

Seminario Técnico de Iluminación

Proyectos de Eficiencia Energética en Alumbrado Público

Índice

- 1** Eficiencia energética en el alumbrado público
- 2** Mediciones
- 3** Iluminación
- 4** Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)
- 5** Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público
- 6** ESEs y M&V

Índice

- 1** Eficiencia energética en el alumbrado público
- 2** Mediciones
- 3** Iluminación
- 4** Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)
- 5** Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público
- 6** ESEs y M&V

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.1 MARCO ENERGÉTICO ACTUAL:

Ante el nuevo panorama energético mundial y la enorme **dependencia tanto de la Unión Europea como de España, que importa el 85% de sus necesidades energéticas**, la energía se ha convertido en una prioridad.

Las líneas de trabajo para enfocar este problema son comunes para ambas instituciones.

Se trabaja desde hace años en la puesta en marcha de las siguientes actuaciones:

- Fomento de la investigación y uso de las energías renovables.
- **Impulso de medidas de ahorro y eficiencia energética.**
- **Disminuciones de las emisiones de gases efecto invernadero. GEI**

Siendo los objetivos de la política energética actual:

- Garantizar la seguridad en el abastecimiento, mediante el ahorro de energía y la diversificación de fuentes energéticas.
- Aumentar la competitividad de las economías.
- Promover la sostenibilidad ambiental y luchar contra el cambio climático.



1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.1 MARCO ENERGÉTICO ACTUAL:

En la Unión Europea (UE) el 40% del consumo total de energía corresponde a los edificios donde, entre otros equipamientos, se encuentra la iluminación interior.

Según el Libro Verde: Iluminemos el Futuro (Comisión Europea 15-12-2011), en la UE la proporción que representa la iluminación interior en el consumo total de electricidad varía considerablemente en función del tipo de edificios, y puede llegar a ser:

- Un 30% en oficinas.
- Un 20-30% en hospitales.
- Un 10-15% en escuelas.
- Un 10-12% en edificios residenciales.
- Un 15% en industrias.

La iluminación representa el **19% del consumo mundial de electricidad y el 14% de la UE**, mientras que la totalidad del alumbrado exterior supone en nuestro país un 1,35% del consumo total de energía eléctrica. Correspondiendo al alumbrado de autovías y carreteras un 0,40%.

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.2 EL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO:

Uno de los principales consumidores de energía, tanto eléctrica como térmica, son las **Administraciones Públicas**, debido al gran número de instalaciones (colegios, hospitales, alumbrado público, etc....) que gestionan, operan y mantienen.

Dentro de las administraciones públicas destacan los más de **8.000 municipios** existentes que gestionan y mantienen las instalaciones de alumbrado público. Dichas instalaciones se estima que consumen más de un **3% del total de la energía eléctrica consumida en todo el país**.

Concretamente, el gasto de electricidad en **alumbrado público**, para algunos municipios puede suponer más de un **60% del consumo de energía final del ayuntamiento**, siendo una de las principales partidas presupuestarias existentes.

En un contexto de crisis como el actual, el desarrollo de proyectos de eficiencia energética para reducir el gasto energético, disminuir los costes de mantenimiento y liberar recursos económicos para otras necesidades, es fundamental. Sin olvidar que el control en el tiempo de dichos ahorros garantiza la consecución de los objetivos.

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.2 EL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO:

El nivel de eficiencia de una instalación de alumbrado público viene determinado por la calidad, adecuación y funcionamiento de varios factores que determinarán como de eficiente o ineficiente es una instalación:

- [Lámpara y equipo auxiliar de encendido](#)
- [Luminaria](#)
- [Sistema de encendido y de regulación](#)
- [Sistema de control y gestión](#)
- [Mantenimiento](#)
- [Nivel de iluminación](#)

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.2 EL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO:

En los últimos años se han desarrollado nuevos equipos y sistemas que permiten, obtener importantes ahorros:

- **Luminarias que presentan un mayor rendimiento y reducen la contaminación lumínica.**
- **Lámparas más eficientes y más respetuosas con el medioambiente.**
- **Equipos de encendido electrónicos, que reducen los consumos de energía activa y energía reactiva.**
- **Sistemas de control y gestión que permiten un control y seguimiento instantáneo del estado de las instalaciones, así como reducir los costes de mantenimiento, maximizando los ahorros obtenidos y reduciendo los tiempos de respuesta frente a fallos.**

Todo ello permite obtener, como promedio mínimo, proyectos con un nivel de ahorro del 30% - 40%.

Además, se ha desarrollado una normativa específica que regula el consumo energético en el alumbrado público: **Real Decreto 1890/2008, Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior.**

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.3 CONTAMINACIÓN LUMÍNICA:

TENDENCIAS QUE AFECTAN A LA CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

- Tendencia a creer que cuánto más luz mejor:

El efecto dominó provoca que al pasar de una calle sobreiluminada a otra bien iluminada ésta nos parezca muy oscura por el tiempo que tarda el ojo en adaptarse: el exceso de luz en un punto llama a poner más lámparas en otros.

Hay que concienciar para cambiar la percepción que se tiene de la noche, no sólo se trata de cambiar luminarias, sino también de apagarlas. No se puede convertir la noche en día.

- Seguridad:

Reducir la iluminación suele crear rechazo entre la población por considerarse que la luz está relacionada con la seguridad.

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA LUMÍNICA

Se puede definir **auditoría energética** como procedimiento sistemático para obtener un adecuado conocimiento de los consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico.

Objetivos principales (para cualquier tipo de auditoría energética):

- Mejorar la contratación de la energía eléctrica.
- Optimizar los consumos energéticos.
- Reducir las emisiones por unidad de producción.
- Conocer la situación general y los puntos críticos.
- Analizar la posibilidad de utilizar energías renovables.

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

FASES DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

El alcance de los trabajos a realizar será:

- ✓ **Diagnóstico de la situación actual.** Toma de datos inicial.
- ✓ Auditoría energética de cada una de las instalaciones de alumbrado. **Mediciones.**
- ✓ Elaboración del **informe de resultados y propuestas** de actuación.

El trabajo a desarrollar en la auditoría debe permitir **conocer el estado físico** de las instalaciones de alumbrado respecto a un uso racional de la energía que consumen y a su aptitud para cumplir el fin para el que fueron diseñadas y ejecutadas, cumpliendo la normativa que le sea de aplicación.

La auditoría energética de alumbrado público debe abarcar a todas las instalaciones de alumbrado público de titularidad municipal.

Una vez conocido el alcance de los trabajos, es preciso una correcta planificación de los mismos de cara a optimizar los costes y los resultados de la auditoría.

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL. TOMA DE DATOS INICIAL.

Diagnóstico de la situación actual: análisis de la instalación que se va a auditar, caracterizando el tipo de municipio, situación, entorno, suministros energéticos y los sistemas consumidores de energía.

- Es importante conseguir la **confianza de los interlocutores** designados por el ayuntamiento. Para ello, es conveniente explicar el alcance y los objetivos de la auditoría.
- En ciertos casos, la **decisión de la auditoría parte de la dirección, y puede que los técnicos no tengan la información necesaria.**

El punto de partida de estos trabajos es, por tanto, el **acceso a la información** de base del diseño y características de las instalaciones de alumbrado, con los criterios asumidos en su día como premisas respecto a la funcionalidad perseguida en los espacios iluminados.

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL. TOMA DE DATOS INICIAL.

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**.

Un ejemplo de datos de partida podría ser:

- **Plano con callejero y/o cartografía del municipio.**
- **Inventario de las instalaciones de alumbrado público. Sectorización del alumbrado.**
- **Identificación de los suministros de alumbrado público.**
- **Facturas de electricidad (mínimo 1 año).**
- **Plan de Mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público y costes asociados.**
- **Auditorías previas, histórico de incidencias, obras de renovación recientes.**
- **Gestión de las instalaciones de alumbrado público.**

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO. MEDICIONES.

Analizados los datos iniciales, el Auditor procederá a realizar las **labores de campo in situ**, para la toma de datos de la **situación actual** de las instalaciones de alumbrado, que sirva para la realización de los distintos análisis técnicos.

Para ello, realizará sobre cada una de las instalaciones de alumbrado público, el análisis de los elementos integrantes de la misma, **recogiendo la información sobre unas fichas previamente diseñadas para tal fin**. Como modelos de referencia, se pueden tomar las “Fichas de Campo” del Anexo II del *Protocolo de auditoría energética de las instalaciones de alumbrado público exterior*, elaborado por el Comité Español de Iluminación (CEI).

a) El Auditor realizará las mediciones correspondientes de todos los **parámetros eléctricos** incluidos en las fichas, como pueden ser:

- Tensión entre fases, fases y neutro
- Corriente en cada fase
- Potencia activa y reactiva
- Factor de potencia
- etc.

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO. MEDICIONES.

- b) Igualmente, realizará las mediciones y cálculos de los parámetros lumínicos de cada tipo de instalación:
- Flujos luminosos y niveles de iluminación
 - Luminancias e iluminancias
 - etc.
- c) Para la realización de estas mediciones y la obtención de los datos necesarios, el auditor deberá disponer de las herramientas y equipos de medida necesarios, tales como:
- Juego completo de llaves para la apertura de los cuadros eléctricos.
 - Cualquier otro material para la apertura de luminarias, postes, etc. (destornilladores, llave inglesa, etc.)
 - Analizador de redes.
 - Pinza amperimétrica.
 - Cámara fotográfica.
 - Luxómetro - luminancímetro.
 - EPI's

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO. MEDICIONES.

En las Fichas de Campo del CEI, se establecen tres bloques diferenciados de tipos de fichas:

1. **Inventario desglosado de la instalación y de sus componentes.** Relativo a los datos de los cuadros generales de alumbrado, donde se contempla la descripción y la medida de parámetros relativos a su localización, acometida eléctrica, protecciones, equipos de medida, datos de facturación de la compañía eléctrica y los circuitos que de él parten hacia el resto de la instalación.

DATOS GENERALES DEL CUADRO			
LOCALIDAD		ACOMETIDA ELÉCTRICA	
DIRECCIÓN			
CIF. ABONADO			
Nº IDENTIFICACIÓN SUMINISTRO			
INDIVIDUAL	SI NO	LONGITUD (m)	
MONTAJE	AÉREA SUBTERR	SECCIÓN (mm ²)	
TIPO CONDUCTOR		CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN	
POTENCIA MÁXIMA ADMISIBLE		ALOJADA EN CUADRO	SI NO
		EXTERIOR	SI NO
		OTRA SITUACIÓN (ESPECIFICAR)	
		COORDENADAS UTM	
		GRADO DE PROTECCIÓN	IP IK INT. NOMINAL FUSIBLE (A)

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO. MEDICIONES.

- I. **Cuadros eléctricos de mando y control.** Identificación de la situación de cada uno de los centros de mando existentes, sus elementos, su estado, etc.
 - Identificación de los componentes.
 - Características mecánicas.
 - Características eléctricas.
 - Protecciones.
 - Líneas de salida.
 - Puntos de luz por línea.
 - Características de los puntos.
- II. **Líneas de distribución y acometida.** Identificación de cada uno de los suministros eléctricos a cada cuadro de mando y control.
 - Tipo de líneas.
 - Ubicación y características.
 - Secciones.
 - Protecciones.

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO . MEDICIONES.

- III. **Puntos de luz.** Disposición. Identificación de los puntos de luz en cuanto a su distribución, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.
 - Ubicación.
 - Características.
 - Disposición.
 - Tipología
- IV. **Tipo de luminarias.** Identificación de todas y cada una de las luminarias en cuanto a sus características, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.
 - Ubicación.
 - Características.
 - Disposición.
 - Tipología

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO . MEDICIONES.

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

- Características.
- Identificación.
- Potencia.
- Tipología.

VI. **Equipos de encendido.** 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.

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

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO . MEDICIONES.

VII. **Sistemas de regulación y control.** 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.

- Características.
- Sistema.
- Capacidad del mismo.

VIII. **Protecciones.** 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.

- Características.
- Tipología.

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

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO . MEDICIONES.

X. **Análisis energético.** 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.

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO . MEDICIONES.

XI. **Mantenimiento y gestión. Horarios de funcionamiento.** Por ultimo es importante conocer bajo que 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.

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

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO . MEDICIONES.

2. **Análisis funcional de las instalaciones.** Relativo a los datos de las características propias de las instalaciones de alumbrado en los distintos tipos de vías, donde se contempla la descripción y la medida de parámetros relativos a la tipología de la instalación de alumbrado, sus niveles de iluminación y su grado de eficiencia energética.

INSTALACIÓN DE ALUMBRADO EXTERIOR										
LOCALIDAD										
DIRECCIÓN										
Nº DEL CUADRO GENERAL										
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			
TIPO SOPORTES		SUSPENDIDO								
		BRAZO MURAL								
		COLUMNA/BÁCULO								
		OTRO								
MATERIAL DEL SOPORTE					NIVELES DE ILUMINACIÓN					
DISPOSICIÓN		UNILATERAL			PROTECCIÓN INDIVIDUAL			M, FL, RI		
		TRESBOLILLO								
		OPOSICIÓN								
		CENTRAL								
DERIVACIÓN (mm²)					ESTADO SOPORTE			B, M, RI		
					ILUMINANCIA MEDIA (lux)		CON REDUCCIÓN			
							SIN REDUCCIÓN			
							MEDIA			
							$U_{med} = \frac{E_{min}}{E_{med}}$			
							EXTREMA			
							$U_{ext} = \frac{E_{min}}{E_{ext}}$			
					EFICIENCIA ENERGÉTICA		$\mathcal{E} = \frac{S \cdot E_m}{P}$			



Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO . MEDICIONES.

- I. **Vías y niveles lumínicos.** Se realizará un análisis de la tipología de funcionamiento de las distintas instalaciones de alumbrado.

- Tipos de vía.
- Niveles de iluminación (Iluminancia, luminancia)
- Flujo hemisférico superior instalado.
- Parámetro y criterios de calidad.
- Uniformidades x Parámetros eléctricos.
- Cumplimiento del REBT-ITC-09.

De este bloque se confeccionarán tantas fichas como viales o espacios exteriores iluminados sean objeto de la auditoría.



Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

AUDITORÍA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO . MEDICIONES.

3. **Ratios.** Relativo a la obtención de un conjunto de **ratios** o números índice que permitirán situar cualitativamente el nivel de alumbrado del municipio a efectos estadísticos.

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

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION Y EJECUCIÓN DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

ELABORACIÓN DEL INFORME DE RESULTADOS Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN.

El **informe de resultados** deberá reflejar los datos obtenidos en la cumplimentación de las **fichas de caracterización** mostradas anteriormente, así como realizar la **evaluación del grado de eficiencia** de aquellos sistemas o subsistemas que se considere afectan de forma propia al consumo global de las instalaciones.

El informe seguirá el siguiente quión:

1. 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.
2. 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**.

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 PLANIFICACION Y EJECUCIÓN DE LA AUDITORIA ENERGÉTICA:

ELABORACIÓN DEL INFORME DE RESULTADOS Y PROPUESTAS DE ACTUACIÓN.

Las posibles mejoras serán valoradas en términos energéticos y económicos.

La **evaluación económica** incluirá el alcance de la realización de las medidas propuestas, así como los periodos 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.

Para terminar, el auditor realizará la **preparación técnica** suficiente del **personal** encargado de la explotación y gestión de las instalaciones para la utilización de la Auditoría.

