

# Auditorías energéticas y lumínicas del alumbrado exterior y protección del medio nocturno

Malón Giménez, Susana<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lumínica Ambiental

<sup>1</sup> Sociedad Astronómica de Álava

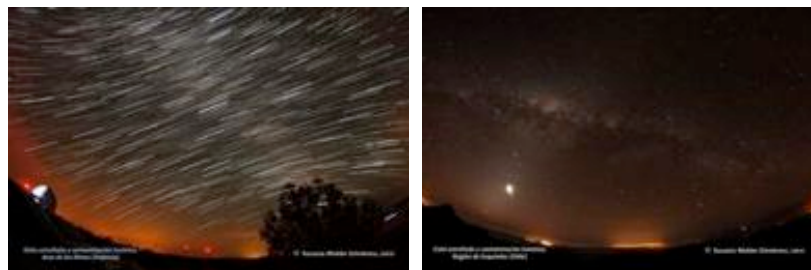
<sup>1</sup> susana.malon@luminicaambiental.com

**Resumen.** La contaminación lumínica debe ser controlada desde los proyectos de diseño de alumbrado exterior, que se establecen en los reglamentos y recomendaciones internacionales y nacionales. Y especialmente en las auditorías lumínicas y energéticas del alumbrado exterior, que es un requisito previo y fundamental para conocer la realidad de la situación actual de las instalaciones y definir su Plan de Acción o Director, que es la hoja de ruta para adecuar el alumbrado y garantizar las condiciones de seguridad de los usuarios, una correcta calidad de iluminación, consiguiendo el máximo ahorro y periodos de retorno asumibles. Y por supuesto, punto de partida para analizar la viabilidad en la contratación del servicio a través de modelo ESE, Empresa de Servicio Energético.

**Palabras clave:** auditorías, energía, iluminación, contaminación lumínica.

## 1. Introducción

La contaminación lumínica es un tipo de contaminante que debe controlarse desde los propios proyectos de alumbrado exterior (existen normativas a nivel estatal, autonómico y europeo) y especialmente desde las auditorías lumínicas y energéticas que derivan en la definición de un Plan Estratégico o Plan Director para la gestión eficaz y sostenible del alumbrado exterior a lo largo del tiempo.



**Figura 1.** Cielo estrellado y Contaminación lumínica sobre el horizonte. *Créditos: Susana Malón*

Las auditorías deben tener un objetivo claro: buscar el mejor compromiso que garantiza el equilibrio entre la funcionalidad de la iluminación nocturna y el cuidado por preservar las condiciones de oscuridad del medio nocturno.

Esto genera notables beneficios, si se define un adecuado Plan Director del alumbrado exterior con el control tanto en las nuevas instalaciones de iluminación como en las adecuaciones de las ya existentes, puesto que no sólo fomenta la eficiencia energética y reduce el consumo cuidando la seguridad de los usuarios, sino que permiten proteger el cielo estrellado y todo su patrimonio tangible e intangible, el medioambiente y nuestra salud.

Y bajo nuestra experiencia, este adecuado equilibrio se produce únicamente si la auditoría se hace bajo criterios de independencia respecto a componentes externos a la misma, y teniendo presentes criterios energéticos, sostenibles y las variables físicas que gobiernan la propagación de la luz en la atmósfera.

## 2. La auditoría energética y lumínica

Las auditorías deben seguir en todo momento los requisitos establecidos en el protocolo IDAE-CEI y para dar respuesta a ello, a continuación se describen las fases que la componen:

- ✧ **Fase 1: trabajo de campo.** Recopilación de la información y estado actual de las instalaciones existentes, tanto en horario diurno como nocturno:
  - Realización del **inventario** digital completo.

