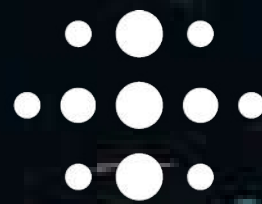


MANUAL DE ILUMINACIÓN EXTERIOR CONECTADA



CICAT



DOMOTYS

Este manual ha sido redactado por:

- Carlos J. Vives, CEO; David de Paco, Smart City Solutions y Jordi Vila, Product Manager – Smart City Solutions, de AFEI Sistemas y Automatización, S.A. (AFEISA)
- Robert Merchante, Product Manager Senior Outdoor Lighting, de Simon Lighting S.A.
- Alberto García, Chief Marketing Officer y José Ignacio, Project Manager, de Sinapse Energia.
- Juan Carlos Lopez, Business Development Manager, de Applus Laboratories
- David Rius, Technical Sales y Joan Presas, Executive Manager Director, de Vossloh-Schwabe Ibérica S.L.

El manual ha sido supervisado por:

- Susana Prieto, Clúster Manager; Sergi Gómez, Project Manager y Leticia Gómez, Project Manager, del Clúster de las Tecnologías Inteligentes para las Ciudades, los Edificios y la Industria DOMOTYS
- Jessica Juliette Kamps, Clúster Manager, del Clúster de Iluminación CICAT



Índice

1. Información general	5
1.1. Introducción	5
1.2. Objetivo del documento	5
1.3. Alcance del documento	6
1.4. Público objetivo del documento	6
2. Glosario	7
3. Tecnologías	10
3.1. Grado 1: Alumbrado con sistema de accionamiento	10
3.1.1. Centros de Mando	10
3.1.1.1. Fococélula	11
3.1.1.2. Reloj astronómico	12
3.1.1.2.1. Reloj astronómico reprogramable	13
3.1.1.3. Equipo de telemando	13
3.1.2. Puntos de luz (Drivers)	14
3.2. Grado 2: Alumbrado con sistemas de ahorro energético	14
3.2.1. Alumbrado con reguladores estabilizadores de flujo	15
3.2.1.1. Equipo de telegestión	15
3.2.2. Alumbrado con sistema de ahorro por puntos de luz	16
3.2.2.1. Protocolos de regulación	17
3.2.2.2. Equipo de telegestión para punto de luz	19
3.3. Grado 3: Sistema de telegestión	19
3.3.1. Sistema de telegestión de centros de mando	19
3.3.1.1. Comunicación con los centros de mando	21
3.3.1.2. Plataformas de telegestión de centros de mando	22
3.3.1.3. Principales funciones de un sistema de telegestión	23
3.3.1.4. Otras funciones y sistemas de telegestión	24
3.3.2. Telegestión bidireccional puntos de luz	25
3.3.2.1. Telegestión punto de luz por PLC	25
3.3.2.2. Telegestión punto de luz por RF	26
3.3.2.2.1. Integración en las luminarias	27
3.3.2.2.2. Tecnologías Inalámbricas	28
3.3.2.3. Telegestión punto de luz IoT	30
3.3.3. Otras funcionalidades de la telegestión punto de luz	30
3.3.3.1. Geolocalización	30
3.3.3.2. Sensorización	31
3.3.4. Sistema de telegestión de los puntos de luz	31
4. Adecuación de las tecnologías en función de las necesidades a cubrir	33
4.1. Grado 1: Alumbrado con sistema de accionamiento	33
4.2. Grado 2: Alumbrado con sistemas de ahorro energético	34
4.3. Grado 3.1: Sistemas de telegestión	35
4.4. Grado 3.2: Telegestión punto de luz bidireccional	36
5. Normativa y certificaciones	41
5.1. Normativa y funcionamiento de la instalación	42
5.1.1. Reglamento Electrónico de Baja Tensión	42
5.1.2. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior	43
5.2. Normativa de producto	44
5.2.1. Luminaria	44
5.2.1.1. Seguridad eléctrica	44
5.2.1.2. Compatibilidad electromagnética	44
5.2.1.3. Exposición humana	45



5.2.1.4. Ensayos ópticos y seguridad fotobiológica	45
5.2.1.5. Requisitos funcionales y prestaciones	45
5.2.2. Drivers/fuentes de alimentación	45
5.2.2.1. Seguridad eléctrica	45
5.2.2.2. Requisitos funcionales	45
5.2.3. Módulos Comunicación / Equipos de telegestión	46
5.2.3.1. Seguridad eléctrica	46
5.2.3.2. Compatibilidad electromagnética	46
5.2.3.3. Radio	46
5.2.3.4. Exposición humana	47
5.2.4. Módulo LED	47
5.2.4.1. Seguridad eléctrica	47
5.2.4.2. Requisitos funcionales/prestaciones	47
5.2.5. Columnas y báculos	47
5.2.6. Armarios eléctricos	48
5.2.6.1. Seguridad eléctrica	48
5.2.6.2. Compatibilidad electromagnética	48
5.2.7. Sistemas combinados	48
6. Puntos a tener en cuenta a la hora de redactar los pliegos en una licitación	49
6.1. Interoperabilidad	49
6.2. Formación	50
6.3. Mantenimiento de los equipos y sistemas de telegestión	50
6.3.1. SaaS (Software as a Service)	50
7. Bibliografía	52



1.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las tecnologías de control de iluminación y transmisión de la información ha motivado la aparición en el mercado de múltiples sistemas de control y regulación para la gestión de la iluminación exterior, tanto pública como privada.

Estas innovaciones pueden traer consigo grandes beneficios que se traducen en instalaciones de alumbrado energéticamente más eficientes, en las que se reducen los costes de mantenimiento y se consigue un mejor control sobre las luminarias por parte del gestor o del propietario de la instalación, así como un mejor servicio al ciudadano que implica una mejora de la calidad de vida y de mayor seguridad.

La proliferación de múltiples sistemas de control y regulación, basados en distintos conceptos de control, distintas tecnologías de comunicación y distintas funcionalidades, provoca en muchos casos, que los técnicos encargados de la redacción de los proyectos de alumbrado exterior que quieran incorporar un sistema de control y regulación, no sepan cuál es la solución óptima para el proyecto. Además, en muchos casos, existe un desconocimiento real sobre las posibilidades técnicas, ventajas e inconvenientes que ofrece cada tecnología, lo que conlleva a la especificación en pliego de un sistema muy genérico que no permite acotar una solución tecnológica concreta, o bien la especificación de un sistema, que por los múltiples requisitos que se le piden, resulta imposible de suministrar.

Este documento nace con la clara vocación de ayudar los técnicos o personas implicadas, a estar al corriente de las tecnologías básicas que existen en el mercado, conocer cuáles son las ventajas e inconvenientes de cada sistema, conocer las normativas que deben aplicar y, por lo tanto, escoger el sistema adecuado para el proyecto en función de las necesidades y los requisitos que se vayan a requerir a estos sistemas de control y regulación.

1.2. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El objeto del presente documento es establecer el marco de conocimiento mínimo necesario para ayudar a los técnicos a licitar, seleccionar e implementar un sistema de control y regulación para una instalación de alumbrado exterior. Para lograr este objetivo, el documento se centrará en desarrollar los siguientes puntos:

1. Definir las distintas tecnologías disponibles en el mercado de los sistemas de control y regulación, aptas para su aplicación al control de la iluminación exterior, así como sus características, capacidades y prestaciones fundamentales.
2. Ayudar a discernir cuál es el mejor sistema en función de las necesidades que se quiera cubrir.
3. Redactar el documento de licitación de forma clara y concisa, especificando adecuadamente la solución escogida, así como las funciones que ha de cumplir el sistema y los servicios que ha de aportar el proveedor, así como el mantenimiento asociado a dichos sistemas.
4. Conocer la normativa que se aplica a esta tecnología y que debe ser exigida a los proveedores y a los equipos que vayan a instalar para garantizar la calidad del producto y su correcto funcionamiento.

1.3. ALCANCE DEL DOCUMENTO

El alcance del presente documento son todas las aplicaciones de alumbrado exterior, independientemente del tamaño o morfología de la instalación, tanto de carácter público como privado, que se vayan a dotar de un sistema de control y regulación; o aquellas instalaciones donde en un futuro esté prevista la implantación de un sistema de control y regulación y/o se quiera dejar los componentes de la instalación preparados para la fácil implementación de los equipos adicionales.

1.4. PÚBLICO OBJETIVO DEL DOCUMENTO

Este documento está dirigido a los técnicos encargados de realizar proyectos de instalaciones de alumbrado exterior, de ámbito público o privado, que incluya un sistema de control y regulación. Dentro de este grupo de profesiones se incluyen los siguientes profesionales:

- Ingenieros municipales de los servicios técnicos de los ayuntamientos.
- Ingenieros de los servicios técnicos de diputaciones que prestan servicio a las poblaciones de su ámbito provincial.
- Ingenieros/ingenierías privadas contratadas para la realización de proyectos de alumbrado exterior de poblaciones, urbanizaciones, carreteras, etc.
- Empresas de mantenimiento y empresas de servicios energéticos.
- Ayuntamientos.
- Instaladores.
- Cualquier otra persona del ámbito del alumbrado público.

2

Glosario

API (application programming interface): Una API representa la capacidad de comunicación entre componentes de software. Se trata del conjunto de llamadas a ciertas bibliotecas que ofrecen acceso a ciertos servicios desde los procesos y representa un método para conseguir abstracción en la programación, generalmente (aunque no necesariamente) entre los niveles o capas inferiores y los superiores del software.

Bluetooth: es una especificación industrial para redes inalámbricas de área personal que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2.4 GHz.

Centro de Mando: cuadro eléctrico dotado de elementos de accionamiento y protección, así como sistemas de control, que proporcionan suministro eléctrico a las instalaciones de alumbrado público. Pueden contener los equipos de medida de la empresa suministradora.

Comunicación bidireccional: entorno entre dos o varios elementos en el que todos pueden enviar y recibir mensajes.

Comunicación unidireccional: entorno entre dos o varios elementos en que uno envía mensajes y el resto únicamente reciben.

DALI (Digital Addressable Lighting Interface): es un protocolo dedicado para el control de iluminación digital que permite la fácil instalación de redes de iluminación robustas, escalables y flexibles. En el caso de la telegestión, se utiliza como protocolo de comunicación de las órdenes que envía el módulo de telegestión al driver.

Driver: es el dispositivo auxiliar de alimentación del módulo LED, el cual regula y controla la corriente de salida que necesita el LED para su correcto funcionamiento y con el fin de entregar la potencia prevista por ese punto de luz.

Equipo de telegestión: conjunto de elementos destinados al control remoto del funcionamiento de una instalación de alumbrado. El control incluye la realización de distintas acciones, como: el accionamiento, la lectura de datos y la elaboración de alarmas técnicas.

Equipos de telemando: son relojes astronómicos con comunicaciones para permitir el envío de órdenes de telemando para el encendido o apagado de la instalación, la reprogramación de los calendarios específicos y registrar los principales eventos relacionados con el encendido y apagado de la instalación.

Fotocélula: sensor fotoeléctrico que responden al cambio en la intensidad lumínica ambiental, realizando la activación o desactivación de un relé o contacto, en función de los valores de intensidad lumínica recibidos.

GPS: sistema de posicionamiento global que permite determinar en toda la Tierra la posición de cualquier objeto con una precisión de hasta centímetros.

IoT (Internet of Things - Internet de las Cosas): Es un concepto que se refiere a una interconexión digital de objetos cotidianos mediante internet.



LED (diodo emisor de luz): fuente de luz constituida por un material semiconductor dotado de dos terminales. Se trata de un diodo de unión p-n, que emite luz cuando está activado. Si se aplica una tensión adecuada a los terminales, los electrones se recombinan con los huecos en la región de la unión p-n del dispositivo, liberando energía en forma de fotones. Este efecto se denomina electroluminiscencia, y el color de la luz generada (que depende de la energía de los fotones emitidos) viene determinado por la anchura de la banda prohibida del semiconductor. Esta tecnología ha alcanzado una gran implantación en el alumbrado actual.

LoRaWAN: es una especificación para redes de baja potencia y área amplia, diseñada específicamente para dispositivos de bajo consumo de alimentación, que operan en redes de alcance local, regional, nacionales o globales.

NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos): es una asociación industrial estadounidense responsable de numerosos estándares industriales comunes usados en el campo de la electricidad. Entre otros, ha establecido una amplia gama de estándares para encapsulados de equipamientos eléctricos, así como para sistemas de conexión de fotocélulas o nodos de comunicación a luminarias. **Plataforma de telegestión:** es un software de control y gestión de los datos de los equipos de telegestión, esta plataforma puede estar alojada en centro de control local o en un servidor Web.

PLC (Power Line Communications): Comunicaciones mediante línea de potencia y que se refiere a diferentes tecnologías que utilizan las líneas de transmisión de energía eléctrica convencionales para transmitir señales con propósitos de comunicación. La tecnología PLC de banda ancha aprovecha la red eléctrica para convertirla en una línea digital de alta velocidad de transmisión de datos, permitiendo, entre otras cosas, el acceso a Internet.

Punto de luz: Luminaria completa que está normalmente conectada a un centro de mando y alimentada desde este.

Regulador estabilizador de flujo: elemento que permite la variación del nivel de alumbrado mediante la variación de la tensión de la línea eléctrica de alimentación.

Reloj astronómico: interruptor horario que dispone de un método automático para conocer la hora de puesta y salida del sol, pudiendo activar o desactivar un relé o un contacto a partir de esta hora.

SigFox: operador de red global de área amplia de baja potencia que permite la conectividad IoT.

Sonda luxométrica: sensor fotoeléctrico que responden al cambio en la intensidad lumínica ambiental, variando el valor analógico o numérico de su salida, en función de los valores de intensidad lumínica recibidos en luxes.

WiFi: mecanismo que permite, de forma inalámbrica, el acceso a Internet de distintos dispositivos al conectarse a una red determinada.

Zhaga: es una organización internacional que establece especificaciones industriales de interfaces para componentes utilizados en luminarias LED. Entre otros, ha establecido un sistema de conexión de nodos de comunicación a luminarias.

Zigbee: es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.



1-10V: es un sistema de regulación basado en una señal analógica de 1 V a 10 V que modula el flujo lumínico entre el 10% y el 100%. En el caso de la telegestión, se utiliza como sistema de comunicación de las órdenes que se envían al driver.

6LowPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks): es un estándar abierto definido por la IETF (Internet Engineering Task Force), el cual posibilita el uso de IPv6 sobre redes basadas en el estándar IEEE 802.15.4, que hace posible que los dispositivos puedan comunicarse directamente con otros dispositivos IP.



3

Tecnologías

El nivel de aplicación del concepto de ciudad inteligente al alumbrado queda definido en tres grados de funcionalidad (en adelante, grados) con sus correspondientes subgrados.

Estos permiten una implantación progresiva de medidas encaminadas a una gestión inteligente del alumbrado, obteniendo mayores ahorros energéticos y un mejor servicio al ciudadano.

Pueden aplicarse diferentes grados a un mismo municipio en función de las necesidades de cada tipo de instalación y de los recursos existentes. Cada grado tiene su validez y son complementarios, por lo que debe realizarse previamente un estudio y un plan de implantación de los diferentes grados.

3.1. GRADO 1: ALUMBRADO CON SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

El sistema de accionamiento garantiza que la instalación de alumbrado exterior se encienda y apague automáticamente durante un periodo comprendido entre la puesta y la salida del sol. Su objetivo es evitar consumos fuera de las horas necesarias y ahorrar energía, de acuerdo a las condiciones que se detallan en el artículo 8 del RD 1890/2008 sobre el Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de Alumbrado Exterior (en adelante REEA).

Con requisitos específicos para determinados tipos de alumbrados como el ornamental o el de espacios deportivos, los cuales deben disponer de la posibilidad de programar ciclos de funcionamiento: diarios, semanales, mensuales o anuales, así como para época turística o festividades o actos locales.

Hay que destacar que el sistema de accionamiento tiene siempre que garantizar el encendido de la instalación por cuestiones de seguridad vial y orden público y, además, ser lo más eficiente posible, apagándose en el momento adecuado y evitando encendidos innecesarios o antes de tiempo.



Fuente: SINAPSE

3.1.1. Centros de Mando

El grado 1 es válido para cualquier tipo de alumbrado, puesto que únicamente se actuará sobre el encendido y apagado de toda la potencia del cuadro eléctrico para el suministro a toda la instalación de alumbrado exterior (en adelante Centro de Mando), mediante normalmente un contactor general.

El Centro de Mando corresponde al cuadro de protección, medida y control, definido en la ITC-BT-09 del RD 842/2002 sobre el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (en adelante REBT), donde se ubica el sistema de accionamiento correspondiente y las protecciones eléctricas generales de cada una de las salidas de alimentación de los puntos de luz asociados al mismo.



