida al 50% de Fallos	LSF EM 2.000h nom, ciclo 12 h	LSF EM 4.000 h nom, ciclo 12 h
120308 00	MASTER CityWhite CDO-TT Plus 70W/828 E27	E27	T35	Clara	any	9500 hr	12000 hr	16500 hr	27000 hr	99 %	99 %
120322 00	MASTER CityWhite CDO-TT Plus 100W/828 E40	E40	T46	Clara	any	15000 hr	18000 hr	21000 hr	27000 hr	99 %	99 %
120346 00	MASTER CityWhite CDO-TT Plus 150W/828 E40	E40	T46	Clara	any	15000 hr	18000 hr	21000 hr	27000 hr	99 %	99 %
121978 00	MASTER CityWhite CDO-TT Plus 250W/830 E40	E40	T46	Clara	any	14000 hr	16000 hr	18500 hr	23000 hr	99 %	99 %
185611 00	MASTER CityWhite CDO-TT Plus 50W/828 E27	E27	T31	Clara	any	9500 hr	12000 hr	14500 hr	20000 hr	99 %	99 %

39.2. Regulador de flujo



Regulador-Estabilizador de Flujo Trifásico compacto, gama básica.

- Generalidades
- Funcionamiento
- Composición del equipo
- Módulos de Control
- Opciones Disponibles
- Potencias e Intensidades
- Dimensiones y Anclajes
- Características Técnicas
- Conexión del equipo
- Particularidades



GENERALIDADES

El regulador-estabilizador de flujo luminoso trifásico modelo RTE, empleado para la reducción, regulación y estabilización de la tensión en las instalaciones de alumbrado público y/o privado, se presenta montado en un solo bastidor que contiene las 3 fases, las cuales son totalmente autónomas e independientes en cuanto a su funcionamiento.

Cada fase está conectada, normalmente, entre fase y neutro, regulando y estabilizando la tensión de salida de forma independiente.

Mediante un sistema de conmutación basado en un concepto binario de las diferentes tomas de los transformadores a través de elementos estáticos, se obtiene una combinación de tensiones variables que aportan una precisión mejor del 2%.

Los reguladores standard admiten tensiones de entrada de $230V \pm 10\%$ y proporcionan a la salida la tensión estabilizada programada.

De serie cuenta con un sistema de detección de microcortes de la red, realizando un ciclo de reencendido que evita el parpadeo de las lámparas apagadas por esa causa.

- **Regulación y Estabilización.**
- **Fases totalmente independientes**
- **Precisión mejor del 2%**
- **Detección de Microcortes de la red**

CARACTERISTICAS TECNICAS

Tensión Alimentación:	Trifásica: 400/230V	Monofásico: 230V
Precisión:	Mejor del 2%	
Potencia de equipos:	De 6 a 60 kVA (gama standard)	
Intensidad Máxima:	Ver tabla pag.4	
Rendimiento:	>98%	
Distorsión:	Ninguna	
Frecuencia:	De 50 a 60 Hz	
Tº Ambiente de Trabajo:	- 30°C / +50°C	
Humedad Ambiente:	De 0% a 97% sin condensación	
Protección Tº Trafos:	Medida permanente de la temperatura de los trafos, produciendo by-pass en caso de calentamiento excesivo.	
Protección Magnetotérmica:	Independiente por fase.	
Protección contra Sobreteniones:	Módulo integrado de serie para descarga de las sobreteniones que se produzcan a la entrada o salida del aparato.	
By-Pass:	Interno: Automático, NO-BREAK (sin corte de tensión), independiente para cada fase.	
Microcortes:	Detección de microcortes con ciclo de reencendido de lámparas.	
Campo de Regulación:	Entrada: de 253 a 207V - Salida: de 230V a 185V (Estos valores pueden variarse en caso de necesidad)	
Tipo de Regulación:	Independiente programable para cada fase con diferentes valores, siendo los standard: <ul style="list-style-type: none">- Tensión de encendido: 205 V - NO-BREAK (*)- Tensión de Alumbrado Pleno: 220 V (*)- Tensión Alumbrado Reducido 1 (V.S.A.P.) : 185 V (*)- Tensión Alumbrado Reducido 2 (V. Hg) : 195 V- Tiempo de encendido: 5 min. (*)- Velocidad Rampa de Ascenso: 15 V/min. (*)- Velocidad Rampa de Descenso: 4 V/min. (*)- Histeresis : 4 V (*)	
Leds de Señalización:	Los leds (verde y rojo) para cada fase, muestran el estado de funcionamiento del equipo.	