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4

HARDWARE

- Equipo GPS de campo



- PC de oficina



SOFTWARE

- Equipo GPS de campo:

Zeno Field (Leica)



- PC de oficina:

ArcGIS Engine Runtime (ESRI)
Zeno office Advanced (Leica)
Aplicación

1 Eficiencia energética en el alumbrado público Componentes. Hardware

1.4 Equipo GPS Leica Zeno 10

- ✓ Gestión de cartografía de instalaciones e infraestructuras.
- ✓ Permite prescindir de papel impreso: planos, contactos, etc
- ✓ Antena receptora L1 GPS y GLONASS
- ✓ Corrección tiempo real integrado SBAS
- ✓ Precisión en tiempo real 1,2 m
- ✓ Precisión en postproceso 40 cm
- ✓ Sistema operativo Windows CE 6.0
- ✓ Pantalla 3,5" táctil color TFT
- ✓ Cámara de fotos de focal fija de 2 MP
- ✓ Almacenamiento interno de 1GB
- ✓ Almacenamiento externo hasta 1 GB SD
- ✓ Autonomía 8 – 9 horas con GPS activado
- ✓ Dispositivo ruggedizado IP67
- ✓ Peso sin batería 0,740 kg

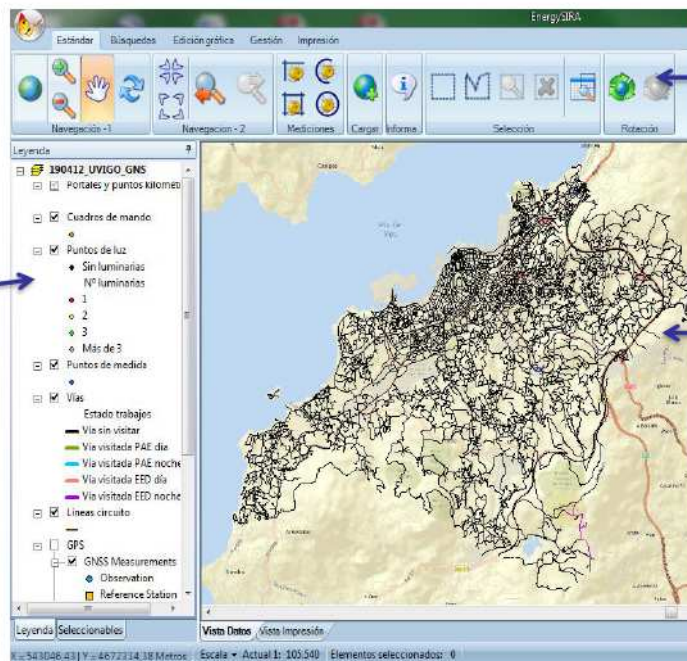


- ✓ Ordenador portátil o PC
 - ✓ Paquete Office 2007 o superior
 - ✓ Licencia ArcGIS Engine 9.3
 - ✓ Licencia Leica Zeno Office Advanced



1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 Software utilizado para la gestión de los datos recopilados en campo, edición de datos, generación de planos e informes y revisión de información. Funciona sobre el PC



Menú de funcionalidades

Visor GIS (mapa)

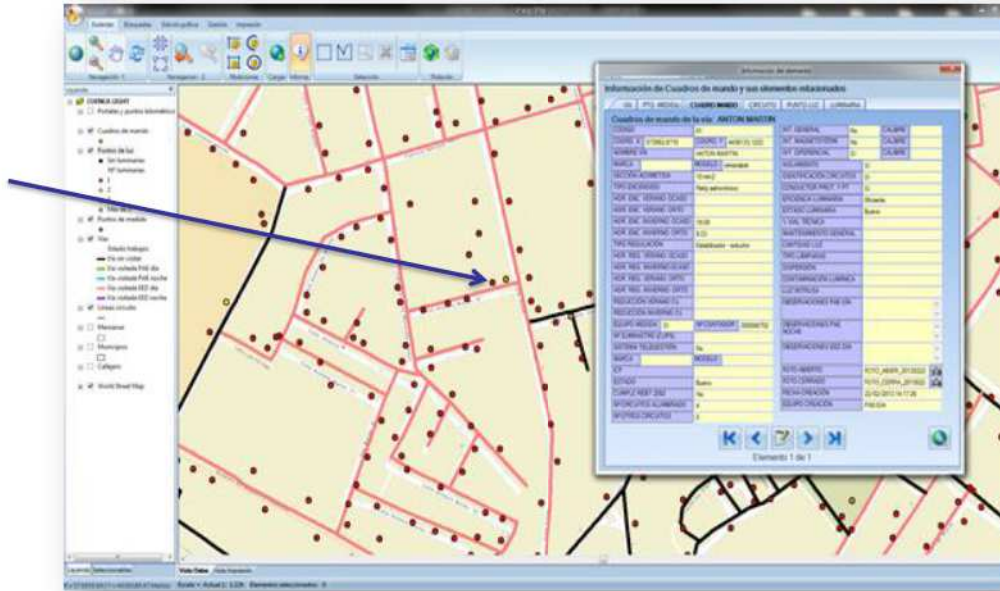
Capas disponibles de información activar/desactivar

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

Revisión de datos capturados en campo. Acceso a la información para su análisis desde:

1.4

- Menús del proyecto visualizado sobre mapa:
 - Consultar y editar la información de cada elemento (gráfica y alfanumérica) o en conjunto
 - Ejemplo de consulta a un Cuadro de Mando (CMA):



3.1

energylab

Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

31

1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4

- ✓ Medir distancias y áreas
- ✓ Hacer búsquedas
- ✓ Crear/modificar/redimensionar/eliminar elementos

Tabla de atributos de cada capa (CMA, PLU, PME, VIA). Accediendo a los archivos de la base de datos de Access

Tabla de atributos de la capa PLU

OBJECTID	SHAPE	NOMBRE VIA	TIPO LINEA	TIPO SOPORTE	ESTADO SOPORTE	NP LUMINARIAS	COD. PUNTO LUZ	OBS. EED DIA	FECHA CREACION	EQUIPO CREACION
1	esriGeometryPoint	SEVERO CATA.	Subterráneo	Brazo	Bueno	1	PL254406915		23/01/2013 12:35	EED-DIA
2	esriGeometryPoint	SEVERO CATA.	Subterráneo	Brazo		1	PL254407584		23/01/2013 12:46	EED-DIA
3	esriGeometryPoint	SEVERO CATA.	Subterráneo	Brazo		1	PL254407856		23/01/2013 12:50	EED-DIA
4	esriGeometryPoint	SEVERO CATA.				1	PL254408332		23/01/2013 12:58	EED-DIA
5	esriGeometryPoint	SEVERO CATA.				1	PL254408748		23/01/2013 13:05	EED-DIA
6	esriGeometryPoint	SEVERO CATA.				1	PL254409130		23/01/2013 13:12	EED-DIA
7	esriGeometryPoint		Aérea	Brazo	Bueno	1	PL254409351		23/01/2013 13:15	EED-DIA
8	esriGeometryPoint		Aérea	Brazo	Bueno	1	PL254409495		23/01/2013 13:18	EED-DIA
9	esriGeometryPoint		Aérea	Brazo	Bueno	1	PL254409593		23/01/2013 13:20	EED-DIA
10	esriGeometryPoint	severo catalina	Subterráneo	Brazo	Bueno	1	PL254410122		23/01/2013 13:28	EED-DIA
11	esriGeometryPoint		Subterráneo	Brazo		1	PL254410260		23/01/2013 13:31	EED-DIA
12	esriGeometryPoint	severo catalina	Subterráneo	Brazo		1	PL254410296		23/01/2013 13:31	EED-DIA
13	esriGeometryPoint	severo catalina	Aérea	Piram.		1	PL254410331		23/01/2013 13:37	EED-DIA

Registro de fecha de creación del elemento

energylab

Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

32

32

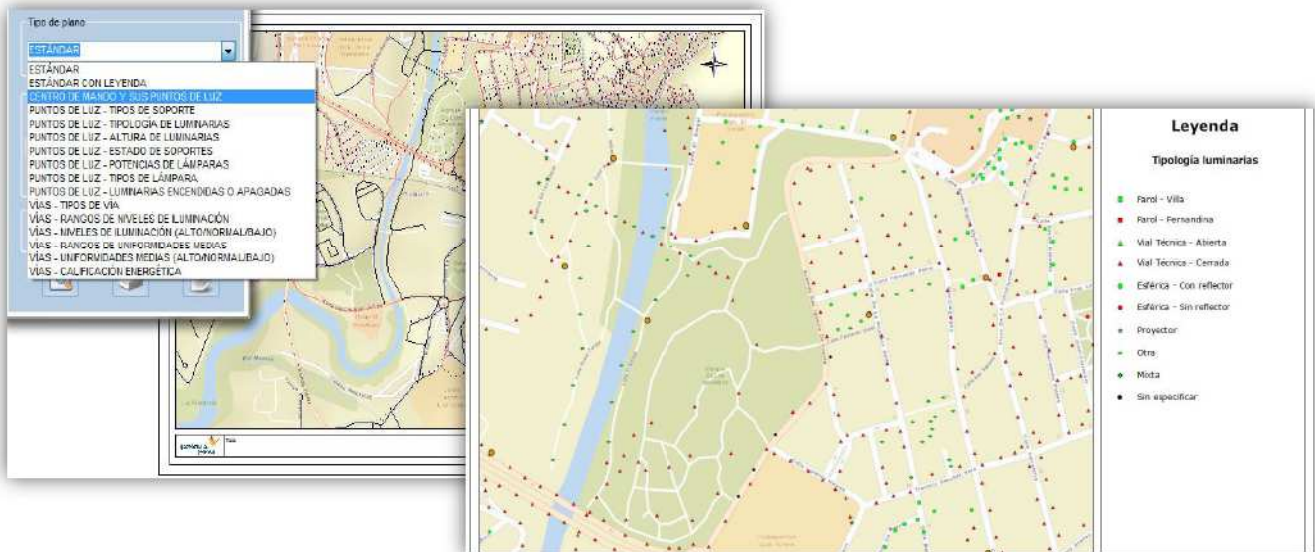
1 Eficiencia energética en el alumbrado público

- 1.4
- Exportación de datos con generación de fichas en Excel
 - Ejemplo de Ficha de Inventario completo de Centros de Mando y Puntos de Luz asociados:

CM	CIRCUITO	Calle	Cantidad PLUZ	Luminarias PLUZ	Tipo Luminaria	Soporte	ALTURA (m)	Cantidad Luminarias	Tipo Equipo Auxiliar	Tipo Lámpara	Potencia Lámpara (W)	Potencia Instalada (W)	Cantidad Luminarias OFF	Potencia ON (W)	Potencia Real (W)	Potencia Medida (W)
18.1		SANTA TERESA A	1	1	Otra	Braco	4	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		SANTA TERESA B	2	1	Otra	Braco	4	2	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	200	0	200		
		SANTA TERESA G	1	1	Otra	Braco	4	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		SANTA TERESA H	1	1	Otra	Braco	5,5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
	TOTAL		5				5				500	0	500		506,78	540
18.2		LUG BRILL	1	1	Otra	Braco	4,5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		LUG BRILL	1	1	Otra	Braco	4,5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		LUG BRILL	1	1	Otra	Braco	4	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	250	250	0	250		
		SANTA TERESA A	4	1	Otra	Braco	4,5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		SANTA TERESA B	2	1	Otra	Braco	4	2	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	200	0	200		
		SANTA TERESA C	3	1	Otra	Braco	4,5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		SANTA TERESA D	1	1	Otra	Braco	6	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		SANTA TERESA E	2	1	Otra	Braco	4,5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		SANTA TERESA F	1	1	Otra	Braco	4,5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		SANTA TERESA G	1	1	Otra	Braco	4,5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		SANTA TERESA H	1	1	Otra	Braco	4,5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
	TOTAL		27				27				3.000	0	3.000		2.512,16	2.460
18.3		LUG BRILL	1	1	Otra	Braco	5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	250	250	0	250		
		LUG BRILL	1	1	Otra	Braco	5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		SANTA TERESA A	4	1	Otra	Braco	4	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	250	250	0	250		
		SANTA TERESA B	1	1	Otra	Braco	4,5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
	TOTAL		10				10				1.000	0	1.000		2.136,19	1.500
TOTAL			61				61				7.300	0	7.300		5.157,12	4.500
24.1		TRADOPES BAJOS	2	1	Wal Técnica - Cerrada	Braco	5	2	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		TRADOPES BAJOS	1	1	Wal Técnica - Cerrada	Braco	6	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		TRADOPES BAJOS B	1	1	Wal Técnica - Cerrada	Braco	5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		TRADOPES BAJOS C	1	1	Wal Técnica - Cerrada	Braco	5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		TRADOPES BAJOS D	4	1	Wal Técnica - Cerrada	Braco	5	1	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	100	0	100		
		TRADOPES BAJOS E	2	1	Wal Técnica - Cerrada	Braco	5	2	Interno - Electromagnético	Vapor de sodio a alta presión	100	200	0	200		
	TOTAL		13				13				1.300	0	1.300		1.000	1.000

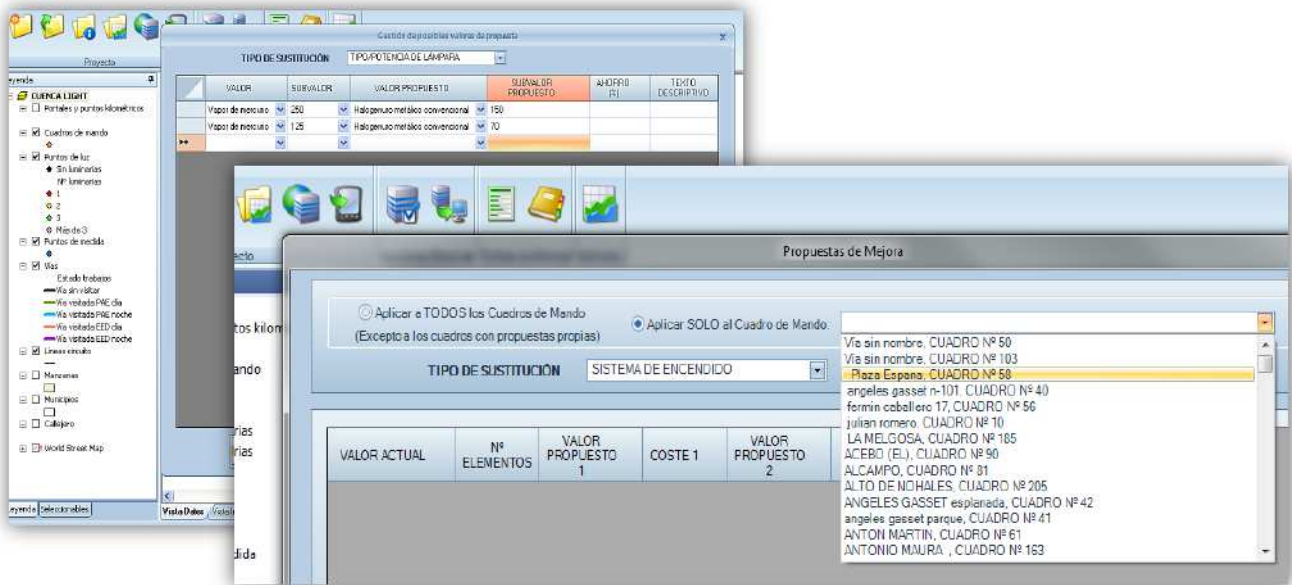
1 Eficiencia energética en el alumbrado público

- 1.4
- Exportación de información gráfica: capas y mapas en distintos formatos GIS y CAD
 - Impresión de información gráfica. Impresión de planos en pdf



1 Eficiencia energética en el alumbrado público

1.4 Generación de propuesta de eficiencia energética. Informes y planos correspondientes.



Índice

- 1 Eficiencia energética en el alumbrado público
- 2 Mediciones
- 3 Iluminación
- 4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)
- 5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público
- 6 ESEs y M&V

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA

Como se ha comentado anteriormente, para la realización de estas mediciones y la obtención de los datos necesarios, el auditor deberá disponer de las herramientas y equipos de medida necesarios.

Los equipos de medida que se consideran necesarios para la realización de una auditoría de alumbrado público son:

- ✓ **Analizador de redes eléctricas trifásicas y pinza amperimétrica o multímetro**, para la obtención de los **parámetros eléctricos** necesarios.
- ✓ **Luxómetro** y luminancímetro. Con este equipo se medirán los **niveles de iluminación** de las diferentes zonas.
- ✓ **Medidor láser** de distancias. Muy útil para medir **distancias**, más concretamente, las alturas de las luminarias y su posición.
- ✓ **Cámara termográfica**. Medir temperaturas, para detectar **puntos calientes** o fallos invisibles al ojo humano.

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

ANALIZADOR DE REDES

Su **función** es triple, permite:

- **Medir valores eficaces, potencias y perturbaciones de las redes de distribución de electricidad.**
- **Obtener una imagen al instante de las principales características de una red trifásica.**
- **Seguir las variaciones de los diferentes parámetros en el tiempo.**

La incertidumbre de medida del analizador es mejor que 1% (error debido a los sensores de corriente). A ello se añade una gran **flexibilidad** debida a la elección de los diferentes sensores para medidas de algunos miliamperios a varios kiloamperios.

El instrumento es compacto y resistente a los golpes. La ergonomía y la sencillez de su interfaz de usuario lo hacen agradable, pudiéndose utilizar de forma intuitiva.

El analizador está destinado a los técnicos e ingenieros de los equipos de control y de mantenimiento de las instalaciones y redes eléctricas.



2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

ANALIZADOR DE REDES

- Medida del **factor de distorsión (DF)** de las corrientes y de las tensiones (neutro excluido).
- Medida de la **tasa de distorsión armónica total (THD)** para las corrientes y las tensiones (neutro excluido).
- Medida de las **potencias activas, reactivas (capacitiva e inductiva) y aparentes** por fase y acumuladas (neutro excluido).
- Medida de los **factores de potencia (PF) y de los factores de desplazamiento (DPF o $\cos \Phi$)** (neutro excluido).
- Medida del **Flicker** a corto plazo de las tensiones (neutro excluido).
- Medida de las energías activas, reactivas (capacitiva e inductiva) y aparentes (neutro excluido).
- Medida de los **armónicos** para las corrientes y las tensiones (neutro excluido) hasta el orden 50: valor RMS, porcentajes con respecto a la fundamental, mínimo y máximo y secuencias de armónicos.
- Medida de las potencias aparentes de cada armónico (neutro excluido) hasta el orden 50: valor, porcentaje con respecto a la fundamental, mínimo y máximo.
- Medida de las corrientes de inserción (aplicación al arrancar un motor).

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

ANALIZADOR DE REDES. BÚSQUEDA DE PERTURBACIONES

Los analizadores de redes cuentan con **diferentes funciones para la supervisión de la calidad eléctrica**. Se suelen mostrar en una pantalla de gráfico de barras. Esta pantalla permite comprobar si los parámetros básicos de calidad eléctrica se ajustan a los requisitos. Dichos parámetros incluyen:

1. **Tensiones / intensidades**
2. **Armónicos**
3. **Bajadas/Interrupciones/Cambios rápidos de tensión/Subidas**
4. **Parpadeo (Flicker)**
5. **Desequilibrio/Frecuencia.**

Algunos fallos son muy recurrentes en las instalaciones de alumbrado son:

1. **Las variaciones de tensión lentas y transitorias.**
2. **Las fluctuaciones rápidas de tensión o flicker.**
3. **Los armónicos e inter-armónicos.**

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

ANALIZADOR DE REDES. BÚSQUEDA DE PERTURBACIONES

Los armónicos e interarmónicos

Los armónicos son **provocados a menudo por cargas no lineales**, como los suministros de alimentación CC en ordenadores, televisores y variadores de velocidad.