Centro de mando con protecciones, equipo de telegestión y módulo de la compañía. Fuente: AFEISA

Normalmente, el Centro de Mando también incluye la caja general de protección y el equipo de medida de la compañía suministradora.

3.1.1.1. Fococélula

Es un sensor fotoeléctrico que responden al cambio en la intensidad lumínica ambiental, realizando la activación o desactivación de un relé o contacto, en función de los valores de intensidad lumínica recibidos.

Su principal ventaja es que se adapta a los cambios imprevistos, de la intensidad lumínica ambiental, producidos por fenómenos meteorológicos u otros.

Su principal desventaja es que actúa en función de la intensidad lumínica que el sensor recibe, por lo que puede verse afectado por algún elemento que obstaculice o interfiera la lectura del sensor, así como por la polución, lluvia u otros elementos que con el tiempo cubren o afectan a la superficie del sensor. Esto implica que puede activar el alumbrado durante el horario diurno y generar un consumo energético no deseado o no actuar adecuadamente en la puesta y salida del sol.

En consecuencia, podría ser una solución que no proporciona una adecuada eficiencia energética y requiera de un mayor mantenimiento, ya que es necesaria una limpieza regular para asegurar su correcto funcionamiento.

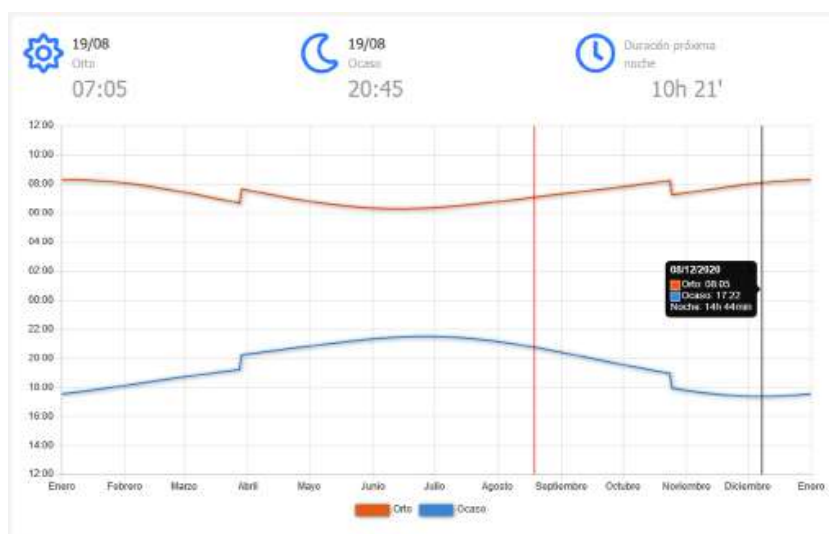
Según el reglamento de eficiencia energética (REEA) no es una solución válida en instalaciones de alumbrado exterior de más de 5 kW de potencia.

3.1.1.2. Reloj astronómico

El reloj astronómico es un interruptor horario que dispone de un método automático para conocer la hora de la puesta y la salida del sol, pudiendo activar o desactivar un relé o un contacto a partir de esta hora.

Las prestaciones de un reloj astronómico dependen del método utilizado para conocer día a día la hora de la puesta y la salida del sol, en función de la ubicación de la instalación.

El método de cálculo diario mediante algoritmo astronómico, es más preciso que el método por tablas y zonas geográficas. Además, para las maniobras diarias es aconsejable que el cálculo astronómico sea de máxima precisión, por lo que debería realizarlo mediante coordenadas geográficas en grados y minutos del lugar.



Ciclo anual de la puesta y salida del sol, incluido cambio horario. Fuente: AFEISA

También debe permitir el ajuste de los encendidos y apagado de la instalación, corrigiendo las horas de funcionamiento del alumbrado, a partir del ajuste del Orto y Ocaso en x min, y/o del horario en horas y minutos, para de esta manera poder obtener una mayor eficiencia energética.

Otro elemento clave son las posibles derivaciones que con los cambios de temperatura y con el tiempo sufre el reloj interno del equipo, por lo que pueden requerir periódicamente su puesta en hora.

Existen relojes astronómicos que internamente disponen de un sistema GPS, que además de localizar de forma automática la ubicación precisa de la instalación, permiten la sincronización de la hora de forma automática y constante, aumentando la precisión y evitando actuaciones de mantenimiento.

Al mismo tiempo, para evitar la puesta en hora cada 6 meses, deberá disponer de cambio automático de la hora del reloj, para el horario de invierno y verano.

Tal como se indica en el REEA, también deberá permitir un horario personalizado para días especiales y/o festivos, como periodos vacacionales y otros eventos especiales, permitiendo crear calendarios específicos para cada instalación o tipo de instalación.

Además, deberá disponer de diferentes salidas para activar otros elementos como alumbrados viales, fuentes ornamentales, sistemas de ahorro de energía, vallas publicitarias, escaparates, riego de jardines, señalización vial, monumentos, fachadas de edificios singulares, accesos a áreas peatonales, etc.

El hecho de que disponga de display y teclado facilita conocer el estado del reloj y las maniobras, así como su configuración de forma local o la activación de los diferentes circuitos para tareas de mantenimiento.

Este debe permitir ser instalado en carril DIN para ser compatible con la mayoría de los estándares eléctricos de centros de mando.

El REEA exige este tipo de solución para instalaciones de más de 5 kW de potencia.

3.1.1.2.1. Reloj astronómico reprogramable

La mayoría de relojes astronómicos permiten el ponerlos en hora, el cambio de la programación y en algunos casos hasta modificar los calendarios específicos de actuación.

Normalmente esta se realiza con el teclado propio equipo, pero existen equipos que mediante un mando a distancia, tecnología Bluetooth o un elemento de almacenamiento de memoria, permiten realizar estas reprogramaciones de manera fácil y sencilla, pero sin evitar el desplazamiento al centro de mando.

3.1.1.3. Equipo de telemando

Los equipos de telemando son unos relojes astronómicos con comunicaciones para permitir el envío de órdenes de telemando para el encendido o apagado de la instalación en un momento puntual, así como la reprogramación de los calendarios específicos. Estos equipos normalmente registran los principales eventos relacionados con el encendido y apagado de la instalación.

Los equipos de telemando también pueden incorporar entradas de alarma, para que a partir del cambio de estado del funcionamiento de diferenciales, contactores, conmutadores manuales, controles de puerta, entre otros, detecte y registre alarmas generadas en la instalación.

Todos estos datos pueden ser consultados y descargados de forma local o remota mediante una conexión inalámbrica o cableada, con el equipo.

Además, esta posibilidad de comunicaciones debe de permitir el poder enviar órdenes de telemando para el encendido o apagado de las instalaciones, en un momento puntual. Así como la reprogramación de los calendarios específicos.

Para lo que es muy importante la función de plantilla de programación en función del tipo de alumbrado, lo que permitirá asignar un grupo de centros de mando a una plantilla concreta y realizar el envío automático de una nueva programación a todos los centros de mando asignados.

Las unidades de control y telemando deben ser autónomas, es decir, que, ante pérdidas de comunicación con el sistema, siempre efectuarán las programaciones de encendidos y apagados que tenga programadas.

Para un correcto funcionamiento de las maniobras programadas, en el calendario de los diferentes centros de mando, el reloj del equipo de telemando debe ser lo más preciso y actualizar la hora de forma periódica, como por ejemplo mediante la sincronización automática de su reloj interno a través de servidores de tiempo de Internet.



3.1.2. Puntos de luz (Drivers)

Aunque el sistema de accionamiento sea el del centro de mando, a través de la activación o desactivación de la alimentación general de los puntos de luz, hay que tener presente las nuevas funciones que aportan los drivers LED.

El Driver es el dispositivo auxiliar de alimentación del módulo LED, el cual regula y controla la corriente de salida que necesita el LED para su correcto funcionamiento y con el fin de entregar la potencia prevista por ese punto de luz. La potencia total de cada punto de luz la obtendremos teniendo en cuenta la potencia nominal del driver y el consumo del módulo LED.

Los Drivers de las luminarias LED deberán estar provistos de un sistema capaz de gestionar el flujo luminoso emitido. Esto es a través de un funcionamiento autónomo que se inicia con la activación de la alimentación desde el centro de mando y que finaliza con la desconexión de la alimentación. Durante este periodo, es el Driver el que controla el arranque y el ciclo de funcionamiento.

Normalmente, el suministrador del punto de luz configura los drivers de una determinada manera y esta puede ser acordada, entre el suministrador y el cliente, en función del tipo de alumbrado e instalación.

3.2. GRADO 2: ALUMBRADO CON SISTEMAS DE AHORRO ENERGÉTICO

La utilización de un grado 2, tiene como principal objetivo el obtener un ahorro energético mediante la adaptación del consumo a las necesidades lumínicas de la instalación durante sus horas de funcionamiento.

Un alumbrado con sistema de ahorro energético es aquel que permite ajustar el nivel de luminosidad en el alumbrado público durante unas franjas horarias, racionalizando el consumo eléctrico durante los horarios de reducción de las necesidades lumínicas y consiguiendo un importante ahorro en los costes de la energía eléctrica.

Los sistemas de ahorro reducen, en un determinado periodo nocturno, la potencia que consume el punto de luz y consecuentemente el nivel de iluminación en instalaciones en las que una disminución de la actividad o las características de utilización así lo justifiquen.

Este grado es válido para cualquier tipo de lámpara que permita una cierta reducción de la tensión o potencia de alimentación sin que se produzca el apagado o mal funcionamiento de esta, por lo que la capacidad de ahorro de estos sistemas dependerá del tipo de lámpara usado y la potencia de estas, siendo las lámparas LED las que mayor porcentaje de ahorro permiten y las de halogenuros metálicos las que menos.

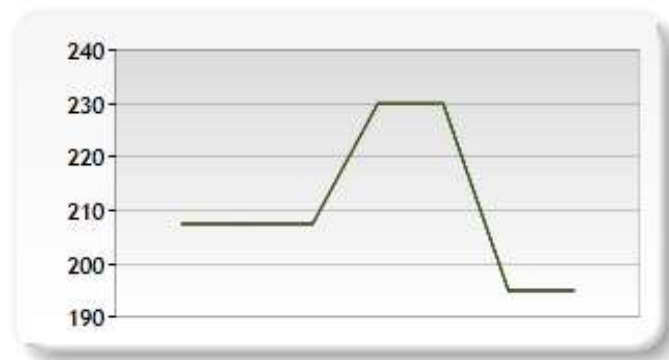
Esta reducción de la tensión o potencia se puede realizar desde el centro de mando y afectar a toda la instalación o realizarse localmente en cada punto de luz.

Normalmente todos estos sistemas, además de reducir la tensión o potencia, también disponen de una función de estabilización para corregir los sobre consumos que originan las tensiones superiores a la nominal.

Para el correcto control del sistema y de los ahorros obtenidos, debe estar instalado un sistema de telegestión basado en la unidad de control del Centro de Mando.

3.2.1. Alumbrado con reguladores estabilizadores de flujo

Un alumbrado con reguladores y/o estabilizadores de flujo son aquellos que, mediante la variación de la tensión de la línea eléctrica desde el centro de mando, permitirán poder adaptar el nivel lumínico a las necesidades del alumbrado, consiguiendo un ahorro energético.



Ejemplo de ciclo de los diferentes niveles de tensión en un regulador de flujo. Fuente: AFEISA

Un sistema de alumbrado con reguladores o estabilizadores de flujo, consta de los siguientes componentes:

Centro de mando

- Un regulador y/o estabilizador de flujo en el centro de mando, que variará la tensión de la línea eléctrica en función de las órdenes recibidas y mantiene esta tensión estabilizada en todo momento.
- Un reloj astronómico o equipo de telegestión que da las órdenes de encendido y reducción lumínica al regulador o estabilizador de flujo.

El mantenimiento y reprogramación de los reguladores de flujo, se realizará en el centro de mando.

Punto de luz

- Los reguladores y/o estabilizadores de flujo se utilizan habitualmente con lámparas de descarga y especialmente con las de vapor de sodio. Esto es debido a que se utilizan con reactancias magnéticas que ajustan la tensión de entrada a la salida. En la tecnología LED también se puede utilizar, siempre que el driver LED disponga de la opción de regulación por cabecera.

Este tipo de sistemas aún se encuentran instalados en multitud de alumbrados públicos, pero en la actualidad, las nuevas instalaciones se suelen realizar con alumbrados que incorporan sistemas de ahorro por punto de luz asociados al Driver LED.

3.2.1.1. Equipo de telegestión

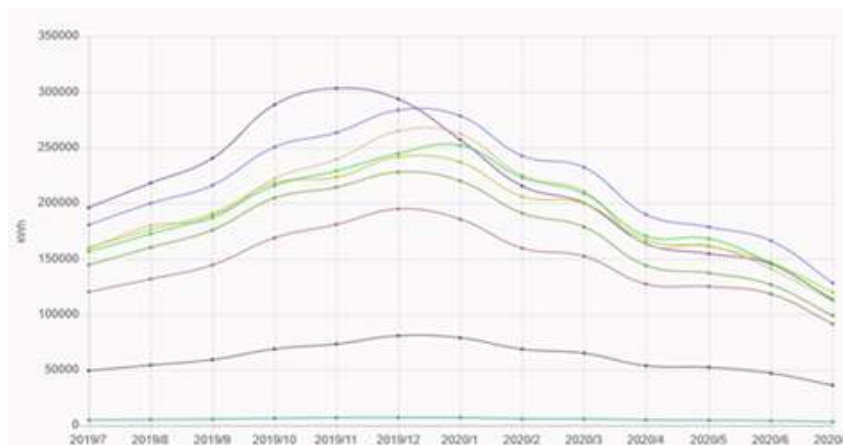
El regulador estabilizador de flujo, puede ir accionado por un reloj astronómico o por un equipo de telegestión. Además de sus funciones de equipo de telemando explicadas en apartados anteriores, dispone de funciones adicionales orientadas a garantizar la gestión de la eficiencia energética.

Ejemplo de ello son:

Registro de parámetros eléctricos y consumos energéticos

Los equipos de telegestión realizan el registro de medidas de forma periódica, desde el encendido del alumbrado hasta su apagado, siendo el periodo de registro de 15 minutos el más habitual.

Los principales parámetros eléctricos que se registran por cada fase, son los contadores de energía activa y reactiva trifásica, tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia.



Media mensual del consumo de varios centros de mando Fuente: AFEISA

También es de interés disponer de contadores de horas de funcionamiento para cada una de las salidas a relé para el mando: astronómico del alumbrado, del sistema de ahorro y de otros circuitos de maniobras.

Control de alarmas

El equipo de telegestión podrá detectar alarmas generadas por la lectura de los parámetros eléctricos como consignas de máximos y mínimos de los parámetros eléctricos y/o estados de funcionamiento de las lámparas, entre otros.

También deberá controlar entradas de alarma a partir del cambio de estado de funcionamiento de diferenciales, contactores, conmutador manual, control de puerta, etc.

Registro de otros parámetros

El equipo de telegestión podrá leer otros sensores como el aislamiento eléctrico de la instalación, sondas ambientales, temperatura, ruido, etc.

3.2.2. Alumbrado con sistema de ahorro por puntos de luz

El sistema de ahorro por punto de luz, permite definir los diferentes niveles lumínicos que tendrá el alumbrado durante la noche, consiguiendo un notable ahorro energético durante las horas de menor nivel lumínico.

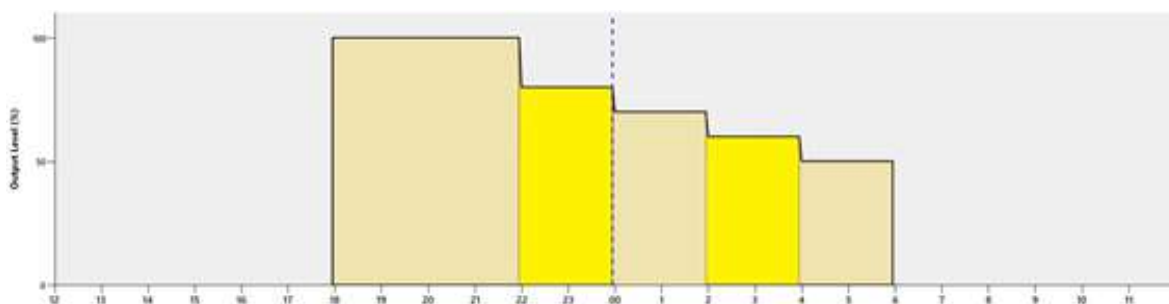


Imagen ejemplo de los diferentes niveles nocturnos programados en un control por punto de luz. Fuente: Vossloh

Un sistema de control por punto de luz consta de los siguientes componentes:

- Un reloj astronómico o equipo de telegestión en el cuadro eléctrico, que realizará el control del encendido horario a los dispositivos de control instalados en cada luminaria.
- Un dispositivo de control instalado en cada luminaria que permite ser programado y reprogramado posteriormente, con el nivel lumínico de encendido y sus diferentes niveles lumínicos durante la noche.