| RESUMEN INVENTARIO PUNTOS DE LUZ |            |            |             |                    |                    |                         |                     |
|----------------------------------|------------|------------|-------------|--------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| Fotografía                       | Fotografía | Fotografía | Fotografía  | Fotografía         | Fotografía         | Fotografía              | Fotografía          |
| Fabricante                       | EPNITO     | Y&L        | Y&L         | Y&L (con cable IP) | Y&L (con cable IP) | Y&L (con cable IP)      | Y&L (con cable IP)  |
| Modelo                           | NOVA       | Y&L        | Y&L         | Y&L                | Y&L                | Y&L                     | Y&L                 |
| Soporte                          | Fachada    | Bocina     | Brazo Mural | Brazo Mural        | Bocina (Invertida) | Brazo Mural (Invertido) | Proyector (Fotofix) |
| Alumbrado                        | MOOP       | MOOP       | MOOP        | MOOP               | MOOP               | MOOP                    | MOOP                |
| Pot. Instalada (W)               | 125        | 125        | 125         | 125                | 255                | 255                     | 257                 |
| Pot. Usada (W)                   | 110        | 125        | 125         | 125                | 210                | 210                     | 211                 |
| Consumo (kWh)                    | 32         | 32         | 32          | 32                 | 6                  | 6                       | 6                   |
| Reducción                        | 8%         | 8%         | 8%          | 8%                 | 18%                | 18%                     | 18%                 |
| Reducción (relativa)             | 0,81       | 0,14       | 0,14        | 1,38               | 2,14               | 2,14                    | 0,28                |

Figura 2. Inventario puntos de luz. Fuente: Lumínica Ambiental

- **Mediciones** actuales de los parámetros eléctricos, energéticos y lumínicos.



Figura 3. Mediciones parámetros eléctricos y lumínicos. Fuente: Lumínica Ambiental

- **Mapas lumínicos y de inventario**, y gestión de la información (GIS).



Figura 4. Mapa inventario (izda.) y Mapa lumínico (dcha.) del alumbrado. Lumínica Ambiental

❖ **Etapa 2: Análisis y diagnóstico de la situación actual:**

- Comparar todos los datos recopilados con la legislación vigente aplicable a cada territorio en materia de alumbrado exterior: **RD 842/2002** (REBT-Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión), **RD1890/2008** (REEAE - Real Decreto de Eficiencia Energética Alumbrado Exterior) y **Directiva 2009/125/CE** en relación a los requisitos de diseño ecológico de los productos relacionados con la energía. Estas legislaciones no contemplan realmente la problemática de la contaminación lumínica, por lo que se deben tener en cuenta las recomendaciones de las Oficinas de Protección de la Calidad del Cielo de Canarias y Chile, Iniciativa Starlight y Cel Fosc, Asociación contra la Contaminación Lumínica, entre otras.
- Facturación y consumos registrados.
- Funcionamiento de las instalaciones: lumínico, energético, medioambiental.
- Estado de conservación y mantenimiento. Seguridad.

❖ **Etapa 3: Plan de acción:**

- Definición de las actuaciones necesarias por orden de prioridad (seguridad, cumplimiento REBT, REEAE, ahorro energético, contaminación lumínica, mantenimiento). En cada actuación se define la prioridad, coste inversión, ahorro económico y energético previsto, reducción de emisiones de CO2 y periodo de amortización simple.
- Finalmente se define el Plan Director o Estratégico del Alumbrado Público, que detalla en el tiempo las actuaciones que garantizan las prestaciones lumínicas correctas, el adecuado funcionamiento del alumbrado, su mínimo impacto ambiental y los máximos ahorros para los ayuntamientos y las condiciones económicas justas para la posible contratación de Empresas de Servicios Energéticos (modelo energético que está proliferando en la actualidad).

### **3. Aspectos esenciales a considerar: parámetros físicos y ambientales**

Para conseguir que el Plan Director de respuesta a todo lo anterior, debe partir de criterios REALMENTE sostenibles, y decimos REALMENTE sostenibles porque deben considerar parámetros físicos y ambientales que la legislación existente no contempla en profundidad y que normalmente los diseñadores de alumbrado tampoco aplican, nos referimos a la física de la luz en la atmósfera.