40. Resumen del presupuesto

Conforme se detalla en el anexo, el presupuesto de la obra es el siguiente de 18.159,69 €

41. Resumen de balance

Con las mejoras propuestas en esta auditoría se obtendría una iluminación mayor y mejor en el municipio reduciendo a su vez los gastos de consumo.

Teniendo en cuenta que el ahorro anual que obtendríamos a través de las mejoras que propone la auditoría es de 4.110,28 € , el dinero invertido en la obra se compensaría en 4 años y medio.

42. Reglamentación

La redacción de este proyecto se fundamenta en la reglamentación y normativa relacionada a continuación, a la cual nos remitimos como extensión de lo que se describe si fuera necesario.

- Orden de 04/06/1984, CONSTRUCCIÓN. Norma Tecnológica de la Edificación NTE-IER "Instalaciones de Electricidad. Red Exterior". Órgano emisor: Ministerio Obras Públicas y Urbanismo. BOE 19/06/1984
- Real Decreto 2642/1985 de 18/12/1985, INDUSTRIAS EN GENERAL. Especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 24/01/1986
- Orden de 16/05/1989, INDUSTRIAS EN GENERAL. Modifica el anexo del Real Decreto 2642/1985, de 18-12-1985, sobre especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 15/07/1989
- Real Decreto 401/1989 de 14/04/1989, SIDEROMETALURGIA. Modifica Real Decreto 2642/1985, de 18-12-1985, sobre sujeción a especificaciones técnicas y homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico). Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 26/04/1989
- Orden de 12/06/1989, SIDEROMETALURGIA. Establece la certificación de conformidad a normas como alternativa a la homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico). Órgano emisor: Ministerio Industria y Energía. BOE 07/07/1989
- Resolución de 25/10/2005, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, por la que se regula el período transitorio sobre la entrada en vigor de las normas particulares y condiciones técnicas y de seguridad, de Endesa Distribución S.L.U. en el ámbito de esta Comunidad Autónoma Órgano emisor: Conserjería de Innovación, ciencia y empresa. BOJA 22/11/2005
- 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

- Real Decreto 1955/2000 de 01/12/2000, ELECTRICIDAD. Regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Órgano emisor: Ministerio Economía. BOE 27/12/2000

43. Conclusión

Con el presente proyecto se apuesta por un municipio mejor iluminado, con una instalaciones renovadas, atendiendo a la reglamentación vigente de eficiencia energética en el alumbrado público y reduciendo a su vez el consumo eléctrico.