Las consecuencias pueden ser instantáneas para algunos aparatos electrónicos: **problemas de funcionamiento (sincronización, conmutación), interrupciones intempestivas, errores de medición en los contadores de energía,...**

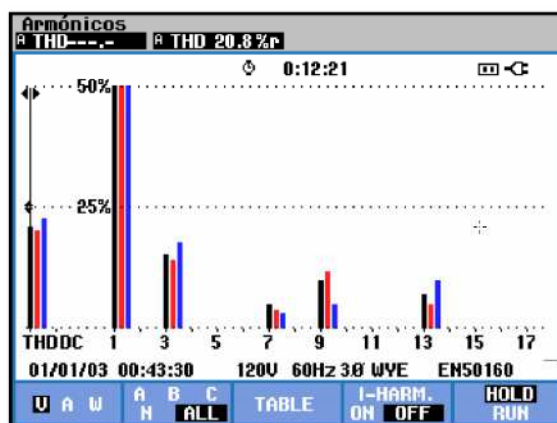
El **sobrecalentamiento suplementario** causado puede, a medio plazo, acortar la vida de las máquinas rotativas, condensadores, transformadores de potencia y condensadores de neutro. Los instrumentos de medición actuales han de ser capaces de efectuar este análisis de armónicos rango a rango y a nivel global (THD) para poder realizar un diagnostico preciso de la instalación.

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

ANALIZADOR DE REDES. BÚSQUEDA DE PERTURBACIONES

Los armónicos e interarmónicos



La pantalla de gráfico de barras muestra el porcentaje de contribución de cada uno de los componentes a la señal completa. Una señal sin distorsión debería mostrar un primer armónico (es decir, el fundamental) al 100 %, mientras que el resto debería estar a cero: sin embargo, esto no ocurrirá en la práctica, ya que siempre hay una cierta cantidad de distorsión que produce armónicos más altos.

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

ANALIZADOR DE REDES. COMPROBACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

En lo referente a las mediciones, se realizan **4 mediciones principales**:

1. Tierra
2. Continuidad
3. Aislamiento
4. Prueba de los dispositivos de protección

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA:

ANALIZADOR DE REDES. COMPROBACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

1. Tierra

Ya sea en una instalación doméstica como en una industrial, la presencia de una toma de tierra forma parte de las reglas básicas que deben respetarse para garantizar la seguridad de la instalación eléctrica.

La ausencia de una toma de tierra puede suponer un verdadero riesgo para la vida de las personas y la puesta en peligro de instalaciones eléctricas y bienes. **Cuando existe suficiente superficie para clavar piquetas, la medición de la toma de tierra debe realizarse con el método tradicional de 3 piquetas también conocido como método del 62%.**

Sin embargo, **cuando este método de medición no se puede aplicar, se pueden utilizar otros.** Existen varios métodos para realizar una medición de toma de tierra y la elección de uno u otro puede ser más o menos acertada según el tipo de régimen de neutro, el tipo de instalación (doméstica, industrial, entorno urbano, entorno rural, etc.), la posibilidad de cortar la tensión, la superficie disponible para clavar piquetas, etc.

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

ANALIZADOR DE REDES. COMPROBACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

2. Continuidad

El objetivo de la medición de continuidad es **verificar la continuidad de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales principales y suplementarias.**

La prueba se lleva a cabo con un instrumento de medición capaz de generar una tensión en vacío de 4 a 24 voltios (DC o AC) con una intensidad mínima de 200 mA.

La resistencia medida debe ser inferior a un umbral marcado por la normativa en vigor referente a la instalación probada, que suele ser habitualmente de 2 Ω . Dado que el valor de resistencia es bajo, es indispensable compensar la resistencia de los cables de medición, sobretodo si se utilizan cables de gran longitud.

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

ANALIZADOR DE REDES. COMPROBACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

3. Aislamiento

Un buen aislamiento constituye un factor esencial para la **prevención de descargas eléctricas.** Esta medición, generalmente efectuada entre conductores activos y la toma de tierra, consiste en **aplicar una tensión continua, midiendo la corriente y determinar el valor de resistencia del aislamiento.**

La prueba debe llevarse a cabo en una instalación sin tensión y desconectada para garantizar que la tensión de prueba no se aplica a otros equipos conectados al circuito que se prueba, sobretodo dispositivos sensibles a una subida de tensión.

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

ANALIZADOR DE REDES. COMPROBACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

3. Aislamiento

La norma IEC 60364 establece los valores de las resistencias del aislamiento mínimas. En España esta norma se traspone en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), concretamente en su ITC-BT-19.

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la tabla siguiente:

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua (v)	Resistencia de aislamiento (M Ω)
Muy Baja Tensión de Seguridad (MBTS) Muy Baja Tensión de protección (MBTP)	250	$\geq 0,25$
Inferior o igual a 500 V, excepto caso anterior	500	$\geq 0,5$
Superior a 500 V	1000	$\geq 1,0$

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

ANALIZADOR DE REDES. COMPROBACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

4. Prueba de dispositivos de protección

- Fusibles / Interruptores

Para verificar las características de los dispositivos de protección como fusibles o disyuntores, se lleva a cabo una medición de impedancia de bucle de defecto para calcular la corriente del cortocircuito correspondiente. Una inspección visual de los dispositivos permite verificar que el dimensionado elegido es el correcto.

- Dispositivos de corriente diferencial residual (DDR)

Los DDR que permiten detectar las corrientes de fuga a tierra pueden probarse mediante dos métodos:

1. El test de base llamado **test en impulso**, que determina el tiempo de disparo (en milisegundos).
2. El **test en rampa**, que determina el tiempo de disparo y la corriente de disparo y permite también detectar el envejecimiento de un DDR.

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PARÁMETROS ELÉCTRICOS

PINZA AMPERIMÉTRICA

Instrumento de medida que permite **medir la intensidad** de corriente que circula a través de conductores activos, sin interferir ni interrumpir, el normal funcionamiento del circuito.

El funcionamiento de la pinza se basa en la medida indirecta de la corriente circulante por un conductor a partir del campo magnético o de los campos que dicha circulación de corriente que genera. Recibe el nombre de pinza porque consta de un sensor, en forma de pinza, que se abre y abraza el cable cuya corriente se quiere medir.

Por otra parte, es sumamente seguro para el operario que realiza la medición, por cuanto no es necesario un contacto eléctrico con el circuito a medir.



2 Mediciones

2.2 PROTOCOLO DE UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

PINZA AMPERIMÉTRICA O MULTIMÉTRICA



2 Mediciones

2.2 PROTOCOLO DE UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

PINZA AMPERIMÉTRICA O MULTIMÉTRICA



2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: NIVELES LUMÍNICOS

Cada municipio debe conocer, y así poder controlar, los niveles de iluminación existentes en cualquier área de su dominio.

Para la medición de estos parámetros, se deben poseer las herramientas necesarias para establecer lecturas fiables, tanto de niveles de luminancia como de iluminancia.

Iluminancia:

La iluminancia indica la **cantidad de luz que llega a una superficie y se define como el flujo luminoso recibido por unidad de superficie**. Su unidad es el lux, equivalente a 1 lm/m². También se expresa en footcandle (fc), según la relación: **1 fc = 10,76 lux**

Luminancia:

Es la medida de la luz que llega a los ojos procedente de los objetos y es la responsable de excitar la retina provocando la visión. Esta luz proviene de la reflexión que sufre la iluminancia cuando incide sobre los cuerpos. Se puede definir, pues, como la **porción de intensidad luminosa por unidad de superficie que es reflejada por la calzada en dirección al ojo**. La luminancia se expresa en candelas por metro cuadrado (cd/m²).

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: NIVELES LUMÍNICOS

INFORMACIÓN GENERAL

Valores fotométricos

Los valores fotométricos son valores que permiten definir la acción de las radiaciones electromagnéticas sobre la función visual del ojo de un observador.

El promedio normal del ojo, aprobado por la **CIE** (Comisión Internacional de Iluminación), se define por una función de eficiencia espectral que es relativa a la visión espectral de día o fotópica.

Flujo luminoso

El flujo luminoso de una fuente es la evaluación, en función de la sensibilidad del ojo, de la **cantidad de luz en toda la zona radiada por esta fuente. Se expresa en lúmenes (lm).**

Intensidad luminosa

La intensidad de la luz es el **flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección dada. Se mide en candelas, equivalente a 1 lm/sr.**

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: NIVELES LUMÍNICOS

CRITERIOS DE CALIDAD

Para determinar si una instalación es adecuada y cumple con todos los requisitos de seguridad y visibilidad necesarios se establecen una serie de parámetros que sirven como criterios de calidad. Son la luminancia media (L_m), los coeficientes de uniformidad (U_0 , U_L), el deslumbramiento (TI y G) y el coeficiente de iluminación de los alrededores (SR).

Coeficientes de uniformidad (U)

Como criterios de calidad y evaluación de la uniformidad de la iluminación en la vía se analizan el rendimiento visual en términos del **coeficiente global de uniformidad U_0** y la **comodidad visual mediante el coeficiente longitudinal de uniformidad U_L** (medido a lo largo de la línea central).

$$U_0 = L_{min} / L_m$$
$$U_L = L_{min} / L_{max}$$

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: NIVELES LUMÍNICOS

CRITERIOS DE CALIDAD

Deslumbramiento (G)

Medición de los niveles deslumbramiento:

El deslumbramiento es la **sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión, tales como superficies iluminadas o partes de luminarias.**

El deslumbramiento debe limitarse para evitar errores, fatiga y accidente.

El deslumbramiento producido por las farolas o los reflejos en la calzada, es un problema considerable por sus posibles repercusiones. En sí mismo, no es más que una sensación molesta que dificulta la visión pudiendo, en casos extremos, llegar a provocar ceguera transitoria. Se hace necesario, por tanto, cuantificar este fenómeno y establecer unos criterios de calidad que eviten estas situaciones peligrosas para los usuarios.

Se llama **deslumbramiento molesto** a aquella sensación desagradable que sufrimos cuando la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa. Este fenómeno se evalúa de acuerdo a una escala numérica, obtenida de estudios estadísticos, que va del deslumbramiento insoportable al inapreciable.

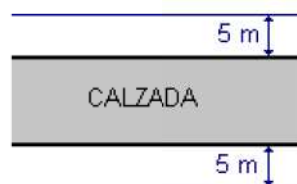
2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: NIVELES LUMÍNICOS

CRITERIOS DE CALIDAD

Coefficiente de iluminación en los alrededores (SR)

El **coeficiente de iluminación en los alrededores (Surround Ratio, SR)** es una medida de la iluminación en las zonas limítrofes de la vía. De esta manera se asegura que los objetos, vehículos o peatones que se encuentren allí sean visibles para los conductores. **SR se obtiene calculando la iluminancia media de una franja de 5 m de ancho a cada lado de la calzada.**



2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: NIVELES LUMÍNICOS

LUXÓMETRO

El luxómetro es el instrumento empleado para la medición de la **iluminancia**. Consiste en una célula fotoeléctrica, que al incidir la luz sobre su superficie, genera una débil corriente que aumenta en función de la luz incidente. Dicha corriente se mide con un miliamperímetro, de forma análoga o digital, calibrado directamente en **lux**.



En realidad el luxómetro es un fotómetro elemental y que se coloca sobre el plano que vamos a medir su iluminancia, dándonos su valor directamente en lux.

2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: NIVELES LUMÍNICOS

LUMINANCÍMETRO

La luminancia se mide mediante un aparato especial llamado luminancímetro, que prácticamente es como una cámara fotográfica en la que se ha sustituido la película fotográfica por un receptor fotoeléctrico y un instrumento de medida calibrado directamente en **cd/m²**.

En sí, el aparato consta de **dos sistemas ópticos**, uno de **dirección** y el otro de **medición**; el primero se orienta de forma que el objetivo enfoque la superficie a medir, mediante un sistema **réflex**, se puede ver dicha superficie **directamente** o bien por medio de una **óptica paralela**. La luz incide sobre el foto detector y se transforma en corriente eléctrica, recogiendo en un lector analógico o digital, dándonos el valor de la luminancia.

Son aparatos más complicados y complejos que los luxómetros y por tanto de un uso más especializado.



2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: DISTANCIAS

MEDIDOR DE DISTANCIAS LÁSER

Los telémetros láser son idóneos para hacer mediciones rápidas y exactas, proporcionando resultados con máximo nivel de precisión y fiabilidad.



2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PUNTOS CALIENTES

CÁMARA TERMOGRÁFICA. COMPONENTES

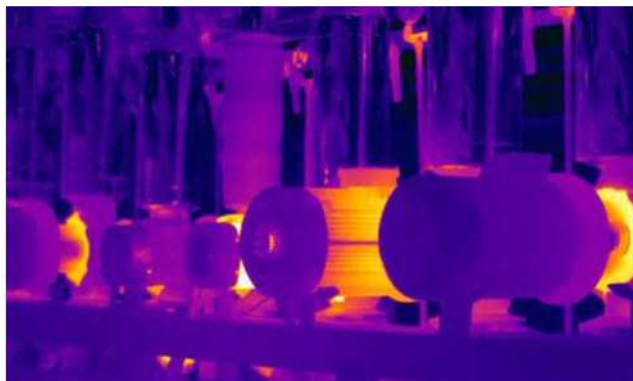


2 Mediciones

2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PUNTOS CALIENTES

OBTENCIÓN DE LA EMISIVIDAD:

Cuando se realizan las inspecciones termográficas, los fallos generalmente se identifican por comparación de temperatura de los componentes similares en las mismas condiciones



2 Mediciones

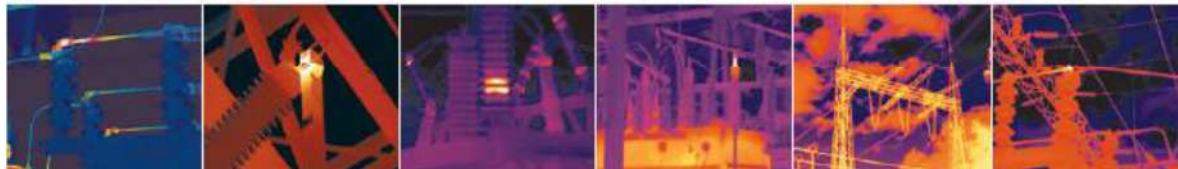
2.1 EQUIPOS DE MEDIDA: PUNTOS CALIENTES

APLICACIONES DE LA TERMOGRAFÍA MÁS IMPORTANTES

1. Mantenimiento predictivo y preventivo

Detectar anomalías invisibles al ojo humano, con el objetivo de prevenir errores y fallos que puedan suponer grandes pérdidas económicas.

Alta tensión



Oxidación de los conmutadores de alta tensión

Conexiones mal fijadas

Defectos en aislantes

Conexiones sobrecalentadas

Inspección en líneas de alta tensión

Conexiones de alta tensión defectuosas

Baja tensión



Conexión de alta resistencia

Daños en fusibles internos

Mala conexión y daños internos

Corrosión en conexiones

Fallos en ruptores internos

Conexiones de cables sueltas

2 Mediciones

2.2 PROTOCOLO DE UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

ANALIZADOR DE REDES

ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD EN EL EMPLEO DEL ANALIZADOR DE REDES

- Evite trabajar solo.
- Siempre que sea posible, **elimine la tensión** de los sistemas eléctricos antes de realizar las conexiones.
- No utilice el analizador en entornos con gases o vapores explosivos
- Utilice sólo las sondas de corriente, los cables de prueba y los adaptadores aislados.
- Antes de utilizar el analizador, **inspeccione las sondas, los cables y los accesorios para cerciorarse de que no presenten daños mecánicos**; si estuviesen dañados, cámbielos. Intente localizar roturas o componentes plásticos que pudieran faltar. Preste especial atención al material aislante en torno a los conectores.

2 Mediciones

2.2 PROTOCOLO DE UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

ANALIZADOR DE REDES

ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD EN EL EMPLEO DEL ANALIZADOR DE REDES

- Desconecte todas las sondas, cables de prueba y accesorios que no esté utilizando.
- Utilice la conexión a tierra únicamente para conectar a tierra el analizador y no aplique tensión.
- No aplique tensiones de entrada superiores a la tensión nominal del instrumento.
- No aplique tensiones superiores a las indicadas como nominales para las sondas de tensión y pinzas amperimétricas.
- No utilice conectores BNC o de clavija banana metálicos sin aislamiento.
- No introduzca objetos metálicos en los conectores.

2 Mediciones

2.2 PROTOCOLO DE UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

ANALIZADOR DE REDES

MEDIDAS PREVENTIVAS FRENTE AL RIESGO ELÉCTRICO

Los trabajos de medición de los parámetros eléctricos de la instalación se realizan en tensión, es por ello que se deben de tomar una serie de precauciones, que se exponen a continuación:

1. Los trabajos en tensión deberán ser realizados por trabajadores cualificados, siguiendo un procedimiento previamente estudiado y, cuando su complejidad o novedad lo requiera, ensayado sin tensión, que se ajuste a los requisitos indicados a continuación. Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.
2. El método de trabajo empleado y los equipos y materiales utilizados, deberán asegurar la protección del trabajador frente al riesgo eléctrico, garantizando, en particular, que el trabajador no pueda contactar accidentalmente con cualquier otro elemento a potencial distinto al suyo.

2 Mediciones

2.2 PROTOCOLO DE UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

ANALIZADOR DE REDES



2 Mediciones

2.2 PROTOCOLO DE UTILIZACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA

LUXÓMETRO O LUMINANCÍMETRO

Para efectuar cualquiera de estas mediciones se deben seguir las **instrucciones** enunciadas por el Comité Internacional de Iluminación en la **norma CIE 30-2**:

- **Inhabilitación de la vía en la cual se realizará la medición.**
- **Toma de datos técnicos asociados a la medición, corte de la vía y longitud de los vanos a medir.**
- **Marcado de la vía (rejilla de medición).**
- **Medición de la vía.**
- **Toma de datos resultantes de la medición en un terminal de datos portátil.**
- **Rehabilitación de la vía a sus condiciones usuales.**

Nota: todas las mediciones se deben realizar a nivel del suelo.