Inicialmente el dispositivo de control debe ser programado con la situación horaria en la que será instalado para poder aplicar las variaciones horarias producidas durante la noche debido a sus necesidades lumínicas.

El dispositivo de control puede estar integrado en el propio driver.

Se recomienda que este dispositivo disponga de la opción de lectura del programa actual, para poder comprobar la programación a posteriori y para copiar/pegar el programa de un dispositivo a otro.

- Un driver de corriente constante en cada luminaria, para poder actuar sobre los módulos LED. El driver debe tener comunicación (DALI o 1-10V) para comunicar con el dispositivo de control.

La gran ventaja de este sistema es que el dispositivo de control no requiere de complejas puestas en marcha y el fabricante del alumbrado ya envía el alumbrado con el dispositivo de control programado según las especificaciones de cada proyecto de alumbrado. Además, cualquier modificación sobre el nivel de encendido o niveles lumínico-nocturnos se pueden reprogramar fácilmente desde el cuadro eléctrico o de manera remota si se dispone de sistema de telegestión.

La comunicación para la reprogramación de los diferentes dispositivos de control desde el cuadro eléctrico se realiza mediante la línea eléctrica (PLC: Power Line Communication). Es una comunicación PLC unidireccional que no dispone de límite de dispositivos a comunicar ni distancias máximas, mientras llegue la línea eléctrica existe comunicación y se puede reprogramar. La reprogramación se realizará aguas abajo de cada contactor del cuadro eléctrico. En el caso de querer reconfigurar solo una parte del alumbrado, se deberán dejar abiertos aquellos contactores que actúen sobre las luminarias que no queremos reconfigurar.

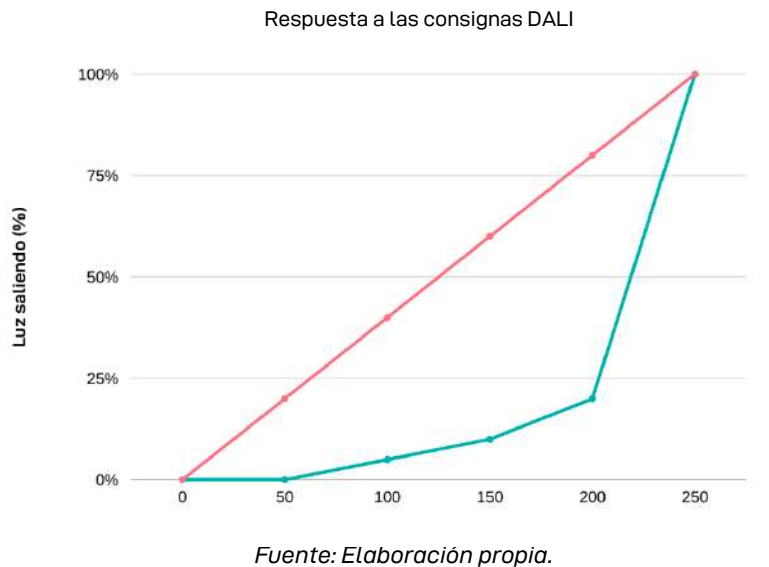
En un sistema de ahorro por punto de luz, la comunicación mediante la línea eléctrica entre el cuadro eléctrico y los dispositivos de control de cada luminaria es unidireccional, emitiendo la secuencia de configuración desde el centro de mando y dejando los dispositivos de control reprogramados para que actúen sobre cada una de las luminarias.

El dispositivo de control puede ser externo y compatible con los diferentes drivers, al utilizar protocolos de regulación, o estar integrados en el propio driver.

3.2.2.1. Protocolos de regulación

Para controlar los drivers hay dos protocolos de regulación ampliamente extendidos DALI y 1-10V. El primero de ellos, DALI es una señal digital bidireccional e identificada capaz de comunicar diferentes elementos de iluminación, unidos por un simple bus de datos (dos hilos), y poder formar grupos independientes de un modo lógico (a través de software).

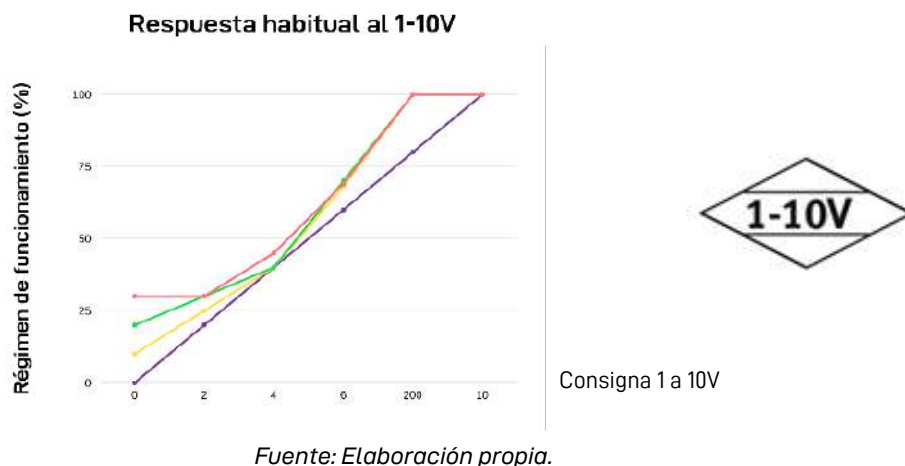




Para controlar y poder parametrizar las luminarias DALI, deberemos instalar un elemento de control que lo permita. Generalmente estos dispositivos pueden gestionar hasta 64 drivers (64 luminarias independientes).

Por otro lado, el sistema 1-10V permite la regulación del flujo luminoso, entre alrededor del 10 y el 100%, mediante una señal analógica que llega a los equipos a través de una línea de control adicional de dos hilos desde el centro de mando o el dispositivo de control de la luminaria. Estos hilos de control poseen una polaridad positiva y negativa respectivamente que hay que respetar a la hora de realizar el cableado.

La señal analógica tiene un valor de tensión continua entre 1V y 10V, obteniéndose el nivel mínimo de luz con 1V o cortocircuitando la entrada de control del equipo, y el máximo nivel de luz con 10 V o dejando la entrada de control en circuito abierto.



Mediante la línea de control solo se puede realizar la regulación del flujo luminoso, el encendido y el apagado de la luz, que puede tener lugar en cualquier momento de la regulación, se realiza mediante un interruptor colocado en la línea de alimentación del equipo. Ambas líneas, la de control y la de alimentación, se encuentran separadas eléctricamente entre sí.

Cuando la línea de control proviene desde el centro de mando, la longitud de su cableado está limitada por la caída de tensión que se produce a lo largo de la misma, por tanto, la máxima distancia está limitada por el número de equipos a controlar conectados. Estos últimos fijan la corriente por la línea y la sección del cable usado.

3.2.2.2. Equipo de telegestión para punto de luz

La incorporación de un equipo de telegestión a un alumbrado con sistema de ahorro con punto de luz debe de permitir, además de las funciones descritas anteriormente para la gestión de la eficiencia energética, facilitar el control del funcionamiento del sistema de ahorro.

Por ejemplo, el control del estado de las luminarias se puede realizar mediante la medición del consumo eléctrico en el centro de mando. En el caso de tener consumos inferiores a los preestablecidos, el equipo de telegestión instalado en el centro de mando permite dar avisos a los servicios de mantenimiento.

Otra cuestión importante es que incorpore la función de reprogramación mediante la línea eléctrica, para poder realizar la reprogramación de los puntos de luz a distancia y sin necesidad de desplazarse al Centro de Mando.

3.3. GRADO 3: SISTEMA DE TELEGESTIÓN

El grado 3 implica la instalación e integración de los equipos de control y ahorro necesarios para el control global del funcionamiento de las instalaciones de alumbrado, incluyendo la posibilidad de comunicación con otros elementos como los relés de protección diferencial o los contadores de energía de las compañías.

Para obtener el mejor funcionamiento de la instalación y ahorro energético, el control y actuación puede llegar a realizarse para cada una de las líneas de salida, llegando a poder controlar hasta cada punto de luz de forma individual.

Este tipo de control es el que puede generar un máximo ahorro y optimización de la instalación, al integrar en una plataforma de telegestión, los equipos de control de los diferentes grados.

3.3.1. Sistema de telegestión de centros de mando

Los sistemas de telegestión que gestionan las unidades de control comentadas anteriormente deben estar diseñados para administrar de forma escalable desde pequeños a grandes proyectos que requieran de una gestión continuada de estas instalaciones eléctricas alumbrado público.

Estos sistemas deben disponer información detallada de las instalaciones y herramientas para la gestión de estas, los datos registrados por los equipos de telemando o de telegestión son tratados y transformados en información práctica de los principales parámetros de funcionamiento de la instalación.

La información debe aparecer de forma ordenada y simplificada, para facilitar la toma de decisiones, ya que estas decisiones aportan un alto grado de fiabilidad en las medidas tomadas y la comprobación posterior de los resultados obtenidos.





Visualización del tipo de alarmas e incidencias registradas Fuente: AFEISA

Una de las ventajas de esta gestión continuada, es que nos permite visualizar y monitorear permanentemente aspectos fundamentales de la instalación, como los eventos de funcionamiento, las variables de los parámetros eléctricos, los consumos energéticos, así como las alarmas que suceden en las instalaciones. De esta manera podemos detectar anomalías en el funcionamiento, verificar sus efectos y actuar de forma inmediata.

Con tal de facilitar la gestión y simplificar la supervisión del estado de las instalaciones estos sistemas deben aportar resúmenes del funcionamiento diario y evolutivo de las instalaciones.

A través de estos informes nos van a permitir la identificación de oportunidades de mejora que nos ayudarán a determinar qué acciones de gestión son las más precisas para mejorar el rendimiento de la instalación.

La capacidad de estos sistemas en apoyarse en planos cartográficos permite la localización de las instalaciones a partir de unos mapas interactivos, por lo que con una simple visualización nos permite la localización geográfica de las instalaciones, facilitando la supervisión de su estado y el mantenimiento de las instalaciones.

Para la gestión de la eficiencia energética dispone de herramientas para el análisis con múltiples formatos de filtrado y representación gráfica de contadores de energía, activa y reactiva, así como el análisis cuarto horario de los parámetros eléctricos.

También el sistema de telegestión va a controlar el correcto funcionamiento de las maniobras programadas en el calendario de los diferentes centros de mando.

El sistema debe permitir el forzado de los circuitos para poder encender o apagar una instalación, así como actuar en el sistema de ahorro; el accionamiento de alumbrados especiales como proyectores de playa o monumentos, actuar sobre ellos.

Pero es muy importante que los equipos de telemando o telegestión deben ser autónomos, es decir, que ante pérdidas de comunicación con el sistema de telegestión, siempre efectuarán las programaciones de encendidos y apagados que tenga programadas.

3.3.1.1. Comunicación con los centros de mando

La información de los equipos de telegestión que controlan cada uno de los centros de mando se debe centralizar, almacenar y gestionar en una plataforma de telegestión. Esta información se puede transmitir básicamente de dos maneras: de forma cableada o por radio frecuencia.

Actualmente la forma más habitual de comunicación cableada es una red LAN de fibra óptica, con los consecuentes costes de infraestructura y de mantenimiento de la misma. También existen redes de cable de par trenzado, aunque su alcance normalmente es menor.

Entre las redes de radiofrecuencia, inicialmente las más utilizadas era crear una red propia de radio módems, pero los costes de este tipo infraestructura y la necesidad de mantenerla, obligó a buscar otras alternativas.

La utilización de las redes M2M de las operadoras de telefonía, es la opción más utilizada para la comunicación con los equipos de telegestión del centro de mando. Su principal ventaja es utilizar una red existente, que mantiene y actualiza la operadora, junto a que permite el envío de los datos directamente a una plataforma en la nube. Lo que implica que hay que pagar un coste mensual a la operadora, aunque la limitada cantidad de datos transmitidos y la cantidad de centros de mando de una ciudad hace que sus costes sean asumibles.



Modem M2M para la comunicación de equipos de telegestión. Fuente: AFEISA

Existen otras alternativas de comunicación por radiofrecuencia que veremos con más detalle en el apartado de Tecnologías inalámbricas.

Para asegurar la transmisión de datos y garantizar que estos se encuentran a salvo de usos fraudulentos, es aconsejable usar una conexión sobre una red que incorpore mecanismos para realizar una conexión segura y ofrecer garantías de que los datos son empleados exclusivamente por la aplicación en cuestión de una manera securizada.

3.3.1.2. Plataformas de telegestión de centros de mando

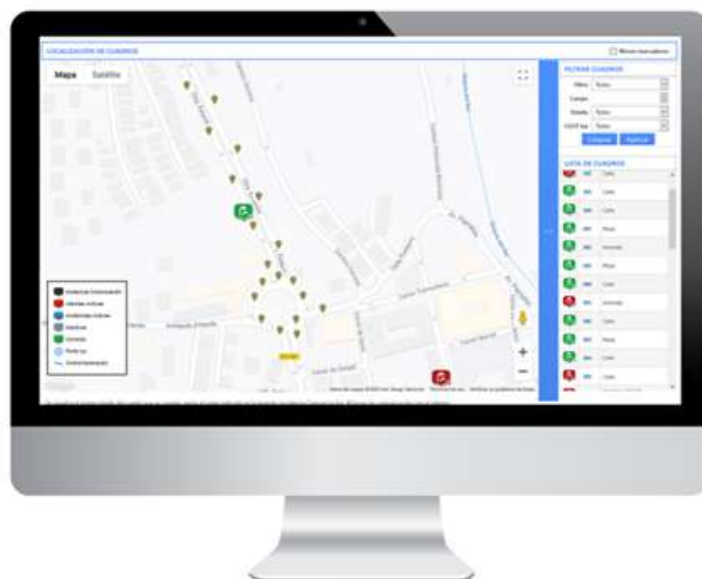
Existen diferentes plataformas que permiten la gestión del alumbrado y que en mayor o menor medida son abiertas e interoperables. Como ya comentaremos en el punto de Interoperabilidad, es aconsejable que el sistema que se utilice sea integrable en plataformas horizontales de Smart City e interoperable con otras soluciones que disponga la ciudad.

Otras cuestiones fundamentales son la facilidad de: acceso, incorporación de actualizaciones y el mantenimiento; lo que depende en gran medida del tipo de plataforma que dispongamos.

Existen básicamente dos maneras de alojar y acceder a las plataformas para la gestión del alumbrado, esta puede estar alojada en un proveedor de servicios en la nube o alojada en un servidor local que puede ser del propio cliente.

En el caso del servidor local, la primera diferencia es que la puesta en servicio es mucho más compleja y requiere de la colaboración de los servicios informáticos del propio ayuntamiento o cliente final. Además, al depender de estos, en caso de un fallo del servidor, el sistema no funcionará. Para la administración de la aplicación y las actualizaciones del software se deberán coordinar entre usuario y proveedor de la aplicación. Todos los datos permanecen en las instalaciones del usuario y es este el responsable de realizar las copias de seguridad de datos y la gestión de la seguridad. El usuario generalmente paga el coste del software una única vez, más el coste adicional por la integración de la infraestructura de hardware y del software en el servidor. Además, los servicios de soporte (por ejemplo, servicio de asistencia) y las actualizaciones de software tienen unos costes adicionales.

En el caso de un proveedor de servicios en la nube, el acceso a la aplicación se realiza a través de sesiones de usuario encriptadas usando una conexión segura (https). La administración de la aplicación (actualizaciones, seguridad, etc.) la realiza el proveedor del sistema de telegestión. El cliente entra al software a través de su perfil donde dispone de usuario y contraseña. Además, dependiendo del aplicativo, existirán diferentes tipos de roles o perfiles: técnico, administrador, visualizador, etc. Asimismo, se debe disponer de accesos mediante autenticación, para evitar que personas o dispositivos ajenos puedan acceder a la red.



Fuente: AFEISA

Es aconsejable que los sistemas que se implanten sean sostenibles en el tiempo, por lo que disponer de un servicio de Software as Service (SaaS) es recomendable, ya que facilita la actualización del software, bugs, mejoras en el sistema, etc. Las actualizaciones de software hacen que los sistemas sean siempre robustos y se evite la entrada de futuros hackers.

Estas plataformas de acceso en la nube, normalmente implica una tarifa de servicio y se enmarca dentro de un contrato de SaaS (Software as a Service).