Muy brevemente describimos dos fenómenos físicos que se producen cuando la luz atraviesa la atmósfera y que explican por qué la contaminación lumínica no es un fenómeno local (sino que se propaga a decenas de kilómetros) y que son los que limitan la tipología de puntos de luz (lámparas y luminarias) a instalar para evitarla.

Cuando la luz interacciona con las moléculas que constituyen el “aire” limpio de la atmósfera se produce el denominado *Esparcimiento de Rayleigh*, y cuya intensidad es inversamente proporcional a la 4ª potencia de la longitud de onda, por lo que es fácil comprobar que las longitudes de onda del azul sufren este efecto con cuatro veces más de intensidad que la parte roja del espectro, y la UV trece veces más.

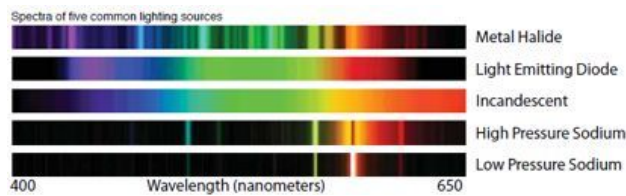
Por otro lado, cuando la luz interacciona con las partículas grandes en suspensión, se produce el *Esparcimiento de Mie*, que esparce la luz en direcciones preferentemente alineadas a lo largo de la dirección de propagación debido a los aerosoles, lo que hace que el flujo emitido por luminarias con ángulos de emisión entre 0-5% desde la horizontal, tengan un efecto desproporcionado en el resplandor luminoso nocturno a decenas de kilómetros de la fuente.

Por ejemplo, luminarias con  $FHS_{inst} = 3\%$  producen entre un 80% y un 290% más de resplandor luminoso a 50 km y 200 km, respectivamente, que luminarias con  $FHS_{inst} 0\%$ , y en un núcleo urbano con un 10% de  $FHS_{inst}$ , la emisión directa produce las 3/4 partes del resplandor a 50 km y más de las 9/10 partes del resplandor a 200 km.

#### 4. La solución: Alumbrado inteligente y sostenible.

Por todo ello, las instalaciones de alumbrado se consideran inteligentes y sostenibles, si cumplen principalmente los siguientes requisitos técnicos:

- ✧ Control y regulación en la utilización de fuentes de luz con fuerte emisión en la parte azul del espectro visible y en el Ultravioleta ( $< 500 \text{ nm}$ ). Estas longitudes de onda corta predominan en las lámparas de luz blanca (Vapor de Mercurio, Halogenuros Metálicos, LEDs fríos, inducción) por lo que son más contaminantes que las lámparas de color cálido (Sodio de Alta y Baja Presión, LED cálidos, por debajo de  $2.700^\circ\text{K}$ ).



**Figura 5.** Espectros distintos tipos de lámparas. (Cortesía de International Dark-Sky Association)

- ✧ Utilización de luminarias con  $FHS_{inst} \approx 0\%$  (Flujo lumínico nulo por encima del plano horizontal imaginario de la luminaria).



**Figura 6.** Tipología de luminarias incorrectas (izda.) y adecuadas (dcha). Fuente: Lumínica Ambiental.

- ✧ Diseñar las instalaciones con el nivel adecuado de iluminación, sin sobrepasar el 20% de lo establecido en la legislación.



**Figura 7.** Sobreiluminación en zona peatonal. Nivel de iluminación existente,  $E_m = 169 \text{ lux}$ . La normativa permite un máximo de  $E_m = 15 \text{ lux}$ . Fuente: *Lumínica Ambiental*.

## 5. Algunos resultados.

Un ejemplo de reciente ejecución que ha llevado a cabo Lumínica Ambiental en varios municipios españoles aplicando la metodología y los criterios detallados anteriormente, permitirá reducir el consumo anual entre un 60 y 65%, iluminando de forma adecuada, garantizando la seguridad de los usuarios, incrementando la eficiencia energética de las instalaciones y por supuesto reduciendo drásticamente la contaminación lumínica, la emisión de Gases de Efecto Invernadero, la afección a la biodiversidad y evitando efectos nocivos en la salud de las personas.