Índice

2	Eficiencia energética en el alumbrado público
2	Mediciones
3	Iluminación
4	Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)
5	Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público
6	ESEs y M&V

3 Iluminación

3.2 ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS LÁMPARAS

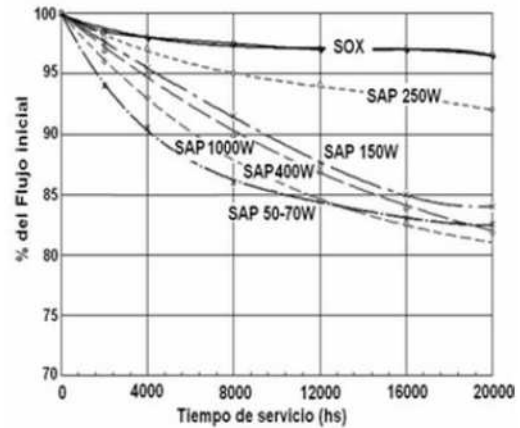
FLUJO LUMINOSO

Cantidad total de luz emitida por una fuente luminosa, en una unidad de tiempo, en todas las direcciones.

Su unidad en el Sistema Internacional es el lumen (lm).

DEPRECIACIÓN DEL FLUJO LUMINOSO

Variación del flujo luminoso a lo largo de la vida útil.



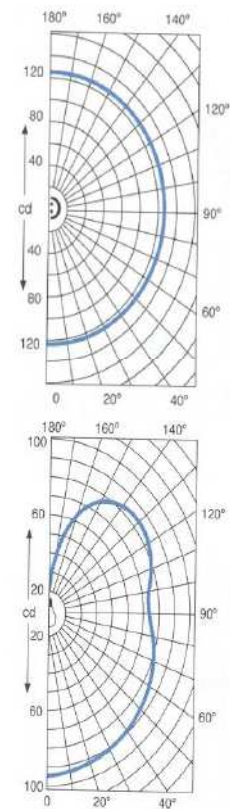
3 Iluminación

3.2 ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS LÁMPARAS

DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD LUMINOSA (I)

La radiación de una lámpara no es igual en todas las direcciones del espacio, siendo afectada por la posición del casquillo, los soportes del cuerpo luminoso, etc., lo cual determina que cada tipo de lámpara posea una distribución típica de su intensidad luminosa.

Las curvas de distribución luminosa son esenciales para proyectar instalaciones de alumbrado, así como para el diseño de luminarias, porque su sistema óptico ha de ajustarse de tal forma a la curva de distribución luminosa de la lámpara, que la luz sea dirigida al lugar o punto de máxima necesidad.



Curvas de distribución de la intensidad luminosa o curvas fotométricas

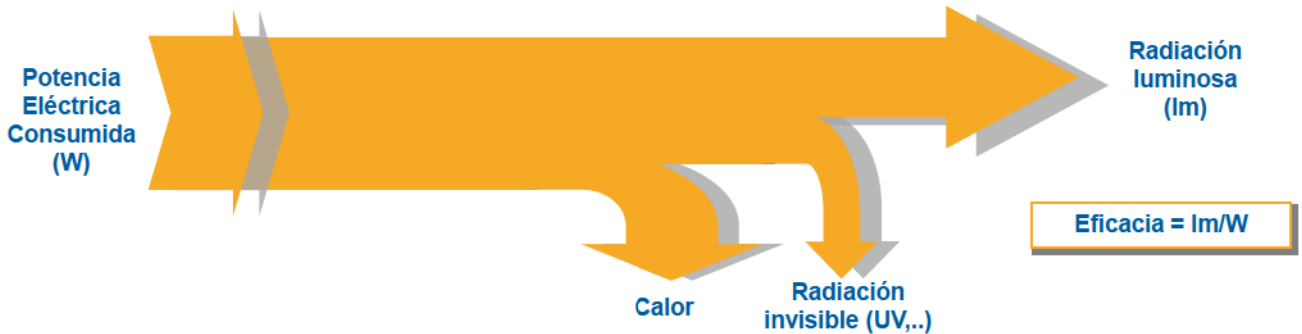
3 Iluminación

3.2 ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS LÁMPARAS

EFICACIA LUMINOSA

Medida de la eficiencia energética de la fuente luminosa. Relación entre el flujo luminoso total y la potencia de la fuente.

Su unidad en el Sistema Internacional es el lumen/vatio (lm/W)



3 Iluminación

3.2 ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS LÁMPARAS

VIDA ÚTIL Y VIDA MEDIA

- ✓ **Vida útil:** Cantidad de horas por encima de las que el 50% deja de funcionar.

La vida útil es una magnitud referida a la práctica, dada igualmente en horas, al cabo de las cuales el flujo luminoso de una determinada instalación de alumbrado ha descendido a un valor tal, para el que la lámpara no es rentable aunque esté en condiciones de seguir funcionando.

- ✓ **Vida media:** Número de horas en las que el flujo luminoso alcanza un nivel “no rentable”.

La vida media es un concepto estadístico que representa la media aritmética de la duración en horas de cada una de las lámparas de un grupo suficientemente representativo del mismo modelo y tipo.

3 Iluminación

3.2 ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS LÁMPARAS

TIEMPO HASTA QUE EL FLUJO LUMINOSO ADQUIERE EL RÉGIMEN NORMAL

Las lámparas incandescentes y las LED se encienden inmediatamente emitiendo su flujo total. Las lámparas fluorescentes pueden hacerlo también si se emplean cebadores de arranque rápido, de no ser así, el encendido se efectúa con retraso después de uno o varios intentos.

Las otras lámparas de descarga precisan un tiempo de encendido de varios minutos, hasta que el vapor metálico adquiere la presión necesaria y el flujo luminoso alcanza su máximo valor.

3 Iluminación

3.2 ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS LÁMPARAS

DESLUMBRAMIENTO

Reducción de la percepción visual o la perturbación de la percepción debido a luminancias altas o contrastes de luminancia de un entorno visual.

Tradicionalmente, se divide en TRES tipos:

- ✓ **Deslumbramiento perturbador:** Imposibilidad de distinguir los detalles en el campo de visión, por la aparición de un velo luminoso (afecta a la visión). Es reversible al desaparecer la causa.
- ✓ **Deslumbramiento molesto (G):** Sensación de exceso de luz que dificulta la visión de los objetos y produce fatiga ocular (produce incomodidad, pero no afecta a la visión).
- ✓ **Deslumbramiento irreversible:** Daño producido en la retina por el que el fenómeno se convierte en no recuperable. Aparición de escotoma.

3 Iluminación

3.2 ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS LÁMPARAS

DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento molesto depende de:

- ✓ La luminancia producida por las fuentes de luz.
- ✓ El número y superficie de las fuentes de luz.
- ✓ El nivel de iluminancia general del entorno.
- ✓ La ubicación de las fuentes de luz dentro del campo de visión.

Deslumbramiento unificado: UGR (Unified Glare Rating)

- ✓ **Método de evaluación del deslumbramiento molesto**, especialmente en el puesto de trabajo. El deslumbramiento puede estar **causado por la propia fuente de luz (deslumbramiento directo) o por reflexión de la fuente de luz (deslumbramiento por reflejo)**.
- ✓ El rango de **UGR** varía desde **10 (Imperceptible) hasta 31 (Intolerable)**.

3 Iluminación

3.2 ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS LÁMPARAS

DESLUMBRAMIENTO

➤ **Deslumbramiento molesto.** Se emplearán programas informáticos para calcular el valor UGR.

- ✓ El índice de deslumbramiento molesto, procedente directamente de luminarias de una instalación de iluminación interior debe determinarse utilizando el **método de tabulación del índice de deslumbramiento unificado (UGR, Unified Glare Rating) de la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) basado en la siguiente fórmula:**

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_B} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

Los valores UGR están tabulados para habitaciones de varias dimensiones y combinaciones de reflectancias, norma **DIN EN 12464**. Dichos valores están comprendidos entre 10 y 30, siendo mayor el deslumbramiento cuanto más alto es el valor.

Donde:

- L_B es la luminancia de fondo (techo y paredes).
- L es la luminancia de las partes luminosas de cada luminaria en la dirección del ojo.
- ω es el ángulo sólido en estereorradianes de las partes luminosas.
- p es el índice de posición de Guth para cada luminaria individual, que se refiere al desplazamiento desde la línea de visión. (Tabulado). En otras palabras, depende de la posición de la luminaria respecto del observador.

3 Iluminación

3.2 ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS LÁMPARAS

CARACTERÍSTICAS

- ✓ Principio de funcionamiento
- ✓ **Magnitudes características**
 - Flujo luminoso (lm)
 - Eficacia luminosa (lúmenes / watio)
 - Color. IRC, Tc
 - Vida
 - Vida útil: Cantidad de horas por encima de las que el 50% deja de funcionar.
 - Vida media: Número de horas en las que el flujo luminoso alcanza un nivel “no rentable”.
 - Depreciación del flujo luminoso: Variación del flujo luminoso a lo largo de la vida útil.

3 Iluminación

3.2 ESPECIFICACIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS LÁMPARAS

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS QUE DEFINEN UNA LÁMPARA

- ✓ **Condiciones de servicio:**
 - Tiempo de encendido (min). Tiempo que tarda en llegar al 100 % del flujo nominal.
 - Tiempo de reencendido (min). Tiempo mínimo, tras un apagado, en volver a emitir luz en condiciones normales.
 - Equipo auxiliar.
- ✓ Posicionamiento – limitaciones
- ✓ Efecto de la temperatura en el flujo luminoso
- ✓ **Características eléctricas**
 - Potencia nominal.
 - Tensión.
 - Factor de potencia.
 - Distorsión armónica (fluorescentes con balasto EM).
 - Ruido acústico (balastos EM).
 - Interferencias electromagnéticas.
 - Influencia de los parámetros eléctricos (tensión) sobre los parámetros característicos (flujo, eficacia y vida útil) .

3 Iluminación

3.3 TIPOS DE LÁMPARAS EN ALUMBRADO PÚBLICO

LÁMPARA DE DESCARGA

Tipos:

- ✓ **Lámparas de vapor de mercurio:**
 - Baja presión:
 - **Lámparas fluorescentes** (tubulares y compactas)
 - Alta presión:
 - **Lámparas de vapor de mercurio a alta presión** o Lámparas de Vapor de Mercurio
 - **Lámparas de luz de mezcla**
 - **Lámparas con halogenuros metálicos**
 - Lámparas de halogenuros metálicos con **quemador de cuarzo**
 - Lámparas de halogenuros metálicos con **quemador cerámico**
- ✓ **Lámparas de vapor de sodio:**
 - Lámparas de vapor de sodio a **baja presión**
 - Lámparas de vapor de sodio a **alta presión**
- ✓ **LEDs**

3 Iluminación

3.3 TIPOS DE LÁMPARAS EN ALUMBRADO PÚBLICO

LÁMPARA DE DESCARGA

Tipos de lámpara	Eficacia de las lámparas (lm/W)	Vida media (h)
Fluorescentes	60 - 100	6.000
Vapor de Mercurio a alta presión	40 - 65	25.000
Halogenuros metálicos	75 - 120	12.000
Halogenuros cerámicos	80 - 105	15.000
Sodio a baja presión	120 - 180	25.000
Sodio a alta presión	95 - 140	25.000
LED	90 -160	60.000

3 Iluminación

3.3 TIPOS DE LÁMPARAS EN ALUMBRADO PÚBLICO

LUMINARIAS

Según la Norma UNE-EN 60598-1, se define luminaria como aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

FUNCIONALIDADES:

- ✓ **Mecánicas**
 - Soporte de las lámparas
 - Protección contra la penetración de elementos externos (IP), así como contra choques mecánicos (IK)
- ✓ **Eléctricas**
 - Conexión a la red eléctrica de las lámparas
 - Aislamiento eléctrico (clase de aislamiento)
- ✓ **Ópticas**
 - Control y la distribución de la luz emitida por la lámpara

3 Iluminación

3.3 TIPOS DE LÁMPARAS EN ALUMBRADO PÚBLICO

LUMINARIAS. REQUERIMIENTOS

- ✓ Para reducir las emisiones hacia el cielo tanto directas, como las reflejadas por las superficies iluminadas:
 - a) Se iluminará solamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado.
 - b) Los niveles de iluminación no deberán superar los valores máximos establecidos en la ITC-EA-02.
 - c) El factor de utilización y el factor de mantenimiento de la instalación satisfarán los valores mínimos establecidos en la ITC-EA-04

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO FHS_{INST}
E1	$\leq 1\%$
E2	$\leq 5\%$
E3	$\leq 15\%$
E4	$\leq 25\%$

3 Iluminación

3.4 TECNOLOGIA LED

TIPOLOGÍA Y TECNOLOGÍAS BÁSICOS DE LED

En líneas generales, los LED individuales se pueden clasificar en base a dos criterios, el primero en función del montaje del chip; y en segundo lugar en función de la potencia (intensidad de funcionamiento).

En función del montaje del chip, tenemos tres grandes grupos:

- a) **LED radiales o "industriales"**. Se caracterizan por tener el chip semiconductor montado sobre un sustrato con entrada y salida de corriente metálico, y envuelto en una resina epoxi protectora que concentra radialmente el haz luminoso en disposiciones típicamente de 3 y 5mm de diámetro (luz intensiva).

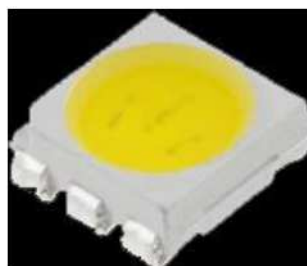


3 Iluminación

3.4 TECNOLOGIA LED

TIPOLOGÍA Y TECNOLOGÍAS BÁSICOS DE LED

- b) **LED montado sobre superficie o SMT (Surface Mounted Technology)**. Se caracterizan por montar el chip semiconductor sobre una robusta base plástica o cerámica, típicamente de 1 mm² o 2,5 mm², donde se le dan varios accesos o "patillas" de entrada y salida de corriente de funcionamiento. Generalmente son disposiciones con salida de luz extensivas (120°-160°), pero pueden incorporar ópticas primarias para concentrar más o menos el haz luminoso dependiendo que la aplicación final del LED sea para el desarrollo de soluciones intensivas con lentes secundarias, o extensivas con reflectores metálicos.



3 Iluminación

3.4 TECNOLOGIA LED

TIPOLOGÍA Y TECNOLOGÍAS BÁSICOS DE LED

- c) **LED multichip.** Se trata de un LED montado sobre superficie pero con varios chips semiconductores dispuestos sobre la misma base cerámica o plástica con el objeto de concentrar un paquete lumínico grande o de conseguir una resultante de luz a partir de chips con diferentes colores o temperaturas de color.



3 Iluminación

3.4 TECNOLOGIA LED

TIPOLOGÍA Y TECNOLOGÍAS BÁSICOS DE LED

En función de la potencia consumida por el del chip, que a su vez depende de la intensidad de corriente de funcionamiento (mA) con la que alimentemos el LED, tenemos otros dos grandes grupos:

- a) **LED “estándar” o de baja potencia.** Se trata de LED con consumos inferiores a 0.5W y corrientes de funcionamiento o inferiores a 100mA. Se utilizan para aplicaciones de luz no exigentes, como por ejemplo, las de iluminación decorativa, balizamientos y rotulación.
- b) **LED de alta potencia.** Se trata de LED con consumos superiores a 0.5W y corrientes de funcionamiento típicamente de 350mA (aprox. 1W), 500mA (aprox. 2W), 700mA (aprox. 3W) y 1000mA (aprox. 5W). Son los más utilizados para aplicaciones de iluminación general.

3 Iluminación

3.4 TECNOLOGIA LED

VANTAJAS DE LA TECNOLOGÍA LED FRENTE A FUENTES DE LUZ CONVENCIONALES

Las ventajas tecnológicas de los LED se traducen en beneficios para el usuario final, de las cuáles caben destacar:

- 1) **Pequeñas dimensiones**, que permiten una gran flexibilidad y simplicidad de diseño.
- 2) **Alta eficacia de color**. Los LED son fuentes de luz monocromática, es decir, emiten luz directamente en un solo color, evita pérdidas de flujo luminoso al pasar la luz generada a través de filtros.
- 3) **Luz direccionable**, dependiendo del tipo de LED y la **óptica** incorporada. Es una fuente de luz que permite un control preciso del haz de luz y conseguir efectos luminosos espectaculares de forma sencilla.
- 4) **Sin radiación ultravioleta e infrarroja**, con lo que en algunas aplicaciones se evita el deterioro de los materiales o elementos iluminados.
- 5) **Vida** extremadamente larga, más de **50.000 horas** vida útil dependiendo del sistema y la disipación térmica de la solución LED.

3 Iluminación

3.4 TECNOLOGIA LED

VANTAJAS DE LA TECNOLOGÍA LED FRENTE A FUENTES DE LUZ CONVENCIONALES

Las ventajas tecnológicas de los LED se traducen en beneficios para el usuario final, de las cuáles caben destacar:

- 6) **Alta resistencia a golpes y a vibraciones**, ya que los LED son fuentes de luz sólidas que carecen de filamentos o tubos de descarga, confiriendo una alta fiabilidad a las instalaciones de iluminación.
- 7) **Bajo consumo en aplicación**. Las soluciones LED necesitan menos potencia instalada en comparación con la necesaria para conseguir el mismo efecto con fuentes de luz tradicionales. Actualmente los LED son fuentes de luz con una eficacia luminosa media real de 100 lúmenes por cada vatio consumido.
- 8) **Fácilmente regulables**. Con las unidades de control adecuadas, los LED permiten su regulación y control de forma sencilla sin verse comprometida su vida, inclusive en cuanto al número de apagados y encendidos como pasa con otras fuentes de luz tradicionales.

3 Iluminación

3.4 TECNOLOGIA LED

VIDA Y RELACIÓN VIDA-TEMPERATURA

La vida de un LED es un elemento complejo de evaluar debido a la cantidad de factores internos y externos interrelacionados. No obstante, como cualquier componente electrónico, el parámetro más importante que afecta a la vida del chip es la temperatura de funcionamiento. Básicamente, dicha temperatura depende a su vez de tres aspectos:

- 1) **Temperatura de funcionamiento** del propio diodo (**T junction**), que es tanto mayor cuanto mayor sea la intensidad de corriente de funcionamiento del diodo y la calidad de los componentes del chip.
- 2) **Temperatura ambiente** (T_a) que rodea al diodo, ya sea dentro de la luminaria o del hueco de la aplicación LED.
- 3) **Disipación de calor** necesaria para el correcto funcionamiento.