3.3.1.3. Principales funciones de un sistema de telegestión

Registro de parámetros eléctricos y consumos energéticos

El control de consumos desde el cuadro de alumbrado, está ampliamente extendido y tiene sentido tanto para el mantenedor/instalador como para el propio ayuntamiento para la gestión energética de su instalación.

Los principales parámetros eléctricos que se registran pueden ser por cada fase de: contadores de energía activa y reactiva trifásica, tensión, corriente, potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia.

También es de interés disponer de contadores de horas de funcionamiento para cada una de las salidas a relé para el mando: astronómico del alumbrado, del sistema de ahorro y de otros circuitos de maniobras.

Control de alarmas

Los equipos de telemando o telegestión podrán detectar alarmas generadas por la lectura de los parámetros eléctricos: consignas de máximos y mínimos de los parámetros eléctricos, estados de funcionamiento de las lámparas, etc.

También deberá controlar entradas de alarma a partir del cambio de estado de funcionamiento de diferenciales, contactores, conmutador manual, control de puerta, etc.

Registro de otros parámetros

Las unidades de telegestión podrán leer otros sensores como el aislamiento eléctrico de la instalación, sondas ambientales, temperatura, ruido y otras....

Comunicación con la unidad de control

La comunicación debe de ser on-line, recibiendo el sistema las alarmas prioritarias en tiempo real. El resto de las alarmas y eventos, sí se pueden descargar de forma periódica, por ejemplo, una vez al día.

Es también fundamental que el equipo de telemando o telegestión, disponga de la posibilidad de enviar una alarma al sistema de que no hay tensión en el centro de mando, puesto que frente a una falta de comunicación con los equipos hay que poder diferenciar si es por falta de tensión en el cuadro, alarma prioritaria, o es un problema de comunicación.

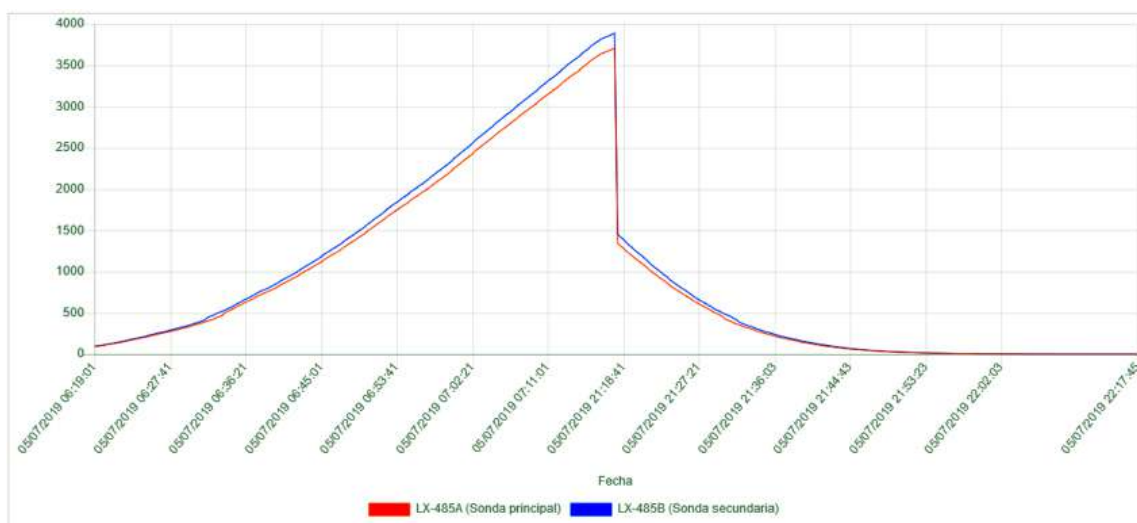


3.3.1.4. Otras funciones y sistemas de telegestión

Sistemas de control de accionamiento a partir de la iluminación natural ambiente

Existen sistemas que condicionan el control del accionamiento de los centros de mando con telegestión, a partir de la supervisión on-line del nivel de iluminación ambiente de una ciudad o área. Lo que permite actuar de forma automática en situaciones críticas o especiales, en que los fenómenos meteorológicos pueden afectar al nivel de iluminación de luz natural de las diferentes calles de una ciudad y hacer necesaria la utilización del alumbrado artificial.

Este tipo de solución trabaja de forma similar a una fotocélula, pero utilizando sondas luxométricas de alta precisión donde detecta un nivel de iluminancia y este envía una orden al sistema de telegestión para que este fuerce el encendido o apagado del alumbrado de todos los cuadros de alumbrado asignados. En caso de no recibir ninguna orden, el equipo de telegestión del centro de mando realiza los encendidos y apagados programados astronómicamente.



Medida del nivel de iluminancia en lux a la salida y puesta del sol. Fuente AFEISA

De la misma forma, si las condiciones meteorológicas son favorables, se envía órdenes al sistema de telegestión para retrasar la hora de encendido o adelantar la hora de apagado de los cuadros de alumbrado correspondientes.

Normalmente estas soluciones permiten definir diferentes zonas con distintos niveles de actuación por lo que pueden actuar en zonas que sea necesario ajustar la iluminación artificial si los niveles de luz ambiental disminuyen o aumentan.

Regulación del flujo luminoso dependiendo del tráfico

La gestión de la iluminación según el tráfico son soluciones para carreteras con un volumen de circulación fluctuante. Estos sistemas regulan la intensidad luminosa a partir estadísticas obtenidas por el conteo del aforo de la vía a través diferentes técnicas como radares, visión artificial, aforo neumático y otros.

Esta información es tratada en el sistema de telegestión y actúa según la parametrización de los datos obtenidos.

3.3.2. Telegestión bidireccional puntos de luz

La diferencia entre los sistemas de ahorro en los puntos de luz comentada en el grado 2 y los sistemas de telegestión del punto de luz es la comunicación bidireccional con la luminaria.

Las soluciones de control de la iluminación bidireccionales nos permiten la conectividad con la luminaria con lo que dispondrá de un control total sobre el funcionamiento y los principales parámetros eléctricos de la luminaria como corriente, tensión y potencia consumida, así como alarmas de funcionamiento en el caso de que se produzcan, y que nos permiten gestionar de forma eficiente la iluminación de las instalaciones de alumbrado exterior

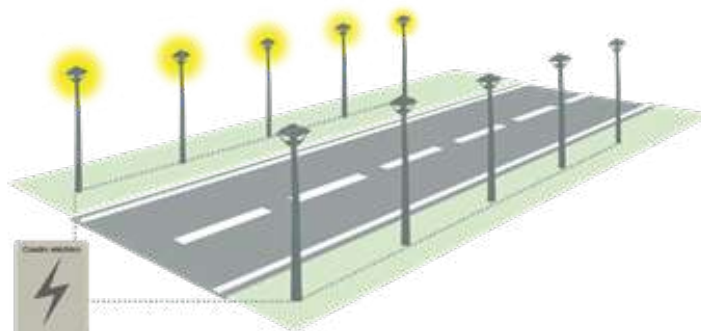
Además la posibilidad de comunicarnos con el driver a través de los principales estándares de comunicación DALI y 1-10V permite también incorporar funciones de ahorro y disponer de un control total sobre la atenuación de la iluminación.

Además, hay que tener en cuenta que la cada vez más creciente demanda de sistemas de telegestión hace que las economías de escala se apliquen a estos productos y por lo tanto los precios de estos equipos tecnológicos bajen. Las principales diferencias entre los diferentes sistemas de telegestión del punto de luz son consecuencia de la tecnología utilizada para comunicarse con el punto de luz. Las tecnologías de comunicación que existen actualmente se detallan a continuación.

3.3.2.1. Telegestión punto de luz por PLC

Telegestión a través del cable (Power Line Communication), es decir utilizando los circuitos de alimentación de las luminarias, para comunicarnos bidireccionalmente mediante una onda portadora.

Los sistemas PLC (Power Line Control) tienen la ventaja que, al ser la transmisión de la información por el propio cable, la luminaria no debe ser modificada para realizar dicha comunicación.



Fuente: Sinapse

Entre los puntos fuertes podemos destacar:

- Aprovechamiento de la propia red.
- Ofrece una rápida respuesta con líneas nuevas.
- Inmune a interferencias Radio.
- Menor afectación de inhibidores.
- Instalación del módulo de comunicación por portadora en el centro de mando lo que facilita su mantenimiento.
- No es necesario incorporar y mantener infraestructura adicional a la de los centros de mando.

Entre las principales debilidades destacar:

- Requiere instalar elementos accesorios como filtros que hay que mantener.
- Equipos más costosos pues son equipos conectados a mucha carga.
- Sensibilidad a los ruidos Electromagnéticos provocados en la ciudad (maquinas, tranvías, iluminación pública).
- Emparejamientos y diafonías cable a cable (variable según el estado del cable).
- Limitación en banda de onda portadora.

3.3.2.2. Telegestión punto de luz por RF

Telegestión a través de Ondas (Radio Frequency), es decir utilizando determinadas frecuencias de radio e instalando una red de comunicaciones propia, por encima de la red eléctrica.

Los beneficios de la conectividad inalámbrica entre otros son el ahorro en cableado, la flexibilidad a la hora de desplegar e instalar sistemas de control que permite la posibilidad de control en instalaciones viales que, hasta ahora resultaba poco rentable con el uso del cableado.



Fuente: Sinapse

Entre los puntos fuertes podemos señalar:

- La zona telegestionada es independiente de la configuración eléctrica (circuitos).
- Recomendado para lugares donde la red eléctrica no es estable.
- No requiere cableado nuevo (no depende del estado del cable), ni elementos accesorios como filtros.
- Posibilidad de expansión del sistema para integración de otros sensores en la ciudad.



Fuente: Sinapse

Como principales debilidades podemos encontrar:

- Es necesario incorporar y mantener infraestructura adicional como: concentradores, gateways, repetidores, etc.
- Requiere un cálculo previo de cobertura, dimensionamiento, etc.
- Obstáculos radio deben ser contorneados.
- Zonas con inhibidores.

En los sistemas radio, en la mayoría de los casos, se debe habilitar una salida física para permitir la comunicación de los equipos bien a través de antenas o de estándares previamente definidos. Lo que puede modificar el aislamiento, inmunidad y certificación de la luminaria.

3.3.2.2.1. Integración en las luminarias

Una alternativa es utilizar un estándar de integración de hardware en la luminaria, que garantiza que el conjunto de la luminaria pueda certificarse con un determinado estándar y posteriormente incorporar módulos compatibles certificados, así como sustituirlos por otros al ir evolucionando la tecnología.

En cuanto a los estándares hay, básicamente dos sistemas que se están imponiendo la conexión NEMA y ZHAGA. Estos estándares permiten disociar los sistemas de telegestión de las luminarias, facilitando la expansión de las soluciones pues estas no están sujetas a la integración en las luminarias y permiten tanto a los instaladores como al cliente final (ayuntamientos, diputaciones, consejos comarcales, etc.) disponer de equipos compatibles.

- Sistema NEMA: La National Electrical Manufacturers Association (NEMA) (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) es una asociación industrial estadounidense, creada el 1 de septiembre de 1926. Este organismo es el responsable de numerosos estándares industriales comunes usados en el campo de la electricidad. Entre otros, la NEMA ha establecido una amplia gama de estándares para encapsulados de equipamientos eléctricos. En el caso del alumbrado, el estándar utilizado es el ANSI C136.41 que permite una conectividad "plug and play" de los equipos. Mediante estos encapsulados utilizados para la incorporación de fotocélulas, se pueden implementar equipos de telegestión para mejorar la eficiencia energética con las capacidades de dimming y control que estos proporcionan. A través de la regulación 0-10 VCC o "DALI" (Digital Addressable Lighting Interface). La interconexión se consigue a través de un sistema de bloqueo mediante un giro. El sistema más extendido en la actualidad dada su versatilidad es el NEMA ANSI C136.41 7 pines pues permite la regulación tanto de 1-10V como DALI. Indicar que son conexiones a 120 o 240 VAC lo que implica unos requisitos de seguridad eléctrica a tener en cuenta.
- Sistema ZHAGA: El Consorcio Zhaga es una organización internacional, fundada en febrero de 2010, que establece especificaciones industriales de interfaces para componentes utilizados en luminarias LED. Las especificaciones de Zhaga, que se denominan "Books", abordan las interfaces eléctricas, mecánicas, ópticas, térmicas y de comunicación y permiten la interoperabilidad de componentes. La comunidad Zhaga incluye a fabricantes de luminarias, fabricantes de lámparas, productores de módulos LED y compañías que suministran componentes y material a la industria de iluminación. Indicar que son conexiones a 24 VDC, es decir a Muy Baja Tensión de Seguridad.

Hoy en día y con la irrupción de las Smart Cities cada vez más municipios se están interesando por los métodos de control existentes. Un informe reciente de Navigant Research declaró "El alumbrado público inteligente está siendo reconocido por muchos líderes de la ciudad, como el primer paso hacia el desarrollo de ciudades inteligentes". En esta búsqueda de sistemas, NEMA tiene la ventaja que es una tecnología con un amplio bagaje y totalmente contrastada. Por otro lado, no hay que menospreciar las ventajas del sistema Zhaga que reduce el tamaño de los nodos



y garantiza una mayor seguridad eléctrica. Este punto es muy importante para la estética de las luminarias que finalmente son las que establecen la fisonomía y carácter de las ciudades. A pesar de todo esto, todavía hay muchos nodos que van incorporados dentro de las luminarias pues el diseño es un valor a tener en cuenta tanto por las administraciones como por los arquitectos.

3.3.2.2. Tecnologías inalámbricas

Dado que continuamente están surgiendo nuevos desarrollos inalámbricos y existen multitud de tecnologías: Wifi, NB IOT, Zigbee, Bluetooth, Bluetooth Mesh, LORA, Sigfox, 4G/5G, 6LoWPAN, etc. y todavía no se ha impuesto ninguna de ellas, surgen dudas a la hora de decidirse por alguna de ellas. Principalmente, podemos agrupar las redes en:

- Licenciado (NB-IoT (depende del país), Sigfox, 2G, 3G, 4G, 5G)

Acceso basado en tarifas.

El uso de este tipo de comunicación habitualmente directa a la nube (tecnología licenciada), hace que sea muy útil y segura. Puesto que no son necesarios gateways, su gran velocidad de transmisión, y el hecho de que esta tecnología, ya sea 2G, 3G o 4G, cubre casi la totalidad del planeta, hace de su uso uno de los medios de comunicación más usados en determinadas plataformas verticales de gestión de Smart City. El hecho singular de que el alumbrado público abarca un gran número de dispositivos hace que los gastos en comunicación sean muy importantes y por lo tanto este tipo de tecnología es de difícil implementación de forma masiva, aunque hay que tener en cuenta que la evolución del 5G puede hacer que esto cambie.

- Sin licencia (Aplicaciones ISM) (Wifi, NB-IoT, Zigbee, Bluetooth, Bluetooth Mesh, LORA, 6LoWPAN, etc.) Aunque en la mayoría de casos el pago de licencia se realiza al comprar el dispositivo, puesto que el fabricante paga un coste o royalty al organismo o asociación que gestiona la tecnología.

Acceso gratuito concedido a todos los usuarios.

Las principales bandas de frecuencia por zona son:

- Europa: 315Mhz, 433Mhz, 868Mhz, 2.4Ghz
- Asia-Pacífico: 315 MHz, 2.4Ghz
- Oriente Próximo y África: 433 MHz, 2.4Ghz
- Nueva Zelanda: 864-868 MHz, 915-928 MHz, 2.4Ghz
- América y Asia: 915 MHz, 2.4Ghz
- India: 865-867MHz, 2.4Ghz
- Australia: 915-928 MHz, 2.4Ghz
- Japón: 920 MHz, 2.4Ghz

Podemos agrupar ahora las tecnologías enmarcadas dentro de las bandas ISM:

- Tecnologías basadas en LPWA (Red Amplia de Baja Potencia)
 - LoRaWan: las redes LoRaWAN son redes específicas que se despliegan "ad hoc" para implementar equipos de baja transferencia de datos. La red pertenece a la empresa que la despliega y principalmente se usa para equipos IoT. Si cae un repetidor, se cae toda la red. Es decir, la red no se basa en otras tecnologías para evacuar los datos, como 3G/4G/GPRS, dependientes de operadores de telefonía, aunque se pueden instalar gateways para esta función.
 - Sigfox: Es la solución de un operador de red global (Abertis/Cellnex) e implementa redes inalámbricas para conectar dispositivos de bajo consumo. Principalmente se ha usado para medidores eléctricos, centrales de alarmas o relojes inteligentes, que necesitan estar continuamente encendidos y enviando pequeñas cantidades de datos.