El plan de acción derivado de la auditoría, incluye la sustitución de luminarias de tipo farol villa sin sistema óptico y con lámparas de Vapor de Mercurio de 125w, por luminarias también de tipo farol villa pero con sistema óptico adecuado y protección hacia el hemisferio superior con lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión de 50w y/o 70w con sistema de regulación del flujo luminoso en punto o en cabecera de línea.



**Figura 8.** Ejemplo de actuaciones en alumbrado exterior: actual (izda.) y nuevo (dcha.)

Actualmente, se están llevando a cabo otras auditorías en distintos lugares de la geografía española y se está analizado la viabilidad técnica y económica de la implantación de luminarias con tecnología LED pero con emisión cero por debajo de los 500nm, con sistemas LED-PC Ámbar de 30w y/o 50w de potencia y con regulación punto a punto. Estas zonas necesitan especial protección en la calidad del cielo nocturno, por motivos científicos y por el desarrollo de productos especializados en Astro-turismo.

## 6. Conclusiones.

La contaminación lumínica es un vector ambiental que debe ser considerado en las evaluaciones ambientales como cualquier otro contaminante: ruido, vertidos, residuos, emisiones de Gases de Efecto Invernadero, etc. Pero se debe resaltar que NO es la luz la “mala de la película”, sino los deficientes e inadecuados diseños de alumbrado exterior que no consideran la potencialidad que tienen de generar contaminación lumínica incluso a decenas de kilómetros.

Por ello debe actuarse de forma responsable sobre las instalaciones de alumbrado exterior y considerar TODOS los aspectos y fenómenos físicos que afectan a la propagación de la luz en la atmósfera, lo cual limita tanto la tipología de lámparas a utilizar como de luminarias.

Y para conseguirlo, la clave está en la figura de la auditoría energética y lumínica independiente, como herramienta fundamental para la definición de un plan estratégico de gestión del alumbrado público, con el objetivo de optimizar los costes (inversión, explotación y mantenimiento) a lo largo del ciclo de vida de la instalación, incrementando la eficiencia energética y el ahorro, reduciendo así el retorno de la inversión, y por supuesto dentro de los parámetros exigidos en la legislación.

*"Como luminotécnicos, debemos diseñar el alumbrado exterior para que nuestros municipios estén iluminados de forma eficiente y sean seguros, con la luz necesaria en nuestras calles y con estrellas en el cielo". Susana Malón*

## Referencias

- [1] *Catálogo de Buenas prácticas en Eficiencia energética*. Susana Malón Giménez. Publicado por el Club de Excelencia en Sostenibilidad.
- [2] *Auditorías energéticas del alumbrado exterior en entidades locales de menos de 200 habitantes*. Susana Malón Giménez – Lumínica Ambiental. XXXIX Simposium Nacional de Alumbrado. Mataró 2013.
- [3] *Primeras experiencias Starlight en Chile: Reserva Fray Jorge y Destino Turístico Chiu-Chiu*. Sanhueza, Pedro; Marin, Cipriano; García, Jorge; Malón, Susana
- [4] Protocolo de auditoría energética de las instalaciones de Alumbrado Público Exterior. Instituto Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y Comité Español de Iluminación (CEI).
- [5] Guía Práctica de Iluminación de Exteriores. Federico de la Paz Gómez (OTPC), Pedro Sanhueza (OPCC), Javier Díaz Castro (OTPC). Colaboradores: STARLIGHT, CIELOBUIO/ISTIL, IDA, CRONOLAB, UNESCO.
- [6] A ras de cielo. David Galadí-Enríquez. Almuzara, 2008.
- [7] Lighting and Astronomy. Physics Today Magazine December 2009. Christian B. Luginbuhl, Constance E. Walker and Richard J. Wainscoat.
- [8] StarLight Reserve Concept. UNESCO - WHC (Initiative Astronomy and World Heritage): MaB Urban Ecology Programme of UNESCO; IAU (International Astronomical union); CIE (international Commission of Eclerage), OTPC-IAC (Instituto de Astrofísica de Canarias). 2.009.