En líneas generales, “cuanto mayor sea la disipación térmica del sistema LED mejor será su vida y sus prestaciones luminotécnicas”.

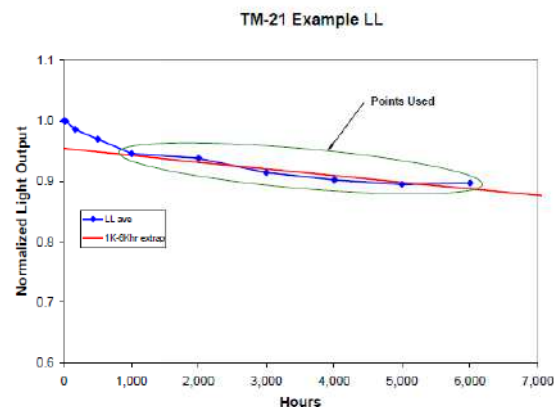
3 Iluminación

3.4 TECNOLOGIA LED

VIDA Y RELACIÓN VIDA-TEMPERATURA

La vida de los LEDs indicada por los fabricantes se hace en función del parámetro vida **L70 B50**, que significa que transcurridas las horas de vida señaladas, al menos en el 50% de los LEDs, el flujo luminoso será del 70%; o únicamente con la vida **L70**, que significa que transcurridas las horas señaladas el flujo luminoso será del 70% para el 100% de los LEDs.

Normativa:
IESNA LM-80 and TM-21



3 Iluminación

3.4 TECNOLOGIA LED

RELACIÓN FLUJO-TEMPERATURA

La principal causa de la depreciación del flujo luminoso de un LED es el calor generado en el interfaz de unión del LED. Al no emitir radiación infrarroja (IR), el calor producido en el proceso de generación de luz, **debe ser disipado por conducción o convección.**

“Un aumento continuo de la temperatura de funcionamiento provocará la depreciación del flujo emitido y la pérdida de eficacia luminosa” (lm/w).

Otro parámetro fundamental de los LEDs que requiere una explicación es la relación entre el consumo (corriente de alimentación) y el flujo emitido. **A un mismo LED se le puede hacer funcionar con diferentes intensidades y por tanto, con distintos consumos.**

La **relación entre el flujo emitido y el consumo**, despreciándose los efectos de temperatura, **no es lineal.** Por ello, por ejemplo al aumentar la corriente de alimentación de un mismo LED, la eficiencia de transformación de corriente en luz se ve reducida de tal manera que, **en promedio, aumentar al doble la corriente de funcionamiento (de 350mA a 700mA) sólo produce un aumento del flujo luminoso del 1,7 en el mejor de los casos.**

3 Iluminación

3.4 TECNOLOGIA LED

REPRODUCCIÓN CROMÁTICA (IRC) Y TEMPERATURA DE COLOR

Por último otro aspecto a tener muy en cuenta en las características de los LED es la **temperatura de color en Kelvin** o tonalidad de la luz blanca, así como el **índice de reproducción cromática.** Como norma podemos decir que **existe una relación directa con el flujo emitido por los LED y su eficiencia, de forma que “a mayor temperatura de color (tonos más fríos $T^{\circ}\text{color} > 5000\text{K}$), la eficiencia del LED y el flujo emitido es mayor, pero sin embargo la reproducción cromática es peor ($\text{IRC} < 70$)”.**

En definitiva, **la elección del tipo de LED blanco influirá decisivamente en el IRC, en la eficiencia y en la temperatura de color final de la instalación, por lo que se trata de llegar a un compromiso en función de la aplicación de iluminación a realizar.**

Como conclusión general de esta nueva tecnología para la iluminación podemos decir que **los LEDs tienen una serie de ventajas que los profesionales del sector tenemos que sacar provecho; y también unos desafíos y limitaciones, que todos tenemos que controlar para evitar usos inadecuados y malas experiencias.**

3 Iluminación

3.4 TECNOLOGIA LED

SISTEMAS DE ALIMENTACION LED O DRIVER

Elemento auxiliar básico para regular el funcionamiento de un sistema LED que adecua la energía eléctrica de alimentación recibida por la luminaria a los parámetros exigidos para un correcto funcionamiento del sistema.

El driver suele estar integrado dentro de la luminaria suministrada.



3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

CENTRO DE MANDO

Una parte esencial de las instalaciones de alumbrado público, es el centro de mando y protección.

Las dos **funciones principales** del centro de mando son:

1. **comandar el accionamiento** (encendidos y apagados) de los puntos de luz
2. **proveer de las protecciones** necesarias para la seguridad de las personas y de la propia instalación.
3. **Medición del consumo**, mediante el equipo de medida

A él llegará la acometida (instalación de enlace) y de él saldrán las líneas de los diferentes circuitos que alimentación.

Según establece el **REBT** (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión), el **equipo de medida (contador con sus protecciones)** irá instalado entre la acometida de línea y los equipos de mando y protección, de ahí que suelen estar integrados bajo la misma envolvente de cuadro.

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE ACCIONAMIENTO

Reloj analógico	Tecnología ineficiente. Incurrir en consumos innecesarios y demanda de mano de obra para su corrección periódica
Célula fotoeléctrica	En días con cielo cubierto pueden dar pie al encendido de las lámparas.
Reloj astronómico	Sistema de control dinámico con valores programados. Bajo coste frente a su elevada eficiencia



Reloj analógico



Célula fotoeléctrica



Reloj astronómico

energylab

Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN

Además, con el fin de conseguir **ahorros energéticos en las instalaciones de alumbrado público**, éstas deben dotarse de sistemas que reduzcan el flujo luminoso durante las horas de menor necesidad de iluminación. Según establece el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2002) en su instrucción técnica ITC-BT-09.

Dicha reducción **no descenderá por debajo del nivel de iluminación recomendable para avalar la seguridad del tráfico de vehículos y movimiento peatonal**. Según establece el RD 1890/2008, de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior en sus ITC-EA-02 e ITC-EA-04.

Los sistemas de regulación del nivel luminoso deberán permitir la disminución del flujo emitido **hasta un 50% del valor en servicio normal, manteniendo la uniformidad de los niveles de iluminación, durante las horas con funcionamiento reducido**.

energylab

Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN

Tipo	Descripción	Observaciones
Apagado de circuitos	Medida de ahorro bastante habitual consiste en el apagado de circuitos.	Afecta a la uniformidad
Equipos de Doble Nivel	Balastos serie de tipo inductivo, es una alternativa de ahorro punto a punto.	Reducción de potencia de hasta un 60%
Balasto Electrónico de Potencia Regulable	Permiten modificar el flujo luminoso hasta el 50 en lámparas de descarga de alumbrado exterior (máximo permitido por el REEIAE)	Reducción de flujo luminoso de hasta un 50%
Estabilizador - Reductor de Tensión	Eleva o disminuye la corriente para que el voltaje sea estable	Es una de las soluciones más implementadas en los últimos años. Problema: Caída de tensión a lo largo de la línea

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN

Apagado de circuitos	Medida de ahorro bastante habitual consiste en el apagado de circuitos.	Afecta a la uniformidad
----------------------	-------------------------------------------------------------------------	-------------------------

Para conseguir este ahorro energético la técnica a priori más simple podía ser, bien la de **apagar alternativamente puntos de luz, o apagar los de un lado de la calzada a través de dobles circuitos eléctricos de alimentación de los puntos de luz.**

Estos sistemas en la actualidad están prácticamente **descartados**, por cuanto se producen zonas oscuras que pueden afectar tanto a la visibilidad como a la seguridad vial, con unas uniformidades en la iluminación inaceptables.

Además, una deficiente uniformidad en el alumbrado, fatiga al conductor e influye negativamente sobre el deslumbramiento y, por tanto, no se garantiza la visibilidad de los obstáculos, disminuyendo considerablemente la seguridad, tanto de conductores como de peatones.

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN

Equipos de Doble Nivel

Balastos serie de tipo inductivo, es una alternativa de ahorro punto a punto.

Reducción de potencia de hasta un 60%

1. Con control mediante hilo de mando. Requiere un cable auxiliar.

✓ Ventajas:

- Sistema **económico**.
- Tiene **menos averías** y es más fácil de reparar.
- Las averías en general no afectan al sistema, sino habitualmente a una luminaria o grupo de luminarias.
- Permite ampliaciones de los circuitos.

✓ Inconvenientes:

- En instalaciones existentes **puede presentar dificultades la instalación del cable auxiliar.**

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN

Equipos de Doble Nivel

Balastos serie de tipo inductivo, es una alternativa de ahorro punto a punto.

Reducción de potencia de hasta un 60%

2. Con programación fija instaladas en las propias luminarias.

✓ Ventajas:

- Para su instalación **sólo se ha de cambiar la reactancia**.
- Tienen una programación **automática**.

✓ Inconvenientes:

- En instalaciones existentes **puede presentar dificultades la instalación del cable auxiliar.**

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN

Balasto Electrónico de Potencia Regulable

Permiten modificar el flujo luminoso hasta el 50 en lámparas de descarga de alumbrado exterior (máximo permitido por el REEIAE)

Reducción de flujo luminoso de hasta un 50%

Las ventajas que nos ofrecen los balastos electrónicos regulables son las siguientes:

- Ahorro de energía
- Mayor eficacia de la lámpara
- Posibilidades de telegestión.
- **Mejora la vida de la lámpara**, al estar protegida frente a fluctuaciones de tensión
- Mejora la fiabilidad de la instalación de alumbrado; uniformidad, consumo de energía constante y factor de potencia constante
- Las nuevas lámparas de alta eficacia funcionarán sólo con balasto electrónico
- Los sistemas LEDs son 100% electrónicos

Inconvenientes:

- **Mayor coste de implantación** que las anteriores.

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN

Estabilizador - Reductor de Tensión

Eleva o disminuye la corriente para que el voltaje sea estable

Es una de las soluciones más implementadas en los últimos años

Integran en un mismo equipo las funciones de estabilizador de tensión y regulador de flujo luminoso. Se trata de simples estabilizadores de tensión con distintos niveles de trabajo, según los horarios de funcionamiento y los tipos de lámparas a regular, pudiendo modificar estos niveles de forma sencilla, directamente en el propio equipo o desde un control centralizado, enviando las correspondientes órdenes.

Reduce la tensión de suministro a toda la instalación. Se instalan junto a los cuadros de mando.

La reducción del consumo se basará en la reducción uniforme del nivel de iluminación a partir de una hora prefijada de la noche, lográndose en base a la reducción de la tensión de alimentación. Con la introducción de esta medida, se estima la obtención de un ahorro adicional del 27% con respecto al consumo de la instalación actual

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN

Estabilizador -
Reductor de
Tensión

Eleva o disminuye la corriente para que el voltaje sea estable

Es una de las soluciones más implementadas en los últimos años

Esquema de funcionamiento del equipo:



3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN

Estabilizador -
Reductor de
Tensión

Eleva o disminuye la corriente para que el voltaje sea estable

Es una de las soluciones más implementadas en los últimos años

Ventajas:

- **Estabilizan la tensión de alimentación** con lo que evitan sobrecostos debidos a las variaciones de tensión de la red.
- **Evita la necesidad de tender cables de control** y de instalar equipos de doble nivel en las luminarias.

Inconvenientes:

- Si la instalación existente está compuesta de **tendidos largos** y **no tiene la sección del cableado adecuada** no se consiguen rendimientos óptimos.
- Las lámparas sobre las que se actúa deben ser todas preferentemente de VSAP (Vapor de Sodio de Alta Presión) para maximizar los ahorros.
- Son equipos con sofisticados sistema electrónicos que precisan de **mantenimiento especializado** y que son **vulnerables a sobretensiones** producidas por rayos.
- A simple vista no se sabe cuándo fallan. **Difícil percepción de “no funcionamiento”**.

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL. SISTEMA DE TELEGESTIÓN

Funcionalidades del sistema:

- ✓ Control operativo:
 - **Control remoto de puntos de luz.**
 - Accionamiento (On/Off).
 - Regulación de niveles lumínicos (Reducción de flujo).
 - Monitorización del estado de las lámparas, luminarias, soporte,...
 - **Control remoto de los centros de mando.**
- ✓ **Diagnóstico remoto** de punto de luz y centros de mando
 - Almacenaje y análisis de la información
 - Aumentar la seguridad
 - Reducción de los costes de mantenimiento
- ✓ **Optimización** de la infraestructura
 - Economía de energía
 - Confort y seguridad para el usuario
 - Monitorización del estado de la red

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL. SISTEMA DE TELEGESTIÓN

El resultado son puntos de luz que encienden y apagan exactamente cuando deben (al minuto). Áreas donde no se necesita el alumbrado al 100% pueden ponerse en modo de ahorro de energía y los costos se reducen un 35%.

El **ahorro** y la reducción de la energía proviene de:

- ✓ **Optimizar horario:** asegurarse de que nunca está el alumbrado encendido durante el día.
- ✓ **Modo Ahorro de Energía** cuando sea posible.
- ✓ **Simplificar el mantenimiento y prolongar la vida de la lámpara.**

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL. SISTEMA DE TELEGESTIÓN

Arquitectura de un sistema de Telegestión de Alumbrado exterior.

La arquitectura de un sistema de Telegestión de alumbrado exterior tipo se compone de los siguientes elementos:

- ✓ **Luminarias con balastos**, que controlan el correcto funcionamiento de la lámpara.
- ✓ **Controladores de balastos**, que **regulan la lámpara de la luminaria y son los que actúan sobre el balasto** mandando las órdenes para encender, apagar y regular el flujo luminoso.
- ✓ **Elemento de comunicación entre los controladores de Balastos y la unidad de control** que gestiona un determinado grupo de dichos balastos, éste es el punto, donde pueden existir **diferencias entre los distintos tipos de Telegestión**.
- ✓ **Unidades de control** que **gestionan grupos de controladores de Balastos agrupados en cierto número**, que debe ser lo suficientemente grande como para no utilizar muchos controladores de grupo, y lo suficientemente pequeño para no perder la jerarquía.

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL. SISTEMA DE TELEGESTIÓN

Arquitectura de un sistema de Telegestión de Alumbrado exterior:

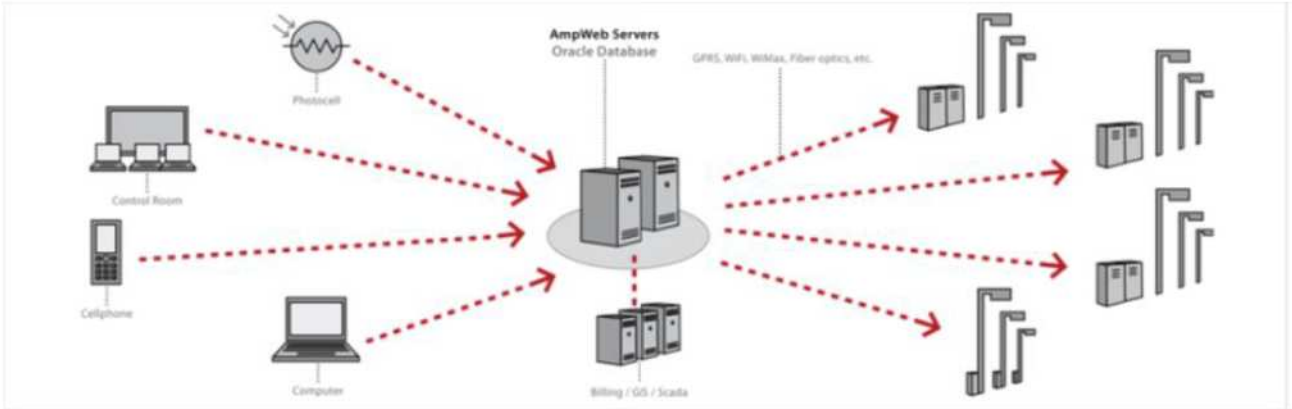
- ✓ Elemento de **comunicación entre los controladores de grupos y un Servidor** que recibe, almacena y gestiona toda la información del sistema, este elemento de comunicación suele ser **la red de comunicación TCP-IP**.
- ✓ **Servidor con base de datos donde se reciba, almacene y se gestione toda la información**. Este servidor debe ser lo más estándar posible para facilitar que el sistema sea abierto. **Lo más usual es que sea tipo SQL**.
- ✓ Terminales que utilicen un interfaz entre dicho servidor y el usuario, este interfaz es el **Software**, pero debe ser un software global y al que puedas acceder desde cualquier ordenador con cualquier sistema informático y en cualquier lugar, esto hace que **lo más lógico sea desarrollar una plataforma web**, con restricciones de accesibilidad mediante autenticación, para poder hacer el sistema completamente abierto y global, y no desarrollar un software que hace necesario ser instalado en las máquinas.

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL. SISTEMA DE TELEGESTIÓN

Esquema de posibles sistemas de comunicación:

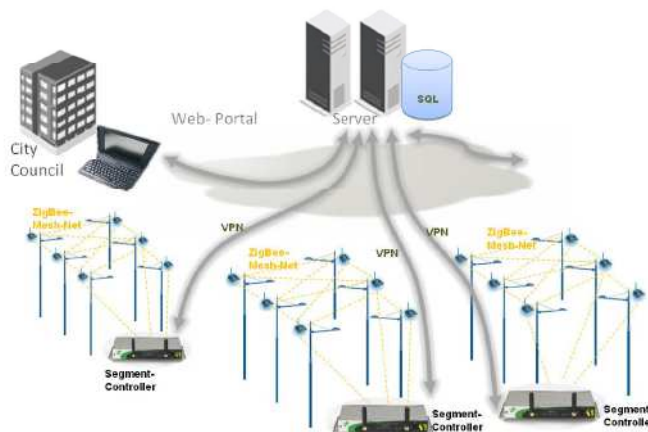


3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL. SISTEMA DE TELEGESTIÓN

Arquitectura de un sistema de Telegestión de Alumbrado exterior, sin cables.