- Radiofrecuencias basadas en el estándar IEEE 802.15.X
 - Bluetooth: establece una comunicación de corto alcance y 1Mbps. Bluetooth se basa en el estándar IEEE 802.15.1. Está pensado para pequeños equipos de la informática personal, puede ser una solución para poder comunicar a pequeña escala (por ejemplo un Driver, para poder comprobar y programar una luminaria in situ o zonas de corto alcance). Utiliza la banda 2.4Ghz.
 - Wi-Fi: se basa en el estándar IEEE 802.11. Es muy fácil de instalar y gestionar, además, existen múltiples dispositivos ya con antenas WiFi para integrarlos. Tiene el problema del corto alcance de la red. WiFi Max, se desarrolló para amplificar estas distancias, el principal problema es el alto consumo que tendrían los nodos con este tipo de antenas, y que estaríamos desperdiciando mucho ancho de banda si establecemos una red como esta para dispositivos de bajo nivel, como son los nodos de una red Smart city. Utiliza normalmente las bandas 2.4Ghz o 5 Ghz.
 - ZigBee: se basa en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas. Sus características principales son que tiene un bajo consumo, dispone de una red mallada, lo cual lo hace muy robusto, su integración es muy sencilla, y ha tenido un gran desarrollo mundial. Principalmente para usos domésticos. Puede utilizar las bandas 868 MHz (Europa), 915 (USA). Aunque principalmente se usa 2.4 GHz.
 - 6LowPAN: se basa también en el estándar IEEE 802.15.4. Dispone de red mallada, tiene bajo consumo y dispone de una mejor adaptación al IoT, pues posibilita el uso de IPv6 y la comunicación directa de los equipos con otros dispositivos IP. Ofrece libertad de bandas de frecuencia.

Teniendo en cuenta la topología de la iluminación en el alumbrado público donde son importantes factores tales como:

- Interdistancia de los puntos de luz (entre 20 – 40 metros)
- Obstáculos para la comunicación, como: edificios, arbolado, etc.
- Aspectos meteorológicos: lluvia, niebla, etc.

Hace que sea recomendable el uso de tecnologías que funcionen en bandas sub-GHz ($\leq 1\text{GHz}$), es decir: 433Mhz, 868Mhz, 915Mhz, (LoRaWan o SigFox) ya que tiene mayor alcance 2 o 3 veces mayor que los standards que trabajan a 2.4GHz. El coste de la implementación es relativamente bajo y el consumo de energía es bajo. Estas tecnologías están reguladas por países, por lo que se debe comprobar que la frecuencia de la solución se ajusta a la legislación vigente. Por otro lado, debido a la propia tecnología, una solución basada en Bluetooth o WiFi, dispone de menor alcance y posteriormente se deberán tener en cuenta pasarelas.

Por todo ello, es importante conocer el tipo de configuración de red, para asegurar la calidad de la comunicación. Existen principalmente dos tipos:

- Comunicación directa entre una serie de puntos y el Gateway de manera individual requiere de una configuración individual detallada y por lo tanto más costosa. Además, los puntos se deben ver o disponer de poca distancia con el concentrador.
- Comunicación mesh/malla: cada dispositivo es capaz tanto de transmitir información como de reenviar aquella que recibe, pudiendo saltar la información y haciendo que la distancia con el Gateway sea mayor. Podremos controlar entre 150 - 300 luminarias (dependiendo de la topografía del terreno, así como de la topología de la instalación) separadas entre sí.

La ampliación de este tipo de despliegues requiere tan solo de añadir más gateways desplegando una red como la anterior a su alrededor.



3.3.2.3. Telegestión punto de luz por IoT

Telegestión de cada punto de luz a través de la red celular (red celular de telefonía móvil), es decir instalando y contratando una tarjeta SIM en cada punto de luz).

Entre las fortalezas de este tipo de telegestión podemos apuntar:

- Redes celulares mantenidas por las operadoras de telefonía
- Reducción de elementos redundantes (no hacen falta instalar y mantener infraestructura adicional como concentradores/gateways).

Como principales debilidades:

- El punto de luz es fijo y no se puede ir desplazando en busca de mejor cobertura.
- La red y cobertura depende de los usuarios totales, así como del operador.
- Gastos en comunicaciones fijos por cada punto de luz.
- Dependencia del operador y cliente cautivo, para cambiar de operador hay que reemplazar la tarjeta SIM.
- Posibles ataques cibernéticos y sobrecostes en comunicaciones.

3.3.3. Otras funcionalidades de la telegestión punto de luz

A parte de las funcionalidades comentadas los sistemas de telegestión del punto de luz pueden disponer de elementos adicionales que permitan disponer de otras funcionalidades añadidas a las comentadas.

3.3.3.1. Geolocalización

Existen determinados equipos de telecontrol que disponen de geolocalización mediante comunicación GPS para poder realizar a posteriori un seguimiento de equipos, así como hacer una planificación de regulaciones teniendo en cuenta la ubicación de los mismos. La geolocalización puede venir dada porque la luminaria dispone de un chip GPS o bien con alguna herramienta externa que geolocalice el equipo en cuestión con sus coordenadas.



Fuente: Sinapse

A la hora de valorar estas tecnologías se deben tener en cuenta aspectos como el sobrecoste que supone integrar esta tecnología en cada uno de los equipos. Movilidad de las luminarias, pues en términos generales, estos elementos son estáticos. También se ha de tener en cuenta la precisión de los equipos GPS pues siempre hay márgenes de error.

3.3.3.2. Sensorización

Las luminarias son un elemento que por su idiosincrasia: hay en toda la ciudad, cada pocos metros (30/40 metros) y disponen de toma de red eléctrica, hacen que sea un lugar ideal para incorporar nuevos elementos IoT para la obtención de datos de la ciudad.



Fuente: Sinapse

Estos sensores los podemos dividir en:

- Sensores/actuadores que interactúan con las luminarias
 - Sensor de ruido con incremento de la luminosidad
 - Sensor de movimiento
- Sensores/actuadores ajenos al funcionamiento de la iluminación
 - Partículas en suspensión, pluviómetro, humedad, etc.

3.3.4. Sistema de telegestión de los puntos de luz

Tal y como hemos visto, existen diferentes formas de enviar y recibir los datos desde los puntos de luz dependiendo del tipo de tecnología utilizada en el alumbrado conectado.

En el caso de tecnología IoT con comunicación 3G/4G/5G cada punto de luz comunicará directamente con la plataforma de telegestión en la nube.



Fuente: Sinapse

Con el resto de tecnologías tendremos que ir a parar a un equipo concentrador que transmitirá la información a la plataforma de telegestión. Mediante un sistema de comunicaciones por: cableado (ethernet/fibra), inalámbrico (3G, LTE, 4G) o WiMax.



En la tecnología por PLC el equipo concentrador está ubicado en el centro de mando y normalmente se comunicará junto con el equipo de telegestión del propio centro de mando, para el envío de la información a la plataforma de telegestión.

En la tecnología por RF los equipos concentradores están ubicados en diferentes puntos de la instalación y normalmente se comunicará de forma independiente al equipo de telegestión del centro de mando, para el envío de la información a la plataforma de telegestión.

Los sistemas de telegestión del punto de luz, normalmente incorporan un sistema de telegestión del centro de mando.

Existen diferentes tipos de sistemas de telegestión punto a punto, con mayor o menor capacidad de control. Sin embargo, todas ellas tienen unas funcionalidades comunes mínimas como son:

- Posibilidad de crear grupos de luminarias para ser telegestionadas.
- Posibilidad de apagado/regulación individual de cada punto de luz.
- Programación para cada punto de luz o grupos.
- Configuración de grupos de luminarias para ser telegestionadas.
- Posibilidad de variar las regulaciones por grupo/horario y según calendarios.
- Posibilidad de crear curvas de regulación específicas para festivos y eventos.
- Medición de potencias activas por cada punto de luz.
- Detección de fallo de lámpara individual para mejorar la calidad de servicio y mantenimiento.

Actualmente muchas de las licitaciones exigen que el control de consumo sea punto a punto. En este aspecto, el control punto a punto te permite obtener una cantidad de información muy elevada como puede ser:

- Conocer si se está realizando la regulación.
- Conocer el estado de las luminarias.
- Conocer si hay picos de tensión.

Todo esto también debe llevar asociado un acompañamiento para la gestión de todos estos datos pues esto puede llegar a suponer que el exceso de información sea un hándicap a la hora de llevar la gestión de la instalación. Además, este control de consumos, en muchos casos, supone que el coste en hardware sea más elevado, lo que implica que el coste de la instalación suba y, por lo tanto, esta tipología de control de consumo no es necesario. A pesar de ello, es importante remarcar que en determinadas circunstancias el control de consumos punto a punto puede facilitar una información de alto valor.

4

Adecuación de las tecnologías en función de las necesidades a cubrir

En los diferentes tipos de alumbrado en donde se suele aplicar las tecnologías expuestas anteriormente son:

- Alumbrados viales.
- Alumbrado residencial.
- Alumbrados de parques y jardines.
- Alumbrado comercial.
- Alumbrado industrial.
- Alumbrado Ornamental.
- Alumbrado festivo y navideño.
- Alumbrado de zonas deportivas.
- Otros.

La tecnología a elegir dependerá del tipo de alumbrado, pero sobre todo de las necesidades o prestaciones que, requeridas en cada instalación, por lo que a continuación vamos a relacionar las diferentes prestaciones con las posibles tecnologías, para cada uno de los grados indicados.



4.1. GRADO 1: ALUMBRADO CON SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

PRESTACIONES	ENCENDIDO Y APAGADO	PRECISIÓN EN LA ACTUACIÓN	AHORRO POR AJUSTE DE +/- MIN.	PLANTILLAS Y CALENDARIOS	TELEMANDO A DISTANCIA	CIRCUITOS DE SALIDA INDIVIDUALES	MANTENIMIENTO DEL RELOJ INTERNO
FOTOCÉLULA	En función de la luminosidad	Depende de fenómenos atmosféricos	Ajuste de los luxes de actuación	No dispone ni de plantillas ni calendarios	No es posible	Solo una salida	Periódico para limpiar fotocélula o ajustar
RELOJ ASTRONÓMICO POR TABLAS	Por tablas de zonas geográficas	Desviaciones respecto a la coordenada de referencia	No adecuado, imprecisiones por el sistema de tablas	En función de laborable o festivo	No es posible	Máximo 2 salidas: astronómica y ahorro	Periódico para ajustar el reloj interno
RELOJ ASTRONÓMICO POR CÁLCULO	Por cálculo astronómico	Preciso con coordenadas en grados y minutos	Programable en función del tipo de día y calendario	Calendario: día de la semana, festivos y rango de fechas	No es posible	3 salidas: astronómica, ahorro y ornamental	Periódico para ajustar el reloj interno.
RELOJ ASTRONÓMICO GPS INTERNO	Por cálculo astronómico y coordenadas exactas	Máxima precisión en coordenadas y reloj, vía GPS	Máxima precisión y programable con calendario	Calendario: día de la semana, festivos y rango de fechas	No es posible	3 salidas: astronómica, ahorro y ornamental	No precisa mantenimiento para ajustar el reloj (GPS)
RELOJ ASTRONÓMICO REPROGRAMABLE	Por cálculo astronómico	Preciso con coordenadas en grados y minutos	Reprogramable localmente mediante dispositivo	Posibilidad de reprogramación local mediante dispositivo	Telemando local por Bluetooth o mando a distancia	Máximo 2 salidas: astronómica y ahorro	Puesta en hora por Bluetooth o mando a distancia
EQUIPO DE TELEMANDO	Por cálculo astronómico	Máxima precisión en coordenadas y reloj (Internet)	Reprogramable a distancia del tipo de día y calendarios	Plantillas para modificación calendarios por grupos	Telemando desde dispositivos con Internet	3 salidas o más (astronómica, ahorro y ornamental)	No precisa mantenimiento para ajustar el reloj (Internet)
EQUIPO DE TELEMANDO CON ALARMAS	Por cálculo astronómico	Máxima precisión en coordenadas y reloj (Internet)	Reprogramable a distancia del tipo de día y calendarios	Plantillas para modificación calendarios por grupos	Telemando desde dispositivos con Internet	3 salidas o más (astronómica, ahorro y ornamental)	No precisa mantenimiento para ajustar el reloj (Internet)
DRIVER LED	Depende: reloj astronómico o equipo telemando	Depende: reloj astronómico o equipo telemando	Rampa de funcionamiento del driver LED	Depende: reloj astronómico o equipo telemando	Solo con equipo telemando o control punto de luz	Depende: reloj astronómico o equipo telemando	Depende: reloj astronómico o equipo telemando



4.2. GRADO 2: ALUMBRADO CON SISTEMAS DE AHORRO ENERGÉTICO

PRESTACIONES	MANDO DE LOS NIVELES LUMÍNICOS	CICLOS Y NIVELES LUMÍNICOS	AHORRO POR ESTABILIZACIÓN DE LA TENSIÓN	TIPO DE LUMINARIAS ADECUADAS	TELEMANDO Y PROGRAMABLE A DISTANCIA	CONTROL DE LOS CONSUMOS Y EL AHORRO	MANTENIMIENTO
REGULADOR DE FLUJO	Depende del tipo de reloj astronómico o eq. telegestión	Programación fija regulador, modificación local por teclado	No dispone, con pérdida de ahorros por aumentos tensión	Vapor de Sodio y Halogenuros Metálicos	No es posible	Requiere de incorporar un equipo de telegestión	Ubicado en el centro de mando, más accesible. Módulos costosos
REGULADOR ESTABILIZADOR DE FLUJO	Depende del tipo de reloj astronómico o eq. telegestión	Programación fija regulador, modificación local por teclado	Incorpora estabilización para compensar aumentos tensión	Vapor de Sodio y Halogenuros Metálicos	No es posible o añadiendo unidad control con modem.	Requiere de incorporar un equipo de telegestión	Ubicado en el centro de mando, más accesible. Módulos costosos
REGULADOR ESTABILIZADOR + DRIVER REG. CABECERA	Depende del tipo de reloj astronómico o eq. telegestión	Programación fija regulador, modificación local por teclado	Incorpora estabilización y los drivers LED son compatible con la reducción	Vapor de Sodio, Halogenuros Metálicos y lámparas LED	No es posible o añadiendo unidad control con modem.	Requiere de incorporar un equipo de telegestión	Ubicado en el centro de mando, más accesible. Módulos costosos
REGULADOR ESTABILIZADOR + TELEGESTIÓN	Tipos de días y calendarios, programables a distancia	Ciclos y niveles lumínicos programables a distancia	Depende del tipo de regulador estabilizador utilizado	Vapor de Sodio, Halogenuros Metálicos y opcional LED	A distancia a través del equipo de telegestión	Supervisión de parámetros eléctricos y consumos	Supervisión a distancia y evita desplazamientos
DRIVER LED AUTÓNOMO CON NIVELES	Inicio con reloj astronómico del ciclo programado	Ciclos y niveles lumínicos fijos programados en fábrica	Compensa los aumentos y reducciones de tensión	Lámparas LED	No es posible o añadiendo dispositivo programable	Requiere de incorporar un equipo de telegestión	Para realizar mantenimiento hay que acceder al punto de luz
DRIVER LED CON NIVELES PROGRAMABLES	Inicio con reloj astronómico del ciclo programado	Posibilidad de modificar ciclos y niveles lumínicos programados	Compensa los aumentos y reducciones de tensión	Lámparas LED	Programable en punto de luz o desde centro mando	Requiere de incorporar un equipo de telegestión	Para realizar mantenimiento hay que acceder al punto de luz
DRIVER LED + DISPOSITIVO PROGRAMABLE	Inicio con reloj astronómico del ciclo programado	Permite modificar ciclos y niveles de drivers LED 0-10V y/o Dali	Compensa los aumentos y reducciones de tensión	Lámparas LED	Programable en punto de luz o desde centro mando	Requiere de incorporar un equipo de telegestión	Para realizar mantenimiento hay que acceder al punto de luz
DRIVER LED + EQUIPO TELEGESTIÓN	Tipos de días y calendarios, programables a distancia	Depende del tipo de driver LED o dispositivo programable	Compensa los aumentos y reducciones de tensión	Lámparas LED	Dependiendo del tipo de driver LED	Supervisión de parámetros eléctricos y consumos	Supervisión a distancia y evita desplazamientos



DRIVER LED TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ UNIDIRECCIONAL	Tipos de días y calendarios, programables a distancia	Modificación a distancia de los ciclos y niveles lumínicos programados	Compensa los aumentos y reducciones de tensión	Lámparas LED	Programable a distancia a través del equipo de telegestión	Supervisión de parámetros eléctricos y consumos	Supervisión a distancia y evita desplazamientos. Reprogramación a distancia.
---	---	--	--	--------------	--	---	--