ANEXO

Presupuesto

Código	Cantidad	Descripción	Precio	Subtotal	Importe
0.1		LUMINARIAS SELENIUM SGP340 MASTER SON-T PIA plus, 100W Luminarias de aluminio con diseño atemporal de la marca Philips, modelo Selenium Master SON-T PIA plus de 100 W de VSAP, IP66 para el conjunto lámpara y compartimento del equipo			
003E00002	16,50 H	Oficial de primera electricista	18,76	309,54	
003E00004	16,50 H	Oficial de segunda electricista	14,35	229,44	
PSELENIUM	11	Luminaria Selenium de Philips, 100 W	366,65	4033,15	
Q03C00050	2,10 H	Camión grúa 6 Tn	36,29	76,21	
%0000.003	1%	Medios auxiliares.(s/total)	4648,34	46,48	
					4694,82
0.2		LÁMPARAS SON/T PLUS PIA 70W Lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP) de la marca Philips y modelo SON/T PLUS PIA de 70 W.			
003E00002	2,20 H	Oficial de primera electricista	18,76	41,27	
003E00004	65,20 H	Oficial de segunda electricista	14,35	935,62	
LAMPSONT	50	Lámpara SON/T PLUS PIA de Philips, 70 W	14,51	725,50	
%0000.003	1%	Medios auxiliares.(s/total)	1702,39	17,02	
					1719,42
0.3		LÁMPARAS MASTER CITYWHITE CDO-TT,70W Lámparas de halogenuro metálico de luz blanca de la marca Philips, modelo Master CityWhite CDO-TT,de 70 W			
003E00002	2,00H	Oficial de primera electricista	18,76	37,52	
003E00004	6,10 H	Oficial de segunda electricista	14,35	87,54	
LAMPMAST	7	Lámpara Master CityWhite CO-TT de Philips, 70 W	28,50	199,50	
%0000.003	1%	Medios auxiliares.(s/total)	324,56	3,25	
					327,80
0.4		REGULADOR-ESTABILIZADOR DE FLUJO TRIFÁSICO COMPACTO,GAMA BÁSICA Regulador- estabilizador de flujo trifásico compacto de la marca RTE, empleado para la regulación, reducción y estabilización de la tensión en las instalaciones de alumbrado			
003E00002	3,00 H	Oficial de primera electricista	18,76	56,28	
003E00004	2,50 H	Oficial de segunda electricista	14,35	35,88	
REGVOLT	1	Regulador de tensión trifásico RTE	11212,45	11212,45	

%0000.003	1% Medios auxiliares.(s/total)	11304,61	113,05
			11417,65
TOTAL			18159,69

Bibliografía

1. <http://www.idae.es/index.php?id.644/relmenu.355/mod.pags/mem.detalle>
2. <http://www.ingenieros.es/noticias>
3. <http://www.investinspain.org/invest/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mda0/ntuy/~edisp/4552505.pdf>
4. <http://www.energiadiario.com/publicacion/spip.php?article16681>
5. <http://guaix.fis.ucm.es/evolucionconsumo>
6. <http://grupolloedo.blogspot.com.es/2013/09/crece-el-consumo-del-alumbrado-nocturno.html>
7. http://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_energ%C3%A9tica
8. <http://fomento.gobex.es/fomento/live/informacion-ciudadano/Arquitectura/energias-renovables/plandeaccion20112020.pdf>
9. <http://www.idae.es/index.php?id.663/relmenu.332/mod.pags/mem.detalle>
10. http://www.urjc.es/comunidad_universitaria/oficina_verde/eficiencia_energetica/eficiencia_energetica.pdf
11. http://www.aenor.es/aenor/certificacion/mambiente/mab_gestion_energetica.asp#.U6CeC_I_uSo
12. http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_GT_EE_iluminacion_Alumbrado_Publico_9a40dc27.pdf
13. <http://transportlearning.net/competence/docs/Urban%20Design%20Reference%20Material.pdf>
14. <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion-eficiente-sector-residencial-y-terciario-fenercom.pdf>

15. <http://eficiencia-e.blogspot.com.es/2010/07/como-dimensionar-las-mejoras-en-el.html>
16. http://www.eoi.es/wiki/index.php/Equipos_y_eficiencia_en_alumbrado_exterior_en_Eficiencia_energ%C3%A9tica
17. 18634 REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre. BOE. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
18. <http://iso50001.nom.es/contenido-iso-50001/>
19. <http://www.iso.org/iso/home/standards/management-standards/iso50001.htm>
20. Guía Técnica de Aplicación en Baja Tensión. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Guía BT – 09. Edición: Septiembre 04.
21. http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N00483_36#.U38tU_1_uSo
22. <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion-eficiente-sector-residencial-y-terciario-fenercom.pdf>
23. Protocolo de auditoría energética de las instalaciones de alumbrado público exterior. Ministerio de industria, turismo y comercio con IDEA y el Comité Español de Iluminación. Octubre 2008..
24. <http://www.srt.gob.ar/adjuntos/prevencion/guialuminacion.pdf>
25. Catálogo de Instrumentos de Medida 2014-2015 Fluke, Edición Español.