3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL. SISTEMA DE TELEGESTIÓN

Arquitectura de un sistema de Telegestión de Alumbrado exterior por cable.

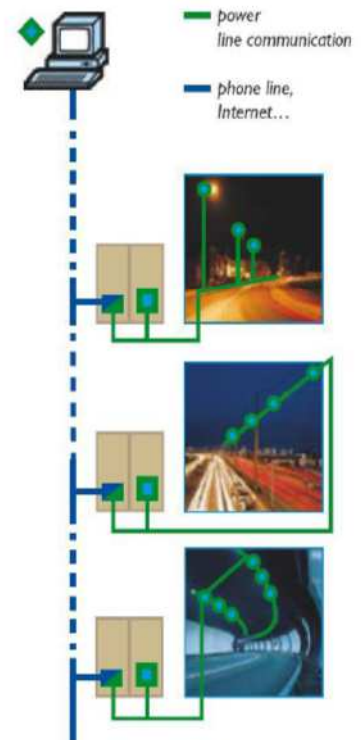
✓ **Control a nivel de Centro de Mando:**

- Controlador de segmento
- Ordenador central o servidor
- Software de telegestión



✓ **Control punto a punto:**

- Dispositivo de control y comando remoto de cada lámpara



energylab

Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

3 Iluminación

3.5 EQUIPOS DE REGULACION Y CONTROL

SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL. SISTEMA DE TELEGESTIÓN

Beneficios:

- ✓ **Disminución de los costes de mantenimiento**
 - Información predictiva de fallo de lámparas
 - Información sobre fallos prematuros
 - Incremento de la vida útil de las lámparas hasta un 30%
- ✓ **Reducción de la contaminación lumínica**
- ✓ **Beneficios sociales**
 - Mejora de la **seguridad**
 - Mejora de la **calidad del servicio** a los ciudadanos
- ✓ **Información sobre la instalación**

energylab

Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

Índice

- 2 Eficiencia energética en el alumbrado público
- 2 Mediciones
- 3 Iluminación
- 4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)
- 5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público
- 6 ESEs y M&V



Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.1 Presentación y artículos

REAL DECRETO 1890/2008

- ...de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.



Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.1 Presentación y artículos

ARTÍCULO 4. EFICIENCIA ENERGÉTICA.

- ✓ Con el fin de lograr una eficiencia energética adecuada en las instalaciones de alumbrado exterior, éstas deberán cumplir lo siguiente:
 - Los niveles de iluminación de la instalación no superen lo establecido en la ITC-EA 02, salvo casos excepcionales.
 - Para el alumbrado vial, se cumplan los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en la ITC-EA-01. Para el resto de instalaciones, se cumplirán los requisitos de factor de utilización, pérdidas de los equipos, factor de mantenimiento,... establecidos en las ITC correspondientes.
 - En donde se requiera, dispongan de un sistema de accionamiento y de regulación del nivel luminoso, tal y como se define en la ITC-EA-04.

ARTÍCULO 5. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES.

- ✓ Las instalaciones de alumbrado exterior se calificarán energéticamente en función de su índice de eficiencia energética, mediante una etiqueta de calificación energética según se especifica en la ITC-EA-01.

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 01. EFICIENCIA ENERGÉTICA.

➤ Eficiencia energética de una instalación:

$$\epsilon = \frac{S \times E_m}{P}$$

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.

Donde:

ε: Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior (lum/W=m² lux/W).

P: Potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W).

S: Superficie iluminada (m²).

E_m: Iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux).

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 01. EFICIENCIA ENERGÉTICA.

➤ Eficiencia energética de una instalación:

También se puede definir como:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

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.

- **Eficiencia de la lámpara y equipos auxiliares (\mathcal{E}_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.



Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 01. EFICIENCIA ENERGÉTICA.

➤ Requisitos mínimos de eficiencia energética:

- ✓ **Vial funcional:** vial de autopistas, autovías, carreteras y vías urbanas. Según ITC-EA-02: situaciones de proyecto A y B.
- ✓ **Vial ambiental:** es el que se ejecuta generalmente sobre soportes de baja altura (3-5 m) en áreas urbanas para la iluminación de vías peatonales, comerciales, aceras, parques y jardines, centros históricos, vías de velocidad limitada, etc. Según ITC-EA-02: situaciones de proyecto C, D y E.
- ✓ **Otras instalaciones de alumbrado:** Alumbrado específico, ornamental, para vigilancia y seguridad nocturna, señales y anuncios luminosos. (...)

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal



Centro Tecnológico de Eficiencia y Sostenibilidad Energética

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

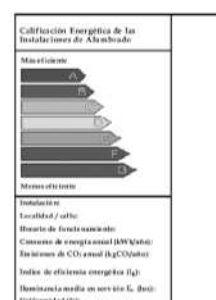
4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 01. EFICIENCIA ENERGÉTICA

➤ Calificación energética de las instalaciones de alumbrado:

Calificación energética de la instalación de alumbrado: **etiqueta** que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). **El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética.**

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$ie > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq ie > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq ie > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq ie > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq ie > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq ie > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$ie \leq 0,20$



4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 02. NIVELES DE ILUMINACIÓN.

- ✓ En alumbrado vial, se conoce también como **clase de alumbrado**. Conjunto de requisitos luminotécnicos o fotométricos (luminancia, iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, relación de entorno, etc.).
- ✓ Los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones de alumbrado descritas a continuación no podrán superar en más de un 20% los niveles medios de referencia: UNE-EN 13201 “Iluminación de carreteras”, los cuales no tendrán la consideración de valores mínimos obligatorios. **Si deberá garantizarse el valor de la uniformidad mínima.**
- ✓ El criterio principal de clasificación de las vías es la **velocidad de circulación:**

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
A	de alta velocidad	$v > 60$
B	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
C	carriles bici	--
D	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
E	vías peatonales	$v \leq 5$

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

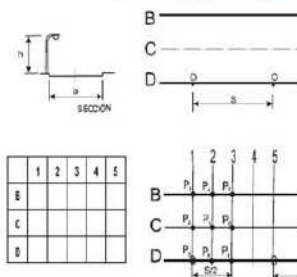
4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 06. MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES.

➤ Iluminancia media. Método de los 9 Puntos

En la ITC EA-07, apartado 4.3. se establece el “Método simplificado de los nueve puntos” cuya finalidad es dar un procedimiento a seguir para determinar la **iluminancia media (Em)**, la **uniformidad media (Um)** y la **uniformidad general (Ug)** en instalaciones de alumbrado público exterior.

- La **uniformidad media (Um)** de iluminancia es el cociente entre el valor mínimo de las iluminancias E_i calculadas anteriormente y la **iluminancia media (Em)**.
- La **Uniformidad general o extrema (Ug)** se calcula dividiendo el valor mínimo de las iluminancias E_i entre el valor máximo de dichas iluminancias.



Clase de Alumbrado (1)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media E_m (lux) [mínima mantenida ⁽²⁾]	Uniformidad Media U_m [mínima]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

(1) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (F_m) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.
(2) También se aplican en espacios utilizados por peatones y ciclistas.

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

Cálculo iluminancia media

$$E_1 = (B1 + B5)/2$$

$$E_2 = (C1 + C5)/2$$

$$E_3 = (D1 + D5)/2$$

$$E_4 = (B2 + B4)/2$$

$$E_5 = (C2 + C4)/2$$

$$E_6 = (D2 + D4)/2$$

$$E_7 = B3$$

$$E_8 = C3$$

$$E_9 = D3$$

Cálculo iluminancias



4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 02. NIVELES DE ILUMINACIÓN.

➤ Niveles de iluminación reducidos:

- ✓ Con la finalidad de ahorrar energía, disminuir el resplandor luminoso nocturno y limitar la luz molesta, a ciertas horas de la noche, **deberá reducirse el nivel de iluminación en las instalaciones de alumbrado vial, alumbrado específico, alumbrado ornamental y alumbrado de señales y anuncios luminosos, con potencia instalada superior a 5 kW salvo que, por razones de seguridad, a justificar en el proyecto, no resultara recomendable efectuar variaciones temporales o reducción de los niveles de iluminación.**
- ✓ Cuando se reduzca el nivel de iluminación, **deberán mantenerse los criterios de uniformidad de luminancia / iluminancia y deslumbramiento establecidos en ésta Instrucción ITC-EA-02.**

➤ Clases de alumbrado de similar nivel de iluminación:

	ME 1 MEW 1	ME 2 MEW 2	ME 3 MEW 3	ME 4 MEW 4	ME 5 MEW 5	ME 6
CEO	CE 1	CE 2	CE 3	CE 4	CE 5	
			S 1	S 2	S 3	S 4

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 03. RESPLANDOR LUMINOSO NOCTURNO Y LUZ INTRUSA O MOLESTA.

➤ Resplandor luminoso nocturno:

Tabla 1 – Clasificación de zonas de protección contra la contaminación luminosa

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	DESCRIPCIÓN
E1	ÁREAS CON ENTORNOS O PAISAJES OSCUROS: Observatorios astronómicos de categoría internacional, parques nacionales, espacios de interés natural, áreas de protección especial (red natura, zonas de protección de aves, etc.), donde las carreteras están sin iluminar.
E2	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD BAJA: Zonas periurbanas o extrarradios de las ciudades, suelos no urbanizables, áreas rurales y sectores generalmente situados fuera de las áreas residenciales urbanas o industriales, donde las carreteras están iluminadas.
E3	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD MEDIA: Zonas urbanas residenciales, donde las calzadas (vías de tráfico rodado y aceras) están iluminadas.
E4	ÁREAS DE BRILLO O LUMINOSIDAD ALTA: Centros urbanos, zonas residenciales, sectores comerciales y de ocio, con elevada actividad durante la franja horaria nocturna.

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 04. COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES.

➤ Equipos auxiliares

- ✓ La potencia eléctrica máxima consumida por el conjunto del equipo auxiliar y lámpara de descarga, no superará los valores de la tabla siguiente:

POTENCIA NOMINAL DE LÁMPARA (W)	POTENCIA TOTAL DEL CONJUNTO (W)			
	SAP	HM	SBP	VM
18	--	--	23	--
35	--	--	42	--
50	62	--	--	60
55	--	--	65	--
70	84	84	--	--
80	--	--	--	92
90	--	--	112	--
100	116	116	--	--
125	--	--	--	139
135	--	--	163	--
150	171	171	--	--
180	--	--	215	--
250	277	270 (2,15A) 277 (3A)	--	270
400	435	425 (3,5A) 435 (4,6A)	--	425

- ✓ La potencia eléctrica máxima consumida del conjunto equipo auxiliar y lámpara fluorescente se ajustarán a los valores admitidos por el Real Decreto 838/2002, de 2 de agosto, por el que se establecen los requisitos de eficiencia energética de los balastos de lámparas fluorescentes.

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 04. COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES.

➤ Sistemas de accionamiento:

- ✓ Los sistemas de accionamiento deberán garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad ambiente lo requiera, al objeto de ahorrar energía.
- ✓ El accionamiento de las instalaciones de alumbrado exterior podrá llevarse a cabo mediante diversos dispositivos: como por ejemplo, fotocélulas, relojes astronómicos y sistemas de encendido centralizado.
- ✓ Toda instalación de alumbrado exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW, deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado, mientras que en aquellas con una potencia en lámparas y equipos auxiliares inferior o igual a 5 kW también podrá incorporarse un sistema de accionamiento mediante fotocélula.

➤ Sistemas de regulación del nivel luminoso:

- ✓ Las instalaciones se proyectarán con dispositivos o sistemas para regular el nivel luminoso mediante:
 - Balastos serie de tipo inductivo para doble nivel de potencia;
 - Reguladores - estabilizadores en cabecera de línea;
 - Balastos electrónicos de potencia regulable.
- ✓ Los sistemas de regulación del nivel luminoso deberán permitir la disminución del flujo emitido hasta un 50% del valor en servicio normal, manteniendo la uniformidad de los niveles de iluminación, durante las horas con funcionamiento reducido.

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 06. MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES.

➤ Generalidades.

- ✓ Las características fotométricas y mecánicas de una instalación de alumbrado exterior se degradarán a lo largo del tiempo debido a numerosas causas, siendo las más importantes las siguientes:
 - La baja progresiva del flujo emitido por las lámparas.
 - El ensuciamiento de las lámparas y del sistema óptico de la luminaria.
 - El envejecimiento de los diferentes componentes del sistema óptico de las luminarias (reflector, refractor, cierre, etc.).
 - El prematuro cese de funcionamiento de las lámparas.
 - Los desperfectos mecánicos debidos a accidentes de tráfico, actos de vandalismo, etc.

4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

4.2 Instrucciones técnicas complementarias

ITC EA- 06. MANTENIMIENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES.

➤ Factor de mantenimiento.

Relación entre la iluminancia media en la zona iluminada después de un determinado período de funcionamiento de la instalación de alumbrado exterior (Iluminancia media en servicio – $E_{servicio}$), y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento como instalación nueva (Iluminación media inicial – $E_{inicial}$).

$$f_m = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} = \frac{E}{E_i}$$

✓ El factor de mantenimiento será función fundamentalmente de:

- El tipo de lámpara, depreciación del flujo luminoso y su supervivencia en el transcurso del tiempo;
- La estanqueidad del sistema óptico de la luminaria mantenida a lo largo de su funcionamiento;
- La naturaleza y modalidad de cierre de la luminaria;
- La calidad y frecuencia de las operaciones de mantenimiento;
- El grado de contaminación de la zona donde se instale la luminaria.

Índice

2

Eficiencia energética en el alumbrado público

2

Mediciones

3

Iluminación

4

Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)

5

Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

6

ESEs y M&V

5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Deficiencias comunes respecto al REBT

- ✓ **Sección** del cableado de la instalación eléctrica.
- ✓ **Aislamiento** de los conductores.
- ✓ Mal apriete de bornes.
- ✓ **Rotulación** de circuitos.
- ✓ Dispositivos de **mando y protección**.
- ✓ Red de puesta a tierra.
- ✓ Índices de protección **IP e IK** de las envolventes, soportes, luminarias, ...



5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Mejoras conseguidas:

- ✓ **Menor gasto en Alumbrado Público por:**
 - Menor consumo energético
 - Menor gasto en mantenimiento y reposición
- ✓ **Mejora en la iluminación por:**
 - Mejor reproducción cromática
 - Fácil acomodación
 - Eliminación de la luz intrusa
- ✓ **Mejora de la seguridad:**
 - Vial – por eliminación del resplandor luminoso
 - En las calles – por eliminación de los puntos negros
- ✓ **Reducción de impacto ambiental:**
 - Menor Contaminación Lumínica
 - Eliminando Residuos de Mercurio (Altamente Contaminante)
 - Alumbrado Público Sostenible – Reducción significativa de emisiones GEI.
- ✓ **Reducción de impacto visual:**
 - Integración arquitectónica de las nuevas instalaciones.
- ✓ **Adecuación de las Instalaciones a la normativa.**

5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE INVENTARIO

MUNICIPIO 2

Nº Puntos de Luz = 991
Nº Centros de Mando = 14



MUNICIPIO 3

Nº Puntos de Luz = 1.248
Nº Centros de Mando = 15



5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

MUNICIPIO 4

Nº Puntos de Luz = 302
Nº Centros de Mando = 3



MUNICIPIO 5

Nº Puntos de Luz = 1.941
Nº Centros de Mando = 28



MUNICIPIO 6

Nº Puntos de Luz = 8.550
Nº Centros de Mando = 150



5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.3 MUNICIPIOS ESPAÑOLES. ESTIMACIONES IDAE

IDAE estima que en España existen un total de **4.800.000 millones de puntos de luz** con un consumo asociado de **3.790 GWh/año** (180 W de potencia media y 4.200 horas de funcionamiento) de electricidad.

Tamaño municipio	Puntos de luz / 1.000 habitantes	Habitantes / Punto de luz	Puntos de luz
> 75.000 hab.	73	13,7	1.493.782
40.001 – 75.000 hab.	109	9,1	460.993
10.000 - 40.000 hab.	108	9,2	1.151.938
< 10.000 hab.	172	5,8	1.693.287
TOTAL	106	9,4	4.800.000

Fuente: Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011 - 2020

5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.3 MUNICIPIOS ESPAÑOLES. ESTIMACIONES IDAE VS DATOS REALES

- ✓ No obstante existen datos reales que muestran que las estimaciones del IDAE son conservadoras siendo el tamaño del mercado mucho mayor.

- ✓ Empresas del sector estiman que el número de puntos reales supera los 7-8 millones de puntos de luz con un consumo eléctrico superior a **6.000 GWh/año**.

Municipio	Habitantes	Nº Puntos según IDAE	Nº Puntos reales
Madrid	3.265.000	238.000	> 250.000
Barcelona	1.619.000	118.000	> 115.000
Zaragoza	675.000	49.000	> 66.000
Vigo	297.000	21.000	> 35.000
Alcorcón	169.000	12.000	> 18.000
Martos	24.707	2.500	> 4.700
Soto del Real	8.434	1.450	> 3.200
Borox	3.307	570	> 2.000

Fuente: Web y noticias de ayuntamientos, información empresas mantenimiento, auditorías y datos de concursos públicos.