4.3. GRADO 3.1: SISTEMAS DE TELEGESTIÓN

PRESTACIONES	INFRAESTRUCTURA EQUIPOS DE CONTROL	INFRAESTRUCTURA PLATAFORMA DE CONTROL	COMUNICACIONES: EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO	COSTE DE MANTENIMIENTO EQUIPOS CONTROL	PLATAFORMA: MANTENIMIENTO Y ACTUALIZACIONES
TELEGESTIÓN CENTRO DE MANDO CON SERVIDOR LOCAL	Unidades de control en los centros de mando.	Adquisición, instalación y puesta en marcha: hardware, S.O. y software telegestión. Alta centros de mando.	Red propia como F.O o Wi-Fi, costes y responsabilidad del ayuntamiento. Red de operadora de telefonía pago mensual por centro de mando conectado a la red.	Responsabilidad municipal del mantenimiento de los equipos control del centro de mando.	Responsabilidad municipal del mantenimiento del hardware, software y actualizaciones. Responsabilidad municipal del mantenimiento de los datos y de las copias de seguridad.
TELEGESTIÓN CENTRO DE MANDO CON SERVIDOR WEB	Unidades de control en los centros de mando. Puesta en marcha on-line.	No es necesaria infraestructura para la plataforma de control. Acceso desde dispositivos con Internet. Alta centros de mando	Red propia como F.O o Wi-Fi, costes y responsabilidad del ayuntamiento. Red de operadora de telefonía pago mensual por centro de mando conectado a la red.	Reducidos costes de mantenimiento y desplazamientos, por la posibilidad de: diagnóstico, soporte y actualizaciones, on-line de los centros de mando.	El coste del Hosting (alojamiento de los datos) depende de la cantidad de datos a transmitir por los centros de mando, puede incluir: copias de seguridad y actualización hardware servidor. Coste anual de mantenimiento y actualización de la plataforma.
TELEGESTIÓN CENTRO DE MANDO CON SONDAS LUXOMÉTRICAS CENTRALIZADAS	Unidades de control en los centros de mando. Conjunto de sondas luxométricas comunicadas con la plataforma.	No es necesaria infraestructura para la plataforma de control. Acceso desde dispositivos con Internet. Alta centros de mando y asociarlos a las zonas de niveles lumínicos.	Red propia como F.O o Wi-Fi, costes y responsabilidad del ayuntamiento. Red de operadora de telefonía pago mensual por centro de mando conectado a la red y el conjunto de sondas.	Reducidos costes de mantenimiento y desplazamientos, por la posibilidad de: diagnóstico, soporte y actualizaciones, on-line de los centros de mando. Hay que mantener el conjunto de sondas, pero mejora el servicio al corregir el efecto de ciertos fenómenos atmosféricos.	El coste del Hosting (alojamiento de los datos) depende de la cantidad de datos a transmitir por los centros de mando y las sondas luxométricas, puede incluir copias de seguridad y actualización hardware servidor. Coste anual de mantenimiento y actualización de la plataforma.
SISTEMA DE TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ SERVIDOR WEB	Formada por unidades de control de punto de luz y gateways, en función del tipo de tecnología, PLC o RF. Necesidad de un estudio previo, un plan de puesta en marcha y formación.	No es necesaria infraestructura para la plataforma de control. Acceso desde dispositivos con Internet. Alta puntos de luz y de los gateways	Dependiendo del tipo de red y del propietario de la red (ver tabla grado 3.2). Los gateways se pueden conectar mediante red propia o mediante red de operadora de telefonía con pago mensual.	Coste mantenimiento de las unidades de control puntos de luz y los gateways. Posibilidad de diagnóstico, soporte y actualizaciones, on-line de los puntos de luz, en función de la tecnología utilizada (ver tabla grado 3.2).	El coste del Hosting (alojamiento de los datos) depende de la cantidad de datos a transmitir por los centros de mando y las unidades de control del punto de luz, puede incluir copias de seguridad y actualización hardware servidor Coste anual de mantenimiento y actualización de la plataforma con control de punto luz.



SISTEMA DE TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ SERVIDOR IoT	Contratación, instalación y puesta en marcha de una SIM por punto luz.	La infraestructura viene dada por el operador de telefonía. Acceso desde dispositivos con Internet. Alta puntos de luz y SIM asociada.	Mantenimiento y funcionamiento de la red depende del operador de telefonía. Coste mensual por cada SIM de los puntos de luz.	Coste mantenimiento de las unidades de control puntos de luz. Coste mensual por cada SIM de los puntos de luz. Costes adicionales si se contrata una red VPN con mayor seguridad a los ciberataques a las SIM.	El coste del Hosting (alojamiento de los datos) depende de la cantidad de datos a transmitir por los centros de mando y las unidades de control del punto de luz, puede incluir copias de seguridad y actualización hardware servidor. Coste anual de mantenimiento y actualización de la plataforma con control de punto luz. Posibles costes adicionales por mantenimiento de la VPN.
---	--	--	---	--	---

4.3. GRADO 3.2: TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ BIDIRECCIONAL

PRESTACIONES	INFRAESTRUCTURA DE LA RED CONTROL PUNTO DE LUZ	FRECUENCIA Y VELOCIDAD DE COMUNICACIÓN (MEDIA)	ALCANCE Y CAPACIDAD DE LA RED DE CONTROL DE PUNTO DE LUZ	PRINCIPALES FORTALEZAS DE LA RED DE CONTROL	PRINCIPALES DEBILIDADES DE LA RED DE CONTROL	PLATAFORMA: MANTENIMIENTO Y ACTUALIZACIONES
TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ POR PLC	Utilización de la propia instalación eléctrica. Concentrador en centro de mando y requiere de filtros en la red eléctrica.	132Khz 5.5-20kbps	Todos los puntos de luz conectados a las salidas de un centro de mando. Nodo a nodo hasta 500 m y total distancia 2000m, según el estado de los cables. Sensible a ruidos electromagnéticos y al estado de la red.	Posibilidad de utilizar la red de telegestión del centro de mando. Instalación del módulo de comunicación por portadora en el centro de mando lo que facilita su mantenimiento. Inmune a las interferencias de radio y a la orografía. Poca afectación de las zonas con inhibidores. Ofrece una rápida implantación con líneas nuevas. No es necesario incorporar y mantener infraestructura adicional a la del centro de mando como: gateways, enlaces, etc. Facilidad de modificaciones y actualizaciones de las unidades de control al permitir un alto volumen de transmisión de datos sin coste adicional.	Requiere instalar elementos accesorios como filtros que hay que mantener. Afectación de los ruidos electromagnéticos originados en las ciudades. Sensible al estado de la instalación (emparejamientos, diafonías cable a cable, etc.) Ampliaciones y modificaciones de las unidades de control conectadas, requiere reconfiguración.	Mantenimiento del concentrador y los filtros ubicados en el centro de mando.
TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ POR RF LoRa	Necesidad de crear una red propia con gateways conectados a la red municipal o a la red de la operadora de telefonía.	470Mhz/868Mhz/ 915 Mhz 0.2-37.5kbps	Red de baja frecuencia con mayor alcance y menos gateways. Nodo a concentrador de 1 a 5 km en áreas urbanas dependiendo de la orografía. Transmisión de poca cantidad de datos y tramas limitadas.	Red de punto de luz independiente de los centros de mando Cada gateway dispone de una mayor zona de alcance pudiendo controlar más número de puntos de luz. Posibilidad de conectar algún tipo de sensor con poca cantidad de datos a transmitir. Bajo consumo eléctrico para la transmisión de datos.	Requiere un cálculo previo de cobertura, orografía, dimensionamiento de gateways, etc. Le afecta las zonas con inhibidores. Transmisión de poca cantidad de datos y tramas limitadas. Una incidencia en una gateway puede afectar a un mayor número de unidades de control. Ampliaciones y modificaciones de las unidades de control conectadas, requiere reconfiguración. Modificaciones y actualizaciones limitadas por el bajo volumen de transmisión de datos permitido.	Mantenimiento de la red propia de repetidores y/o gateways.



<p>TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ POR RF SigFox</p>	<p>Red de un operador privado con pago de cuota.</p>	<p>868MHz Europa 902MHz USA 10-1000bps</p>	<p>Depende de la cobertura y despliegue en el territorio del operador. Red de baja frecuencia con mayor alcance. Transmisión robusta, con poca cantidad de datos y de forma lenta. Limitaciones en la transmisión bidireccional.</p>	<p>Red de punto de luz independiente de los centros de mando. No requiere de red propia de gateways. Comunicaciones robustas en las zonas con cobertura. Funciona bien para dispositivos sencillos que transmiten con poca frecuencia, porque envía cantidades muy pequeñas de datos y muy lentamente. Bajo consumo eléctrico para la transmisión de datos</p>	<p>Requiere un cálculo previo de cobertura, orografía, despliegue de la red, etc. Le afecta las zonas con inhibidores. Solución dependiente del despliegue y cobertura en el territorio del operador de la red. Transmisión de poca cantidad de datos y tramas limitadas, con dificultad para comunicación bidireccional. Modificaciones y actualizaciones muy limitadas por el bajo volumen de transmisión de datos permitido. Coste mensual por equipos conectados y volumen de datos.</p>	<p>El mantenimiento y buen funcionamiento de la red depende del operador. Coste mensual en función del contrato con el operador.</p>
<p>TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ POR RF NB-IoT</p>	<p>Red de una operadora de telefonía con pago de cuota.</p>	<p>800Mhz/900Mhz/ 1800Mhz 30-65kbps</p>	<p>Depende de la cobertura 4G y del despliegue en el territorio de la operadora. Transmisión de poca cantidad de datos y comunicaciones limitadas.</p>	<p>Red de punto de luz independiente de los centros de mando. No requiere de red propia de gateways. Buena cobertura en entornos urbanos que disponga de redes 4G. Posibilidad de conectar sensores con poca cantidad de datos a transmitir. Bajo consumo eléctrico para la transmisión de datos.</p>	<p>Requiere un cálculo previo de cobertura, orografía, despliegue de la red, etc. Le afecta las zonas con inhibidores. Depende de la cobertura 4G lo que limita su despliegue. Transmisión de poca cantidad de datos y tramas limitadas. Modificaciones y actualizaciones limitadas por el bajo volumen de transmisión de datos permitido. Coste mensual por equipos conectados y volumen de datos.</p>	<p>El mantenimiento y buen funcionamiento de la red depende del operador. Coste mensual en función del contrato con el operador.</p>
<p>TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ POR RF BLUETOOTH</p>	<p>Utiliza la red de los teléfonos o dispositivos móviles con Bluetooth de los operarios de mantenimiento.</p>	<p>2.4Ghz 2,1Mbps o 24 Mbps, en función de la versión.</p>	<p>Red alta frecuencia con poco alcance. Útil para programación o diagnóstico local in situ. Distancia nodo con operario de 10 m máx. a 40 m máx.)</p>	<p>Red de punto de luz independiente de los centros de mando. Posibilidad de conectar dispositivos o sensores con Bluetooth Facilidad de modificaciones y actualizaciones de las unidades de control al permitir un alto volumen de transmisión de datos sin coste adicional.</p>	<p>Red alta frecuencia con poco alcance útil para programación o diagnóstico local in situ. Le afecta las zonas con inhibidores. Baja seguridad, susceptible a posibles ciberataques. Para las actuaciones, modificaciones y actualizaciones siempre hay que desplazarse hasta las proximidades de punto de luz.</p>	<p>Necesidad de desplazarse para el mantenimiento. Los operarios de mantenimiento deben de disponer de un dispositivo con Bluetooth.</p>



<p>TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ POR RF Wi-Fi</p>	<p>Necesidad de crear una red propia de enlaces y/o gateways conectados a la red municipal o a la red de la operadora.</p>	<p>2.4Ghz a 5GHz 11, 22, 54, 108, 433 Mbps, en función de la versión.</p>	<p>Alto consumo de los dispositivos y corto alcance, aunque permite transmisión de gran cantidad de datos. La distancia entre nodos o enlaces entre 100 m a 250 m máx.</p>	<p>Red de punto de luz independiente de los centros de mando Permite transmisión de gran cantidad de datos. Posibilidad de conectar cámaras o de otros dispositivos con alta cantidad de datos a transmitir. Facilidad de modificaciones y actualizaciones de las unidades de control al permitir un alto volumen de transmisión de datos sin coste adicional.</p>	<p>Requiere un cálculo previo de cobertura, orografía, dimensionamiento de gateways/enlaces, etc. Le afecta las zonas con inhibidores. Alto consumo eléctrico para la transmisión de datos. Red de corto alcance que requiere una mayor infraestructura de enlaces y/o gateways. Mayor afectación de los estados meteorológicos. Baja seguridad, susceptible a posibles ciberataques.</p>	<p>Mantenimiento de la red propia de enlaces Wi-Fi y/o gateways</p>
<p>TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ POR RF ZigBEE</p>	<p>Necesidad de crear una red propia con gateways conectados a la red municipal o a la red de la operadora. Las gateways pueden estar ubicadas en el centro de mando. Necesidad de instalar un número mayor de gateways.</p>	<p>2.4Ghz 250kbps</p>	<p>Red mallada en que las unidades de control pueden hacer de repetidores. Nodo a nodo de 10 m a 70 m. Alta velocidad de transmisión de datos. Transmisión de poca cantidad de datos.</p>	<p>Red de punto de luz independiente de los centros de mando. Alta velocidad de transmisión de datos. Red mallada que permite las unidades de control repitan la señal. Posibilidad de conectar algún tipo de sensor con poca cantidad de datos a transmitir. Bajo consumo eléctrico para la transmisión de datos. Sistema con buena protección frente a ciberataques.</p>	<p>Requiere un cálculo previo de cobertura, orografía, dimensionamiento de gateways, etc. Le afecta las zonas con inhibidores Afectación por estados meteorológicos. Menor alcance y necesidad de instalar un número mayor de gateways. Mayor afectación de los estados meteorológicos. Ampliaciones y modificaciones de las unidades de control conectadas, requiere reconfiguración. Modificaciones y actualizaciones limitadas por el bajo volumen de transmisión de datos permitido.</p>	<p>Mantenimiento de la red propia de gateways.</p>
<p>TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ POR RF 6LowPAN</p>	<p>Necesidad de crear una red propia con gateways conectados a la red municipal o a la red de la operadora. Las gateways pueden estar ubicadas en el centro de mando.</p>	<p>433Mhz / 868 Mhz/ 915 Mhz. 250kbps</p>	<p>Red mallada en que las unidades de control hacen de repetidores, que automáticamente se configura y frente a un fallo o fenómeno atmosférico se auto regenera. Nodo a nodo hasta 400 m y 1600 m hasta la gateway. Alta velocidad de transmisión de datos.</p>	<p>Red de punto de luz independiente de los centros de mando. Alta velocidad de transmisión de datos. Red mallada que permite las unidades de control repitan la señal. Red con función auto-mesh que se configura y permite ampliar las unidades de control de forma automática. Red auto-regenerativa que frente a una incidencia en una unidad de control, se reconfigura la red de forma automática. Posibilidad de conectarse directamente a otros dispositivos con IPv6. Sistema con buena protección frente a ciberataques.</p>	<p>Requiere un cálculo previo de cobertura, orografía, dimensionamiento de gateways, etc. Le afecta las zonas con inhibidores Modificaciones y actualizaciones limitadas por el bajo volumen de transmisión de datos permitido. Aunque permite la fragmentación en paquetes.</p>	<p>Mantenimiento de la red propia de gateways</p>



<p>TELEGESTIÓN PUNTO DE LUZ POR RF IoT MEDIANTE TARJETA DE TELEFONÍA</p>	<p>Red de la operadora de telefonía con pago de en función de los datos a transmitir, el número de equipos conectados y la seguridad de la red a ciberataques.</p>	<p>2G/GSM: 900 y 1800 MHz 3G: 900 Y 2100 Mhz 4G/LTE: 800, 1500, 1800 y 2600 Mhz. De 14,4 Kbps hasta 10Mbps</p>	<p>Depende de la cobertura y despliegue en el territorio del operador de telefonía. Volumen de datos condicionado por tarifas operadora.</p>	<p>Red de punto de luz independiente de los centros de mando. Alta velocidad de transmisión de datos. Facilidad de implantación en zonas con buena cobertura. Posibilidad de conectar otros dispositivos con conexión a la red del operador de telefonía contratado. Facilidad de modificaciones y actualizaciones de las unidades de control al permitir un alto volumen de transmisión de datos, pero puede implicar un coste adicional.</p>	<p>Requiere un cálculo previo de cobertura, orografía, despliegue de la red, etc. Le afecta las zonas con inhibidores. Depende de la cobertura de la operadora de telefonía contratada. Coste mensual por equipos conectados, volumen de datos y nivel de seguridad.</p>	<p>El mantenimiento y buen funcionamiento de la red depende de la operadora. Coste mensual en función del contrato con la operadora.</p>
---	--	---	--	--	--	--



Tal como se detalla en la tabla, los principales aspectos a la hora de elegir un sistema de telegestión actual o futuro son:

- Red propiedad del usuario o red de pago.
- Alcance de la red y facilidad de ampliar las unidades de control (escalabilidad).
- Número de gateways por punto de luz y la redundancia frente a un fallo en la red.
- Cantidad de datos transmitidos y posibilidad de reprogramar o actualizar a distancia.
- Opción de conectar otros sensores o dispositivos.
- Seguridad de la red a ciberataques.