5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.4 AUDITORIA ENERGÉTICA EN MUNICIPIO 1

SITUACIÓN DE PARTIDA

		LUMINARIAS	100% de las luminarias eran ineficientes y los equipos auxiliares electromagnéticos.
		LÁMPARAS	Mayoritariamente Vapor de Mercurio de 80W y de 125 W. Los proyectores existentes eran altamente ineficientes consumiendo gran cantidad de electricidad (HM de 400W).
		CENTROS DE MANDO	6 Centros de mando que no cumplen la legislación y hay que renovarlos. El encendido del alumbrado se realiza con reloj analógico.
		REGULACIÓN	El mecanismo de regulación aplicado era la supresión de circuitos, lo que provoca que algunas áreas no dispongan de alumbrado público a partir de las 00:00h.

5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.4 AUDITORIA ENERGÉTICA EN MUNICIPIO 1

SITUACIÓN DE PARTIDA

Los niveles de iluminación y uniformidad registrados en las calles no cumplían con la legislación por estar por debajo de los valores recomendados.



5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.4 AUDITORIA ENERGÉTICA EN MUNICIPIO 1

MEDIDAS PROPUESTAS

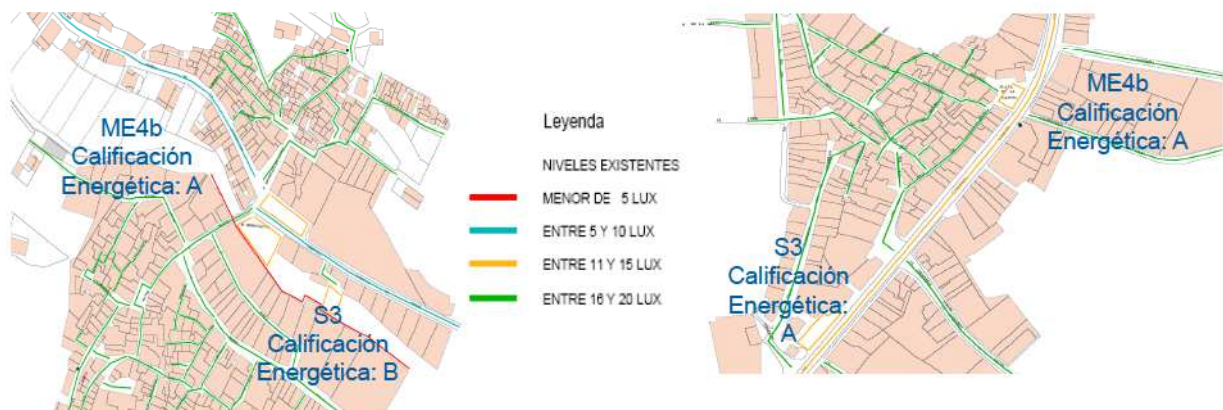
- ✓ Renovación y sustitución de todas las luminarias existentes por otras equipadas con tecnología LED más eficientes.
- ✓ Sustitución de las placas LED de las luminarias entre el 7º (28.000 h) y 8ª año (32.000 h)
- ✓ Instalación de nuevos puntos de luz y reordenación de otros para la correcta iluminación del municipio.
- ✓ Instalación de un sistema de telegestión punto a punto en cada una de las luminarias.
- ✓ Renovación de los centros de mando existentes que no cumplen la normativa.
- ✓ Eliminación y reforma del sistema de iluminación con proyectores de 400 W. Los proyectores existentes eran muy ineficientes y una gran fuente de consumo de electricidad al demandar en conjunto más de 5 kW de potencia. Se sustituyen por proyectores LED reduciendo la demanda a 1,2 kW de potencia.

5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.4 AUDITORIA ENERGÉTICA EN MUNICIPIO 1

RESULTADOS OBTENIDOS

Optimización de los niveles de iluminación del municipio obteniendo una adecuada iluminación en las calles, a la vez que se mejora la calificación energética de la instalación de alumbrado municipal.



5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.4 AUDITORIA ENERGÉTICA EN MUNICIPIO 1

RESULTADOS OBTENIDOS

Situación inicial	Situación con proyecto
<ul style="list-style-type: none"> Nº puntos de luz: 342 Suministros: potencia contratada 33,45 kW Tipos luminarias y lámparas: Farol villa (VM 80W), vial técnica (VM 125W) y proyector (HM 400W) Encendido: reloj analógico. Horas funcionamiento: 4307 h/año Regulación: apagado mitad puntos de luz a partir 00:00 h Consumo electricidad: 172.000 kWh/año Gasto Electricidad 18.350 €/año Gastos Mantenimiento correctivo: 4.900 €/año Pagos por potencia contratada 712 €/año 	<ul style="list-style-type: none"> Nº puntos de luz: 341 Suministros: potencia contratada 19,55 kW Tipos luminarias y lámparas: Farol villa LED y vial LED. Encendido: telegestión punto a punto. Horas funcionamiento 4307 h/año Regulación y h equivalentes de funcionamiento: <ul style="list-style-type: none"> ME-4b punta 1.034 h y valle 2.482,77 h S3 punta 1.034 h y valle 2.291,07 h Consumo electricidad 39.324 kWh/año Gasto Electricidad 4.832 €/año Gastos Mantenimiento correctivo: 0 €/año

5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.4 AUDITORIA ENERGÉTICA EN MUNICIPIO 1

AHORROS ESPERADOS

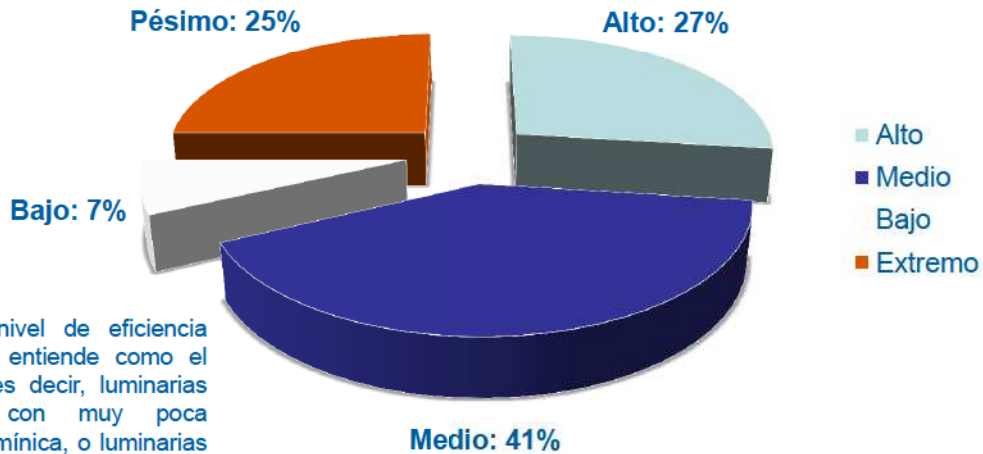
AÑO	AHORROS ELECTRICIDAD (kWh/año)
2011	0
2012	126.358
2013	118.994
2014	112.112
2015	105.592
2016	99.510
2017	93.694
2018	88.219
2019	96.775
2020	91.515
2021	86.250
2022	81.839
2023	77.364
2024	73.144
2025	69.167
TOTAL	1.320.532

5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.5 OTROS MUNICIPIOS

NIVEL DE EFICIENCIA DE LAS LUMINARIAS ENCONTRADAS

60 Municipios
118.713 Luminarias



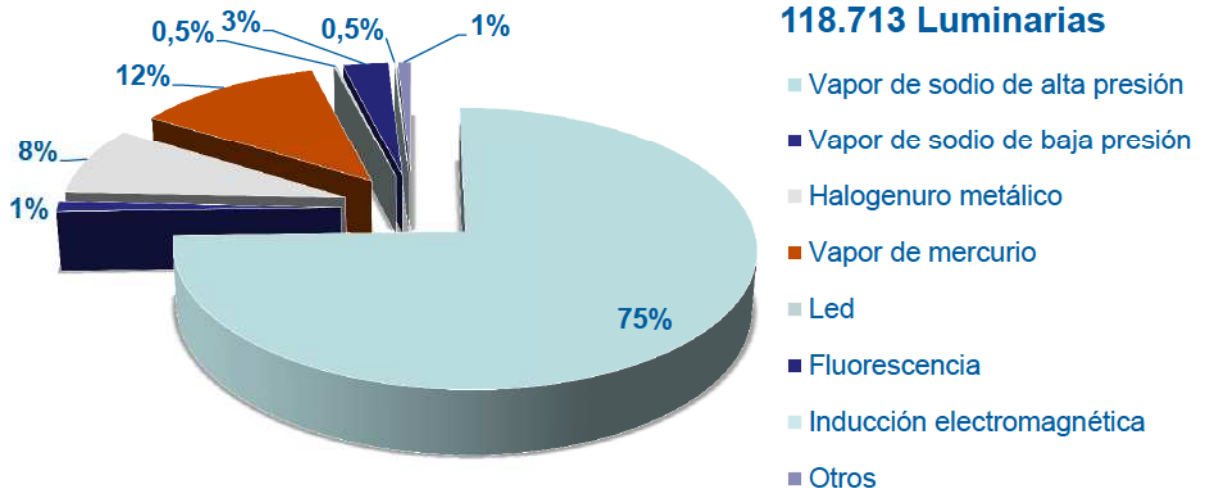
NOTA: El nivel de eficiencia extremo se entiende como el más bajo, es decir, luminarias obsoletas, con muy poca eficiencia lumínica, o luminarias nuevas o viejas equipadas con lámparas de vapor de mercurio.

5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.5 OTROS MUNICIPIOS

% LÁMPARAS

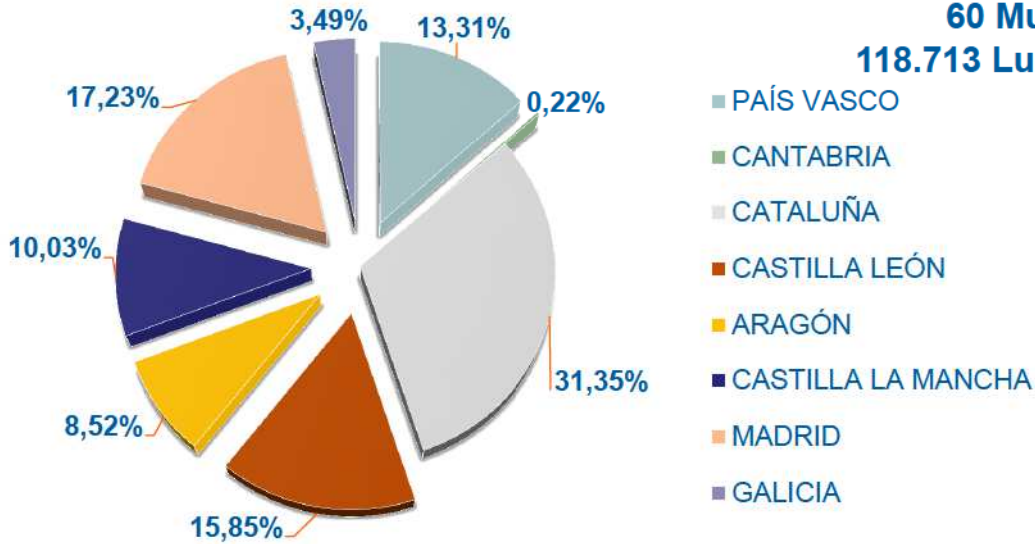
60 Municipios
118.713 Luminarias



5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.5 OTROS MUNICIPIOS

DETALLE % LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO POR CCAA



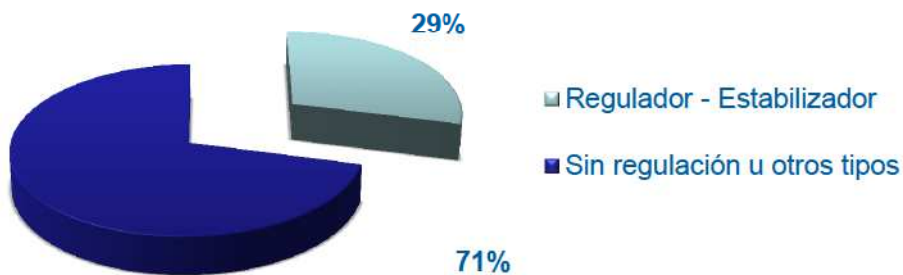
60 Municipios
118.713 Luminarias

5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público

5.5 OTROS MUNICIPIOS

CENTROS DE MANDO

2.130 Centros de mando analizados



Índice

- 1 Eficiencia energética en el alumbrado público
- 2 Mediciones
- 3 Iluminación
- 4 Normativa. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (REEAE)
- 5 Ejemplos de auditoría energética en alumbrado público
- 6 ESEs y M&V

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

Fases de un Contrato de Rendimiento Energético.



6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

Fases de un Contrato de Rendimiento Energético.

➤ Duración estimada de cada fase

	Semana																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	...
1) COMERCIAL																					
FASE 1: Reunión de lanzamiento.																					
FASE 2: Solicitud de información al cliente																					
FASE 3: Firma del Acuerdo Marco y Acuerdo para la Pre-Auditoría																					
FASE 4: Recepción de información previa de la instalación																					
2) PRE-AUDITORÍA																					
FASE 5: Pre-Auditoría.																					
FASE 6: Presentación resultados																					
FASE 7: Acuerdo previo para el Estudio Energético de Detalle (EED).																					
3) ANÁLISIS EN DETALLE																					
FASE 8: Realización del Estudio Energético de Detalle.																					
FASE 9: Análisis de riesgos, análisis final de solvencia y análisis financiero.																					
FASE 10: Presentación resultados del EED.																					
FASE 11: Firma del Contrato de Rendimiento Energético																					
4) IMPLEMENTACIÓN Y SEGUIMIENTO																					
FASE 12: Implementación de las mejoras.																					
FASE 13: Seguimiento y control Energético.																					

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

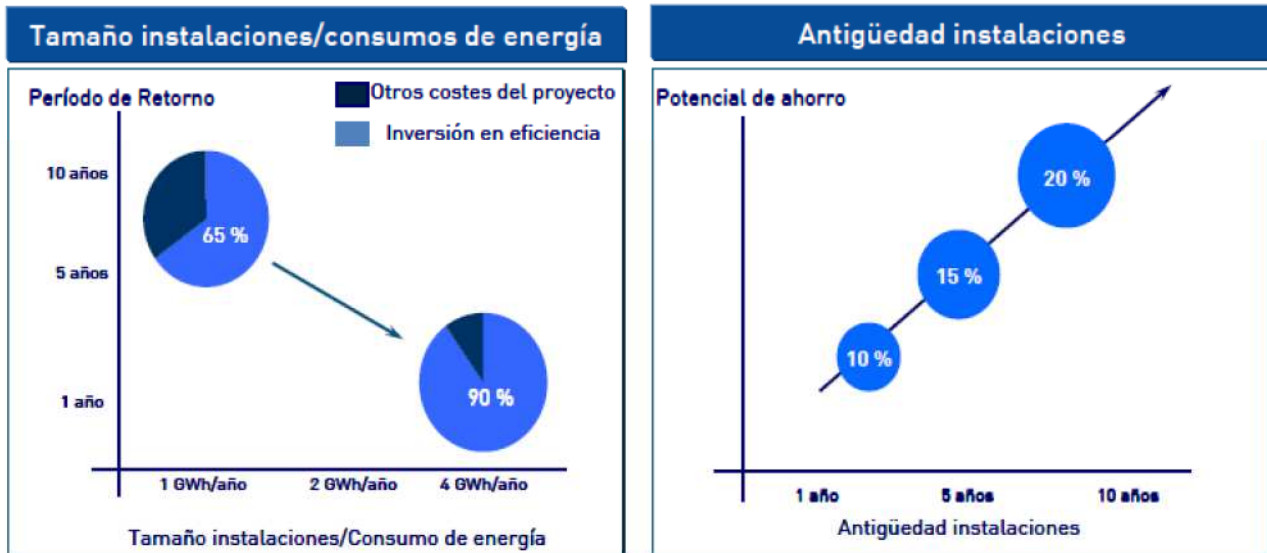
2.1 Labor comercial.

- Se inicia una vez **identificado** un cliente potencial que cumpla con los requisitos necesarios para implantar un proyecto.
- Se caracteriza por ser un proceso largo y con numerosos obstáculos.
 - ♦ Su duración puede superar los 6 meses.
- Entre los **principales elementos para alcanzar el éxito** de esta fase comercial, destacan:
 - ♦ La necesidad de **enfocar el proceso de venta** de forma correcta. El proyecto tiene muchas particularidades técnicas y por lo tanto debe buscarse el **interlocutor adecuado**.
 - ♦ La existencia de un fuerte **compromiso de las dos partes** involucradas. El proceso de venta se basa en la consolidación de la confianza e implicación entre la ESE y el cliente. La ESE deberá ser capaz de **descartar la colaboración** con un cliente si éste **no muestra compromiso** suficiente con el proyecto.

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

2.1 Labor comercial.

- Las instalaciones con **mayores consumos** de energía y/o instalaciones **más antiguas** ofrecen un **mayor potencial** para la realización de Servicios Energéticos.



6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

2.2 Pre-Auditoría Energética.

- Una vez que las negociaciones entre la ESE y el cliente estén más avanzadas, es recomendable que se realice una pre-auditoría energética.
- Se determina con mayor nivel de detalle la **viabilidad de implantación** de un proyecto en las instalaciones del cliente.
- Este estudio se compone de un **breve análisis**:
 - ✓ Técnico
 - ✓ Económico
 - ✓ Financiero
- Su objetivo es **identificar a grandes rasgos**:
 - ✓ Las principales medidas de ahorro a implantar
 - ✓ Su potencial de ahorro energético y económico
 - ✓ La inversión necesaria.
- Presentación de resultados mediante Estudio Energético Preliminar.

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

2.2 Pre-Auditoría Energética.

- Es interesante que este estudio **garantice un mínimo de ahorros** que invite al cliente potencial a continuar el procedimiento que lleve a la firma del contrato.
- Desde el punto de vista del cliente, en el caso de que esta pre-auditoría energética se solicite a varias empresas, orientará desde un comienzo el **proceso de selección de la ESE**.



6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

2.3 Estudio Energético de Detalle (EED).

- **OBJETIVO:**
Identificar las principales medidas de ahorro a implantar, cuantificar los potenciales de ahorro energético y económico y la inversión necesaria, con un nivel de detalle mayor que permita garantizar los ahorros energéticos que se conseguirán.

- **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS:**

Estudio Energético de Detalle y viabilidad técnica y económica del proyecto. Por ello,

- La rigurosidad y exhaustividad del informe son de crucial importancia, ya que éste será la base para determinar las **condiciones del contrato** de servicios energéticos y en consecuencia la **rentabilidad** del proyecto.
- El éxito del proyecto depende en gran parte de la **calidad de la información utilizada**, por lo que la **colaboración del cliente es crítica**, especialmente en la fase de recopilación de información.
- Es imprescindible que la información aportada por el cliente sea **verificada y completada** mediante la realización de **visitas presenciales** a las instalaciones, así como de **mediciones in-situ** por personal técnico cualificado y con experiencia en la realización de este tipo de proyectos.

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

2.4 Ahorros energéticos: medición y seguimiento.

2.4.1 Objetivo de un Plan de Evaluación y Seguimiento de los Ahorros

- Asegurar la obtención de ahorros debidos a la implantación de una medida de eficiencia energética.
- La evaluación y seguimiento de los ahorros permite a las partes implicadas en un proyecto de ahorro energético, cuantificar y verificar, de una manera definida, disciplinada, rigurosa y transparente, el ahorro de energía resultante de la aplicación de medidas de eficiencia energética, así como la calidad y credibilidad de los resultados alcanzados.
- Necesidad del plan de Evaluación y Seguimiento de los Ahorros: garantizar el éxito de cualquier proyecto de implantación de mejoras energéticas. Cuando una organización contrata un servicio energético, contrata una garantía de ahorro que la empresa de servicios energéticos debe cumplir.
- Estas metodologías de evaluación y seguimiento son conocidas como *Protocolos de Medida y Verificación*.

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

2.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento.

2.4.2 Plan de Medida y Verificación (M&V)

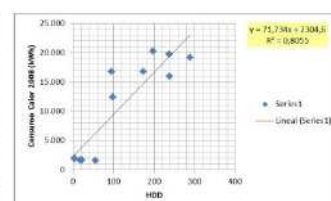
“La **Medida y Verificación (M&V)** es un proceso que consiste en utilizar la **medida**, para el establecimiento de forma **fiable** del **ahorro real** generado en una instalación, dentro de un programa de gestión de la energía” (Ref: IPMVP, capítulo 2, página 11)



- ✓ El **ahorro no se puede medir de forma directa**, ya que representa la ausencia del consumo de energía.
- ✓ Por lo que debe determinarse **comparando el consumo antes y después** de la implantación de un proyecto de eficiencia energética, a la vez que se realizan **ajustes** según la variación de las condiciones iniciales.



	HDD	Cons. Calor
Enero	237	19.768
Febrero	197	20.264
Marzo	173	18.980
Abril	94	18.814
Mayo	55	1.552
Junio	17	1.662
Julio	3	1.946
Agosto	3	1.882
Septiembre	22	1.641
Octubre	99	11.410
Noviembre	238	18.021
Diciembre	289	19.178
	1426	129.948



6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

2.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento.

2.4.2 Plan de Medida y Verificación (M&V)

➤ OBJETIVOS:

- ♦ **Determinación de ahorros** y base para la verificación de las garantías contractuales.
- ♦ Identificar, cuantificar y contabilizar las **variaciones en el consumo, debidas a factores externos** a los introducidos por la implantación de una medida de mejora energética.
- El proceso de M&V es una parte esencial y vinculante de los acuerdos contractuales, puesto que proporciona certeza de que los resultados e información aportados son reales y verificables.
- Existen diversos protocolos de M&V internacionalmente aceptados que permiten definir una metodología adaptada a las necesidades de cada proyecto, mejorando la gestión de los riesgos de la inversión.
- Diferentes estudios realizados en EEUU concluyen que la implantación de medidas de eficiencia energética que se realizan bajo una metodología rigurosa de evaluación y seguimiento de los ahorros, implican un **ahorro de un 20-30% más de energía** que las inversiones sin ninguna metodología de medición y verificación.
- Se calcula que el **coste añadido** de implantar una metodología rigurosa, normalmente se estima alrededor de un **5% del coste de inversión** de las medidas. Inversión recuperable en un período corto de tiempo gracias a los ahorros conseguidos.

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

2.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento.

2.4.2 Plan de Medida y Verificación (M&V)

➤ Ventajas

- ♦ La utilización de estos protocolos, sirven como **garantía** tanto para el cliente como para el proveedor de las MMEEs, así como para instituciones financieras implicadas.
- ♦ **Evita posibles conflictos** derivados de la medida o justificación de los ahorros.
- ♦ En relación con las ESEs, esto tiene una **importancia manifiesta ya que en contratos basados en ahorros demostrados de energía** es **crucial** disponer de un método de medida y verificación de estos ahorros, que además sea aceptado por todas las partes.
- ♦ **Reducción de los costes** asociados a la elaboración del contrato de rendimiento energético.
- ♦ Confiere **mayor credibilidad**, incluso a nivel internacional, de los informes de ahorro de energía.
- ♦ **Facilita la interlocución** con Administraciones Públicas y con empresas privadas, etc.

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

2.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento. 2.4.2 Plan de Medida y Verificación (M&V)

Para poder realizar una buena práctica de M&V, resulta necesario hacer uso de protocolos reconocidos internacionalmente que aseguran un proceso de M&V fiable, objetivo y técnicamente riguroso.

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

2.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento. 2.4.2 Plan de Medida y Verificación (M&V)

➤ Principio básico de *cálculo de ahorro*:

Ahorros energéticos = (Energía consumida en el período de referencia) - (Energía consumida en el período demostrativo de ahorros) ± ajustes.

♦ Donde:

- La energía consumida en el *período de referencia* es el consumo medido en un período definido previo a la implantación de la medida.
- El *período demostrativo de ahorros* es el período posterior a la implantación de la medida de mejora y es el equivalente, en unidad de tiempo, al período de referencia.
- Los *ajustes* permiten adaptar ambos períodos a las mismas condiciones establecidas para la validación de las comparaciones.

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

2.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento. 2.4.2 Plan de Medida y Verificación (M&V)

➤ Tipos de ajustes:

♦ RUTINARIOS

- Condiciones climatológicas
- Niveles de producción

♦ NO RUTINARIOS

- Tamaño de la instalación
- Modificación de turnos

➤ Los ajustes pueden ser triviales, simples o complejos.

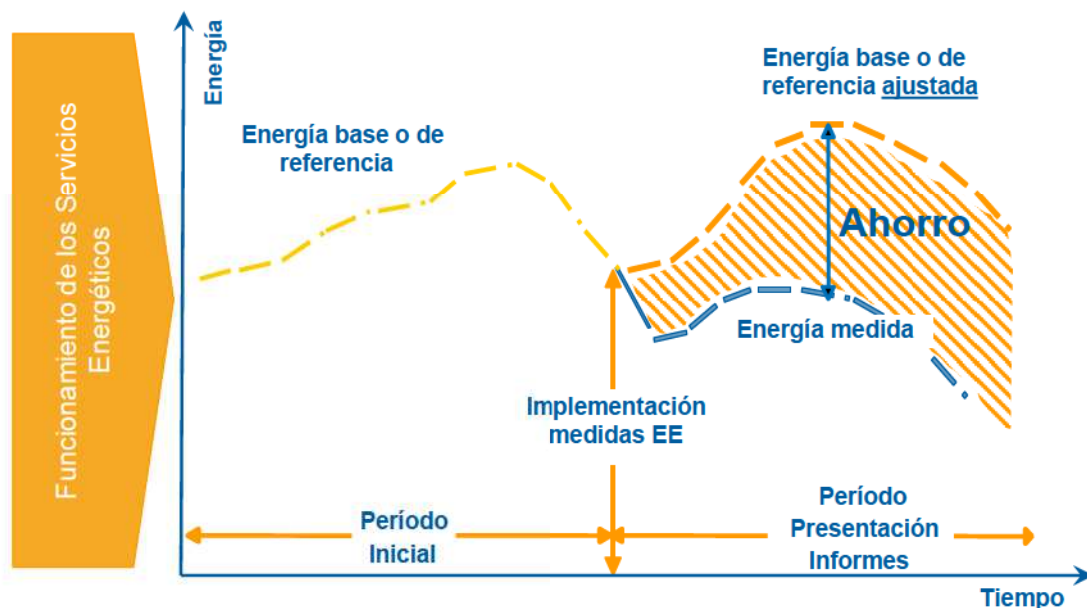
➤ La complejidad de los ajustes depende de:

- ♦ la necesidad de precisión,
- ♦ la complejidad de los factores que condicionan el consumo de energía,
- ♦ la cantidad de equipos incluidos en el cálculo de ahorros. (es decir, '*límite de la medida*').
- ♦ el presupuesto disponible.

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

6.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento. 6.4.2 Plan de medida y verificación (M&V)

➤ Ajustes:



6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

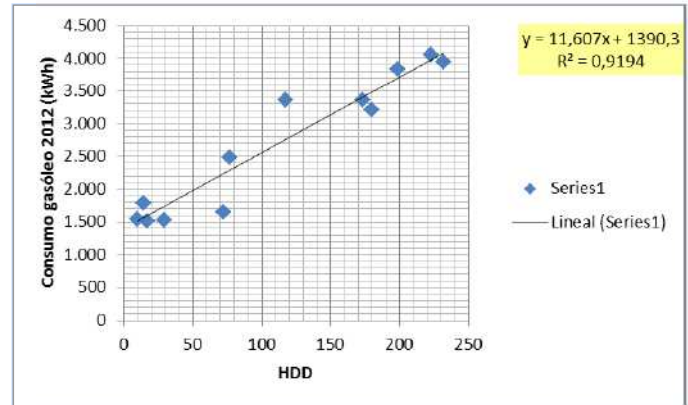
6.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento.

6.4.2 Plan de medida y verificación (M&V): Ejemplo de M&V

➤ Período de referencia: obtención de la línea base



2012	Cons. gasóleo (l)	Cons. gasóleo (kWh)	HDD _{base15°C}
Enero	396	3.954	232
Febrero	406	4.053	223
Marzo	337	3.360	117
Abril	337	3.363	173
Mayo	166	1.653	72
Junio	153	1.528	29
Julio	152	1.514	17
Agosto	154	1.537	10
Septiembre	179	1.787	14
Octubre	249	2.484	77
Noviembre	321	3.204	180
Diciembre	384	3.836	199
Total	3.234	32.272	1.343



6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

6.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento.

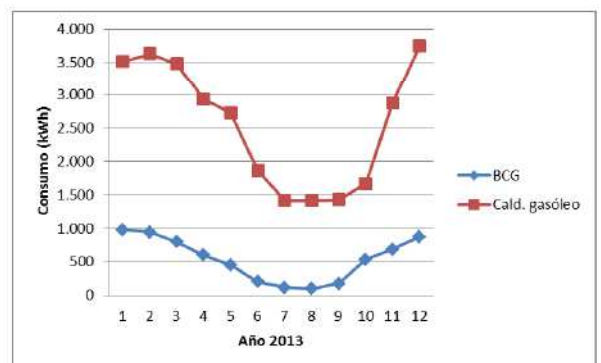
6.4.2 Plan de medida y verificación (M&V): Ejemplo de M&V

➤ Período demostrativo del ahorro: cálculo del ahorro



$$y = 11,607x + 1390,3$$

2013	Sist. BCG (kWh)	Cald. Gasóleo (kWh)	Ahorro En. (kWh)	Ahorro En. (%)
Enero	977	3.514	2.538	72,20
Febrero	942	3.630	2.689	74,06
Marzo	797	3.480	2.683	77,09
Abril	597	2.934	2.337	79,64
Mayo	451	2.725	2.274	83,45
Junio	203	1.866	1.663	89,12
Julio	114	1.414	1.300	91,93
Agosto	98	1.414	1.316	93,07
Septiembre	176	1.425	1.249	87,65
Octubre	537	1.669	1.132	67,80
Noviembre	687	2.876	2.189	76,11
Diciembre	872	3.747	2.875	76,72
Total	6.451	30.693	24.242	78,98



2013		
Sist. BCG (€)	Cald. Gasóleo (€)	Ahorro En. (%)
1.226	3.069	60,06

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

6.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento.

6.4.3 Contenido de un Plan de Medida y Verificación (M&V)

- Un Plan de Medida y Verificación debe incluir la información necesaria para poder establecer los ahorros alcanzados, mediante la comparación de la situación antes y después de la aplicación de una o varias medidas de mejora energética.
- Contenido de un plan de medida y verificación (M&V)

CONTENIDO DE UN PLAN DE M&V
Posibles mejoras energéticas a implantar
Escenario de referencia
Escenario de medición
Metodologías
Planificación y definición de roles en cada fase del proceso
Presupuesto y recursos necesarios

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

6.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento.

6.4.3 Contenido de un Plan de Medida y Verificación (M&V)

- Escenario de referencia.
 - ♦ Se debe identificar y documentar en detalle las *condiciones de funcionamiento*, para determinar *futuros ajustes* de las mediciones.
 - ♦ Entre los factores a considerar para los ajustes:
 - **Condiciones de medición**
 - Equipo de medida, indicando calibre y exactitud.
 - Punto de medición y duración de cada medida.
 - Base de datos de almacenamiento de las mediciones, y canales de transmisión de datos.
 - **Condiciones de funcionamiento**
 - Duración de un ciclo de consumo energético
 - Niveles de carga, ocupación, producción, definición del producto y los materiales, temperaturas de consigna, horarios, ventas, etc..
 - **Aspectos meteorológicos**: temperatura, humedad, etc..
 - **Cualquier otro factor que pueda afectar a la evaluación de la mejora energética.**
 - ♦ Identificados y caracterizados cada uno de los factores, deben preverse los futuros cambios para cada uno de ellos.

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

6.4. Ahorros energéticos: medición y seguimiento.

6.4.3 Contenido de un Plan de Medida y Verificación (M&V)

➤ Presupuesto y recursos necesarios

- La cuantía estimada de los ahorros, es la que marca los límites en el coste que puede soportar el plan de M&V.
- Gráfico del coste de evaluación de ahorros frente a la complejidad del proceso.



6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

6.4 Ahorros energéticos: medición y seguimiento

6.4.4 Metodologías para la evaluación y el seguimiento de los ahorros

➤ IPMVP

- ✓ Protocolo Internacional de medida y Verificación (International Performance Measurement and Verification Protocol) IPMVP
- ✓ Desarrollado por la Organización para la Valoración de la Energía EVO (Efficiency Valuation Organization)



- Proporciona un **marco conceptual para medir, calcular y reportar los ahorros** alcanzados en proyectos de mejora energética.
- Define términos clave y esboza cuestiones que deben ser consideradas en la elaboración de un plan de M&V.
- Desarrollado por una colaboración mutua de industria, gobierno, sector financiero y otras organizaciones.
- Compara el escenario de referencia con la situación final después de implantar una o varias medidas de mejora energética.

6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

6.4 Ahorros energéticos: medición y seguimiento

6.4.4 Metodologías para la evaluación y el seguimiento de los ahorros

➤ IPMVP

- Define dos métodos básicos de verificación:
 - **Método de verificación aislada de medidas de mejora de eficiencia energética (MMEE).**

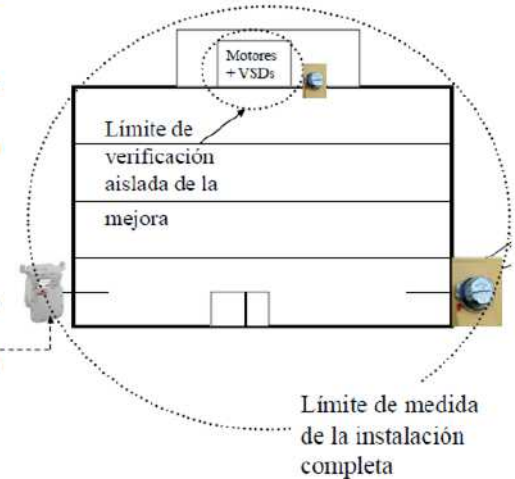
Únicamente mide el efecto de la mejora.

- Los ahorros no se ven afectados por los cambios más allá del límite de medida.
- Normalmente es necesario la instalación de un nuevo equipo de medida.
- Los ajustes pueden ser simples.

- **Método de verificación de toda la instalación.**

Mide todos los efectos en la instalación.

- Mejoras y otros cambios (intencionados o no intencionados).
- Suele utilizar los contadores de las empresas suministradoras.
- Los ajustes pueden ser complejos.



6 Actividades específicas de una ESE: auditoría, medida y verificación.

6.4 Ahorros energéticos: medición y seguimiento

6.4.4 Metodologías para la evaluación y el seguimiento de los ahorros

➤ IPMVP

- Uno de los puntos más importantes cara a la aplicación del IPMVP es la selección de la Opción de medida y verificación más adecuada.

- Terminología IPMVP:

- Verificación aislada de la MMEE – Opción A o B
- Verificación de toda la instalación – Opción C o D

- Define cuatro opciones de cálculo para la M&V de los ahorros.

- Opción A: Verificación aislada de la Medida de Eficiencia: medición del parámetro clave.
- Opción B: Verificación aislada de la Medida de Eficiencia: medición de todos los parámetros.
- Opción C: Verificación de toda la instalación.
- Opción D: Simulación calibrada.



Centro Tecnológico de Eficiencia
y Sostenibilidad Energética

César Barreira Pazos
cesar_barreira@energylab.es

Edificio CITEXVI – Local 1
Fonte das Abelleiras, s/n
Campus Universitario de Vigo
36310 Vigo (Pontevedra)
T_986 120 450 F_986 120 450
www.energylab.es