Otros aspectos a tener en cuenta en la elección de una tecnología y/o unidad de control, son:

- La integración de la unidad de control, si está se debe instalar dentro de la luminaria o permite su conexión a la luminaria mediante un encapsulado NEMA o ZHAGA.
- Otros costes adicionales, aparte de los gastos directos en comunicaciones, hosting, etc. Como sobrecoste en el mantenimiento y funcionamiento de sistemas no redundantes, ni escalables, menos seguros a ciberataques, etc.
- La aportación que cada fabricante a sus soluciones, con su conocimiento y experiencia. Por lo que hay que valorar aspectos como los años de experiencia, el servicio post venta y el equipo humano, la implantación del sistema, etc. Que en muchos casos pueden suponer el éxito de la implantación y continuidad del sistema, además de un ahorro futuro en costes de mantenimiento.



5

Normativa y certificaciones

La marca CE colocada en un producto o en los documentos que lo acompañan, indica que el producto cumple con los requisitos esenciales de seguridad de las Directivas Europeas o de las normas técnicas EN (Normas europeas) que afectan a la comercialización de ese producto. Un producto con el marcado CE puede comercializarse en todo el territorio de la Unión Europea.

Un producto puede estar sujeto a más de una Directiva que determinan los requisitos específicos que el producto debe cumplir para poder realizar el marcado CE. En el caso de que sean de aplicación más de una Directiva, el producto debe cumplir los requisitos de cada una de las Directivas que le afectan.

El Mercado CE en caso particular de una luminaria, le puede ser necesaria la aplicación de más de una Directiva, tales como:

Compatibilidad electromagnética – Directiva 2014/30/UE.

Seguridad eléctrica – Directiva 2014/35/UE.

Equipos radioeléctricos - Directiva 2014/53/UE.

Ecodiseño - Directiva 2009/125/EC.

En el mercado CE existen dos métodos de obtenerlo, mediante certificación por una tercera parte o mediante autocertificación, en el caso de autocertificación el fabricante certifica que su producto cumple con las normativas de aplicación, en base a unos ensayos realizados en laboratorios propios o externos de unas luminarias o modelos tipo, aunque para la seguridad de cumplimiento normativo, se debe de seguir directrices para las cuales existen laboratorios acreditados por las entidades nacionales acreditadoras que garantizan su cumplimiento, el marcado CE de luminarias no implica el control de todo el proceso productivo.

Para garantizar que los ensayos son realizados acordes a la normativa se crea las entidades nacionales de acreditación.

ENAC: Entidad Nacional de Acreditación. Es la entidad designada por el Estado para operar en España como el único organismo nacional de acreditación, en aplicación del reglamento (CE) 765/2008 que regula el funcionamiento de la acreditación en Europa. Acreditación ENAC: La acreditación es la herramienta establecida a escala internacional para que los usuarios finales tengan la confianza sobre la correcta ejecución del marcado CE mediante la evaluación de la conformidad procedimiento que incluye ensayos, calibraciones, inspecciones, certificaciones y verificaciones entre otros servicios.

Cuando se evalúan informes de ensayos para la conformidad, es recomendable que estos estén avalados por un Organismo de Evaluación de la Conformidad (OEC) acreditado por ENAC o equivalente europeo, si un documento de ensayos es elaborado por un laboratorio con acreditación ENAC o por otro organismo de acreditación de acuerdo con el Reglamento (CE) n°765/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de julio de 2008, por el que se establecen los requisitos de acreditación y vigilancia del mercado relativos a la comercialización de los productos, aparecerá el sello de la entidad acreditadora en el informe, disponiendo de trazabilidad del ensayo y firma electrónica que garantice el documento. Es obligatorio que el OEC (laboratorio) esté acreditado para la norma a certificar; comprobando si el alcance de la acreditación incluye la norma en cuestión, los informes de ensayos no garantizan el cumplimiento de toda la normativa de aplicación quedando bajo la responsabilidad del fabricante ajustarse a las normas en vigor.

El certificado de producto es un documento en el cual un organismo independiente denominado entidad certificadora verifica y asegura que los productos suministrados por un fabricante son conformes con las exigencias técnicas de una o varias normas. En estos casos el organismo notificado de certificación garantiza el cumplimiento normativo del producto.

Es importante tener en cuenta las diferencias entre Directiva y Norma, una directiva aprobada por el

parlamento europeo, se convierte en un requisito de obligatorio cumplimiento, pero se debe trasladar a una normativa de aplicación, son las normas mediante ensayo de la misma la que demostrarán el cumplimiento de la directiva.

5.1. NORMATIVA Y FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

Una instalación de alumbrado exterior, aunque la energía que proporciona es lumínica, la que se utiliza es energía eléctrica, por lo que en las normativas se tiene muy presente estos dos aspectos: el de instalación lumínica y el de instalación eléctrica. Y además desde dos puntos de vista, el de seguridad y el funcional.

Por ejemplo, la seguridad lumínica es que la instalación se encienda cada noche a la puesta del sol y que tenga un nivel lumínico mínimo para el tipo de vía en que es utilizada. Y la seguridad eléctrica es que por ejemplo la instalación y los equipos dispongan de unas protecciones eléctricas adecuadas contra contactos directos e indirectos.

Los aspectos funcionales de una instalación lumínica se refieren a cuestiones como la contaminación lumínica o la luz intrusa y los aspectos funcionales de la instalación eléctrica son por ejemplo los referidos al ahorro energético o la eficiencia energética.

En la regulación actual en España en los aspectos comentados, tenemos como norma principal para la seguridad eléctrica de las instalaciones de alumbrado el RD 842/2002 sobre el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (en adelante REBT) y respecto al resto de aspectos destacar el RD 1890/2008 sobre el Reglamento de Eficiencia Energética en instalaciones de Alumbrado Exterior (REEA).

También debemos tener presentes las diferentes directivas europeas que han sido adoptadas en España y como tales también forma parte de la reglamentación española. Estas en su mayoría implican a los equipos y elementos utilizados en las instalaciones, como: las luminarias y sus elementos, los soportes, los cables, los cuadros de alumbrado y sus elementos, etc. En el apartado 8.2 profundizamos más en estas directivas y normas.

Respecto a las normas UNE, EN, IEC, ISO u otras, tener presente que las que son únicamente de obligado cumplimiento las indicadas como tales en las directivas o reglamentos publicados oficialmente.

El resto de las normas son una referencia técnica contrastada y avalada por organismos de normalización, que podemos incluir como requisito técnico en una licitación pública.

5.1.1. Reglamento Electrónico de Baja Tensión

Publicado mediante el Real Decreto 842/2002 del 2 de agosto del 2002 y que durante este tiempo ha sufrido algunas variaciones, como la inclusión de la ITC-BT-52 sobre las Infraestructuras para la recarga del Vehículo Eléctrico publicada en el Real Decreto 1053/2014 o la actualización de la ITC-BT-02 sobre las normas de referencia obligatorias publicado en el BOE-A-2020-612. En el BOE se puede consultar las últimas actualizaciones publicadas.

Las instalaciones eléctricas de alumbrado exterior deben de cumplir todos los requisitos generales del REBT que le apliquen y en particular, el Artículo 9 y la ITC-BT-09, así como las normas incluidas en los mismos, pero en la versión actual vigente.

Por lo que a continuación incluimos una tabla de actualización de las normas correspondientes a la ITC-BT-09 conforme a la reciente actualización de la ITC-BT-02.



NORMA UNE ACTUAL	SUSTITUYE	DESCRIPCIÓN
UNE-EN 60529:2018/A1	UNE 20.324	Grados de protección proporcionados por las envolventes (Códigos IP).
UNE-EN 50102:1996/A1 CORR:2002	UNE-EN 50102:1996	Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra impactos mecánicos externos (códigos IK).
UNE 21123-1 a -4:2017	UNE 21123-1 a -4:1999	Cables eléctricos de utilización industrial de tensión asignada 0,6/1KV.
UNE-EN 60598-2-3:2003 COOR:2005/ A1:2011	UNE-EN 60598-2-3:1997 / A1:1997/ A2:2001	Luminarias para alumbrado público.

Hay que destacar que esta es la situación al día de la realización del presente informe, pero que las normas están en continua revisión y elaboración, por lo que para conocer las versiones vigentes en todo momento se pueden consultar en la web de UNE. Como es el caso de la UNE-EN 60298-2-5:2015 para los proyectores que ha sustituido a la UNE-EN 60598-2-5:1999.

También hay que tener en cuenta las Guías Técnicas de Aplicación de las diferentes ITC-BT publicadas por el Ministerio de Industria, que tal como se indica en el Artículo 29 del REBT es una aplicación práctica de las correspondientes ITC-BT pero de carácter no vinculante, es decir de no obligado cumplimiento. En el caso de las instalaciones de alumbrado exterior la edición actual es la GUÍA-BT-09: Septiembre 2004; Revisión: 1.

Para proyectos en otros países habrá que tener presente los reglamentos nacionales correspondientes, aunque hay que destacar la serie de normas internacionales IEC 60364 y su equivalente europeo la serie HD 60364 para las Instalaciones eléctricas de baja tensión.

En este sentido la UNE-HD 60364-7-714:2013 sobre los Requisitos para instalaciones de alumbrado exterior que es equivalente a la IEC 60364-7-714:2011 y HD 60364-7-714:2012, también es una norma que podemos considerar en la redacción de los requisitos técnicos de las licitaciones, tanto nacionales como internacionales.

Para los alumbrados festivos de calles y navideño, así como para otras instalaciones eléctricas temporales, hay que aplicar también la ITC-BT-34 del REBT.

5.1.2. Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior

Publicado mediante el Real Decreto 1890/2008 el 14 de noviembre del 2008, aunque en el momento del redactado del presente documento, se estaba pendiente de la publicación de una importante actualización derivada de la implantación de la tecnología LED en las instalaciones de alumbrado exterior.

El objetivo fundamental del REEA es establecer las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que deben reunir las instalaciones de alumbrado exterior, con la finalidad de mejorar la eficiencia y ahorro energético. Y su ámbito de aplicación es el de las instalaciones de más de 1 kW conforme al REBT y la ITC-BT-09.

Además, aparte de los aspectos funcionales de la instalación eléctrica para obtener una eficiencia energética, también incluye aspectos funcionales lumínicos por su relación directa con la eficiencia energética.

En el presente documento nos centramos en el control de la instalación y de los elementos conectados a ella, prescindiendo de si son los elementos adecuados desde un punto de vista lumínico. Por lo que nos centramos en el Artículo 8 y la ITC-EA-04, con especial atención al apartado de Sistemas de accionamiento.

También hay que tener en cuenta las Guías Técnicas de Aplicación de las diferentes ITC-EA publicadas por el Ministerio de Industria, que tal como se indica es una aplicación práctica de las correspondientes ITC-BT pero de carácter no vinculante, es decir no de obligado cumplimiento. En el caso de la guía de la ITC-EA-04 la edición actual es la GUÍA-EA-04: Mayo 2013; Revisión: 1.1.

5.2. NORMATIVA DE PRODUCTO

Actualmente los sistemas de iluminación incluyen numerosos sistemas de telegestión, radio e iluminación que hacen imprescindible una evaluación detenida de todas las normas que afectan al conjunto o sistema, siendo de aplicación diferentes directivas en función del producto y sistema.

5.2.1. Luminaria

5.2.1.1. Seguridad eléctrica

- UNE-EN 60598-1. Luminarias. Requisitos generales y ensayos.
- UNE-EN 60598-2-3. Luminarias. Requisitos particulares. Luminarias de alumbrado público.
- UNE-EN 60598-2-5. Luminarias. Requisitos particulares. Proyector.
- UNE-EN 60598-2-20. Luminarias. Parte 2-20: Requisitos particulares. Guirnaldas luminosas.
- UNE-EN 60598-2-21. Luminarias. Parte 2-21: Requisitos particulares. Cordones luminosos. Luminaria.

5.2.1.2. Compatibilidad electromagnética

- UNE-EN 61547. Equipos para alumbrado de uso general. Requisitos de inmunidad CEM.
- UNE-EN 61000-3-2. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2: Límites. Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada 16A por fase)
- UNE-EN 61000-3-3. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3: Límites. Sección 3: Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión para equipos con corriente de entrada 16A por fase y no sujetos a una conexión condicional.
- UNE-EN 55015. Límites y métodos de medida de las características relativas a la perturbación radioeléctrica de los equipos de iluminación y similares.



5.2.1.3. Exposición humana

- UNE-EN 62493. Evaluación de los equipos de alumbrado en relación a la exposición humana a los campos electromagnéticos.

5.2.1.4. Ensayos ópticos y seguridad fotobiológica

- UNE-EN 13032-1. Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos de lámparas y luminarias. Parte 1: Medición y formato de fichero.
- UNE-EN 13032-4. Luz y alumbrado. Medición y presentación de datos fotométricos. Parte 4: Lámparas LED, módulos y luminarias LED.
- UNE-EN 62471. Seguridad Fotobiológica de lámparas y aparatos que utilizan lámparas.
- IEC TR 62778. Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires.

5.2.1.5. Requisitos funcionales y prestaciones

- UNE-EN 62722-1. Prestaciones de las luminarias. Parte 1: Requisitos generales
- UNE-EN 62722-2-1. Prestaciones de las luminarias. Parte 2-1: Requisitos particulares para luminarias de LED
- UNE-EN 62262 (UNE-EN 50102). Grados de protección proporcionados por las envolventes de materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos (código IK)
- Apdo 9.2 UNE-EN 60598-1. Luminarias. Requisitos generales y ensayos. (Grado IP)

5.2.2. Drivers/fuentes de alimentación

5.2.2.1. Seguridad eléctrica

- UNE-EN 61347-1. Dispositivos de control de lámpara. Parte 1: Requisitos generales y requisitos de seguridad.
- UNE-EN 61347-2-11. Dispositivos de control de lámpara. Parte 2-11: Requisitos particulares para circuitos electrónicos diversos utilizados con las luminarias.
- UNE-EN 61347-2-13. Dispositivos de control de lámpara. Parte 2-13: Requisitos particulares para dispositivos de control electrónicos alimentados con corriente continua o corriente alterna para módulos LED.

5.2.2.2. Requisitos funcionales

- UNE-EN 62384. Dispositivos de control electrónicos alimentados en corriente continua o corriente alterna para módulos LED. Requisitos de funcionamiento.

5.2.3. Módulos Comunicación / Equipos de telegestión

5.2.3.1. Seguridad eléctrica

- UNE-EN 62368-1. Equipos de audio y vídeo, de tecnología de la información y la comunicación. Parte 1: Requisitos de seguridad.
- UNE-EN 60950-22. Equipos de tecnología de la información. Seguridad. Parte 22: Equipos para instalación en exteriores.
- UNE-EN 61010-1. Requisitos de seguridad de equipos eléctricos de medida, control y uso en laboratorio. Parte 1: Requisitos generales.

5.2.3.2. Compatibilidad electromagnética

- UNE-EN 60870-2-1 - Equipos y sistemas de telecontrol. Parte 2: Condiciones de funcionamiento. Sección 1: Alimentación y compatibilidad electromagnética.
- UNE-EN 61326-1 - Material eléctrico para medida, control y uso en laboratorio. Requisitos de compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 1: Requisitos generales.
- ETSI EN 303 446-1 - ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for combined and/or integrated radio and non-radio equipment; Part 1: Requirements for equipment intended to be used in residential, commercial and light industry locations.
- ETSI EN 303 446-2 - ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for combined and/or integrated radio and non-radio equipment; Part 2: Requirements for equipment intended to be used in industrial locations.
- ETSI EN 301 489-1 - ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 1: Common technical requirements; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.1(b) of Directive 2014/53/EU and the essential requirements of article 6 of Directive 2014/30/EU.
- ETSI EN 301 489-3 - ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 3: Specific conditions for Short-Range Devices (SRD) operating on frequencies between 9 kHz and 246 GHz; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.1(b) of Directive 2014/53/EU.
- ETSI EN 301 489-17 - ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 17: Specific conditions for Broadband Data Transmission Systems; Harmonised Standard for ElectroMagnetic Compatibility.
- ETSI-EN 301 489-19 - ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 19: Specific conditions for Receive Only Mobile Earth Stations (ROMES) operating in the 1,5 GHz band providing data communications and GNSS receivers operating in the RNSS band (ROGNSS) providing positioning, navigation, and timing data; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.1(b) of Directive 2014/53/EU.
- ETSI EN 301 489-52 - Electromagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 52: Specific conditions for Cellular Communication Mobile and portable (UE) radio and ancillary equipment; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.1(b) of Directive 2014/53/EU.

5.2.3.3. Radio

- ETSI EN 300 330 - Short Range Devices (SRD); Radio equipment in the frequency range 9 kHz to 25 MHz and inductive loop systems in the frequency range 9 kHz to 30 MHz; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of the Directive 2014/53/EU.
- ETSI EN 300 220-2 - Short Range Devices (SRD) operating in the frequency range 25 MHz to 1 000 MHz; Part 2: Harmonised Standard for access to radio spectrum for non specific radio equipment.



- ETSI EN 300 328 - Wideband transmission systems; Data transmission equipment operating in the 2,4 GHz ISM band and using wide band modulation techniques; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU.
- ETSI EN 300 440 - Short Range Devices (SRD); Radio equipment to be used in the 1 GHz to 40 GHz frequency range; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU.
- ETSI EN 301 893 - 5 GHz RLAN; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU.
- ETSI EN 301 511 - Global System for Mobile communications (GSM); Mobile Stations (MS) equipment; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU.
- ETSI EN 301 908-1 - IMT cellular networks; Harmonised Standard for access to radio spectrum; Part 1: Introduction and common requirements.
- ETSI EN 301 908-2 - IMT cellular networks; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of the Directive 2014/53/EU; Part 2: CDMA Direct Spread (UTRA FDD) User Equipment (UE).
- ETSI EN 301 908-13 - IMT cellular networks; Harmonised Standard for access to radio spectrum; Part 13: Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) User Equipment (UE).
- ETSI EN 301 908-25 - IMT cellular networks; Harmonised Standard for access to radio spectrum; Part 25: New Radio (NR) User Equipment (UE).

5.2.3.4. Exposición humana

- UNE-EN 62479 - Evaluación de la conformidad de los equipos eléctricos y electrónicos de baja potencia con las restricciones básicas relativa a la exposición humana a los campos electromagnéticos (10 MHz - 300 GHz).
- UNE-EN 62311 - Evaluación de los equipos eléctricos y electrónicos respecto de las restricciones relativas a la exposición de las personas a los campos electromagnéticos (0 Hz - 300 GHz).

5.2.4. Módulo LED

5.2.4.1. Seguridad eléctrica

- UNE-EN 62031. Módulos LED para alumbrado general. Requisitos de seguridad.

5.2.4.2. Requisitos funcionales/prestaciones

- UNE-EN 62717. Módulos LED para iluminación general. Requisitos de funcionamiento.

5.2.5. Columnas y báculos

Requisitos mecánicos:

- UNE-EN 40-4:2006: Columnas y báculos de alumbrado. Parte 4: Requisitos para columnas y báculos de alumbrado de hormigón armado y hormigón pretensado
- UNE-EN 40-5:2003: Columnas y báculos de alumbrado. Parte 5: Requisitos para las columnas y báculos de alumbrado de acero.
- UNE-EN 40-6:2003: Columnas y báculos de alumbrado. Parte 6: Requisitos para las columnas y báculos de alumbrado de aluminio.



- UNE-EN 40-7:2003: Columnas y báculos de alumbrado. Parte 7: Requisitos para columnas y báculos de alumbrado de materiales compuestos poliméricos reforzados con fibra.
- UNE-EN 1090-1:2011+A1:2012: Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 1: Requisitos para la evaluación de la conformidad de los componentes estructurales.

5.2.6. Armarios eléctricos

5.2.6.1. Seguridad eléctrica

- UNE-EN 61439-1. Conjuntos de aparata de baja tensión. Parte 1: Reglas generales.
- UNE-EN 61439-2. Conjuntos de aparata de baja tensión. Parte 2: Conjuntos de aparata de potencia.

5.2.6.2. Compatibilidad electromagnética

- UNE-EN 61439-1. Conjuntos de aparata de baja tensión. Parte 1: Reglas generales.
- UNE-EN 61439-2. Conjuntos de aparata de baja tensión. Parte 2: Conjuntos de aparata de potencia.

5.2.7. Sistemas combinados

La certificación de los sistemas combinados dependerá de los elementos que integre el sistema, definiendo de esta manera un conjunto de ensayos que deberán dar cumplimiento a las normas más restrictivas de los elementos que lo integre. Teniendo en cuenta que nunca podrá considerarse la suma de los marcados CE de cada elemento para dar validez a la certificación del conjunto.



6

Puntos a tener en cuenta a la hora de redactar los pliegos en una licitación

6.1. INTEROPERABILIDAD

Una de las premisas importantes a la hora de elegir un sistema de telegestión es la interoperabilidad del sistema con otras plataformas, tanto de telegestión como plataformas superiores de Smart Cities. Este hecho es un factor clave para los municipios, ya que, si el sistema es abierto, el municipio no estará atado a la tecnología/proveedor.



Fuente: Sinapse

Para facilitar la integración de las diferentes plataformas entre sí se están imponiendo las API's (Application Programming Interface) que hacen que los diferentes sistemas sean integrables fácilmente con otras plataformas. La facilidad de integración de una API viene dada, en muchos casos, por el protocolo que usan, ya que, si este es estándar, hace que el personal de IT tenga recursos para hacer dicha integración. Por señalar algunos estándares:

- MQTT (Message Queue Telemetry Transport), un protocolo usado para la comunicación machine-to-machine (M2M) en el "Internet of Things". La API está disponible de manera libre y define conectores que permiten la sencilla integración con servicios REST: <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/mqtt-v3.1.1.html>
- El protocolo 6LowPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks) es un estándar abierto definido por la IETF (Internet Engineering Task Force), un estándar que posibilita el uso de IPv6 sobre redes basadas en el estándar IEEE 802.15.4 que hace posible que los dispositivos puedan comunicarse directamente con otros dispositivos IP.
- Otra alternativa es integrar el sistema de telegestión a una serie de plataformas abiertas que se están convirtiendo en referentes a nivel nacional e internacional como son:
- Sentilo: es una plataforma de sensores y actuadores de código abierto diseñada para adaptarse a la arquitectura Smart City de cualquier ciudad que busque apertura e interoperabilidad fácil. <http://www.sentilo.io/wordpress/>
- Fiware: es una plataforma, impulsada por la Unión Europea, para el desarrollo y despliegue global de aplicaciones de Internet del Futuro. FIWARE intenta proveer de una arquitectura totalmente abierta, pública y libre, así como de un conjunto de especificaciones que permita a los desarrolladores, proveedores de servicios, empresas y otras organizaciones desarrollar productos que satisfagan sus necesidades, sin dejar de ser abierta e innovadora. <https://www.fiware.org/>
- WI-SUN: La Wi-SUN Alliance, un ecosistema global de empresas miembros que busca acelerar la implementación de redes de área de campo (Field Area Networks, o FAN) basadas en estándares abiertos y el Internet de las cosas (IoT). <https://www.wi-sun.org/>
- TALQ Consortium: tiene como objetivo definir un protocolo de ciudad inteligente aceptado mundialmente para que el software de administración central configure, controle, ordene y monitoree redes de dispositivos de ciudades inteligentes heterogéneas.

6.2. FORMACIÓN

Un aspecto importante a tener en cuenta es recibir una formación adecuada sobre el uso y manejo del hardware y software por parte de la empresa gestora de la plataforma o suministradora de los equipos. Dicha formación debe de cubrir los siguientes aspectos:

- Instalación de los dispositivos, su reemplazo y mantenimiento.
- Utilización del software de telegestión.
- Mantenimiento de la estructura de comunicaciones y de la plataforma de telegestión.

Aunque los niveles de formación requeridos dependerán del tipo de: equipo de mando, sistema de ahorro y plataforma de telegestión, elegidos. Pudiéndose en muchos casos realizarse on-line y en otro caso se precisa que sea presencial.

En el caso que sea necesario realizar un plan de formación, se debe planificar adecuadamente y valorar su coste.

6.3. MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS DE TELEGESTIÓN

Otro aspecto importante a tener en cuenta es el servicio de mantenimiento de los equipos y de la plataforma de telegestión. Este no es un servicio de mantenimiento de alumbrado público, es decir no substituye a las empresas de mantenimiento/brigadas municipales, sino que es una herramienta de apoyo a dichos servicios.

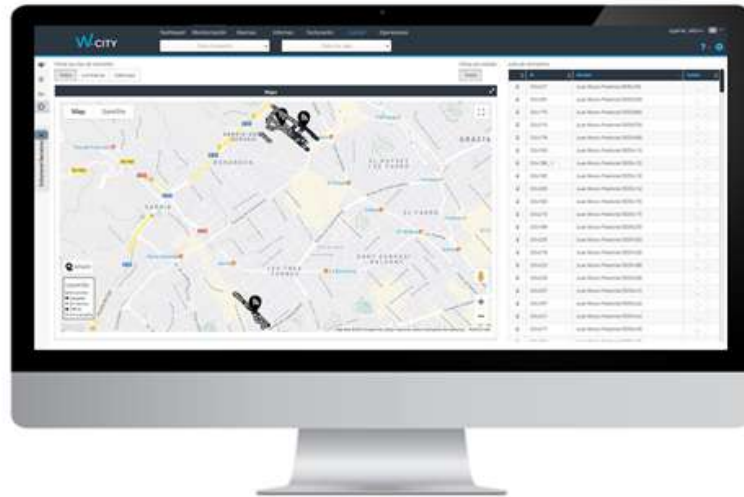
Los distintos niveles de soporte se podrían clasificar de la siguiente manera:

- NIVEL 1 (L1): Es el soporte ofrecido por la empresa de mantenimiento alumbrado público e implica el trabajo en campo de substitución de equipos, revisión y comprobación de los componentes físicos. En este nivel la empresa suministradora de los equipos de telegestión y/o la plataforma, puede dar soporte on-line en el diagnóstico, configuración y/o actualización de los equipos, como servicio de reparación o actualización en sus instalaciones.
- NIVEL 2 (L2): Este nivel es el servicio de soporte, para el mantenimiento y actualización de la plataforma de telegestión, ofrecido por la empresa que gestiona la plataforma (SaaS).
- NIVEL 3 (L3): Este servicio lo ofrece la empresa suministradora de los componentes hardware incluyendo el soporte on-line y de reparación del Nivel 1, junto con el servicio de Nivel 2. Este modelo es el que tiene más futuro pues permite una evolución futura del sistema de telegestión con actualizaciones constantes.

6.3.1. SaaS (Software as a Service)

Gran parte de este tipo de soluciones se gestionan mediante un servicio de SaaS, es decir, es un modelo de distribución de software donde el soporte lógico y los datos que maneja se alojan en servidores de una compañía de tecnologías TIC.





Ejemplo de software. Fuente: Wattabit.

Este tipo de servicio suele incluir 3 conceptos como son:

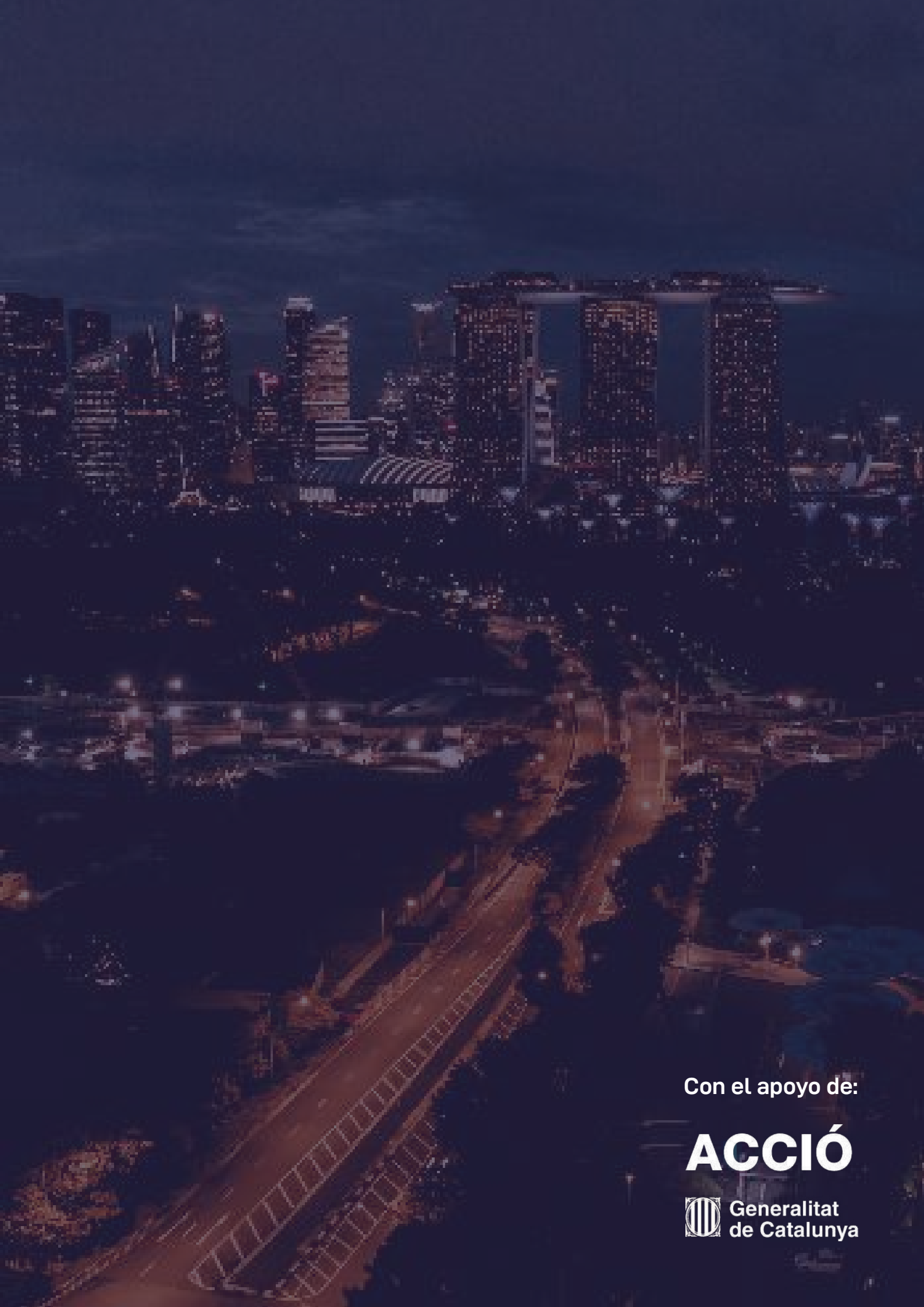
- **HOSTING:** son servidores Cloud (tipo AWS o Microsoft Azzure), a los que se accede vía Internet desde un cliente. Esta infraestructura se recomienda que cuente con firewalls redundantes para garantizar la máxima seguridad de los datos, así como su máxima disponibilidad. El servicio de Hosting debe poder adaptarse a las necesidades futuras para posibles ampliaciones y/o nuevas capacidades del software.
- **COMUNICACIONES:** Las comunicaciones de los Gateways/ Centros de Mando con el software suelen usar comunicaciones M2M. En la mayoría de los casos de SaaS, la gestión de las comunicaciones la suele proporcionar el propio proveedor de la solución, ya que de esta manera se garantizan las comunicaciones y se evita el efecto "ping-pong" entre proveedor de la solución y proveedor de las comunicaciones que no facilita el buen funcionamiento del sistema.
- **SOPORTE, MANTENIMIENTO Y ACTUALIZACIONES:** Para un buen funcionamiento de la plataforma es necesario que exista un mantenimiento y actualización adecuado. Las actualizaciones incluyen mejoras, nuevas funcionalidades, así como mantenimientos correctivos de bugs. El soporte suele ofrecerse en función del número de puntos de luz, número de puntos de acceso (Gateways) y/o número de cuadros a gestionar. El nivel de servicio variará en función del grado requerido por el cliente, ya que éste podrá incluir diferentes necesidades y/o módulos como pueden ser:
 - Inventario.
 - Gestión Energética.
 - Informes.
 - Carga de facturas.

7

Bibliografía

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma>
<https://lucescei.com/articulo-schreder-conectividad-en-la-smart-city-a-traves-del-alumbrado-publico-copia/>
<https://smart-lighting.es/tecnologias-comunicacion-inalambricas-iluminacion-vial-exteriores/>
https://es.wikipedia.org/wiki/Banda_ISM
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/09/f26/what-to-look-for-today-in-control-systems_1.pdf
<https://www.talq-consortium.org/>
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2008/11/14/1890>
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2002-18099&tn=2&p=20200620>





Con el apoyo de:

ACCIÓ



Generalitat
de Catalunya