



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Jaén

Trabajo Fin de Grado

ANÁLISIS ENERGÉTICO Y LUMINOTÉCNICO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR EN LA COMARCA DE MÁGINA (JAÉN)

Alumno: Emilia Fernández Mimbrera

Tutor: Prof. D. Blas Ogayar Fernández
Dpto: Ingeniería Eléctrica

2º Tutor: Prof. D. Antonio Guinea de Toro
Dpto: Organización de Empresas, Marketing y Sociología

Junio, 2022

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVO.....	7
3. LIMITE DEL TRABAJO.....	8
4. ALCANCE DEL TRABAJO.....	8
5. METODOLOGÍA.....	9
6. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA COMARCA.....	9
7. DESCRIPCIÓN DE LAS LÁMPARAS DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	11
7.1. Introducción.....	11
7.2. Lámparas.....	12
7.2.1. Lámparas de vapor de sodio a alta presión.....	12
7.2.2. Lámparas de vapor de mercurio.....	15
7.2.3. Lámparas con halogenuros metálicos.....	17
7.2.4. Lámparas LED.....	20
8. ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO DE CADA MUNICIPIO DE LA COMARCA.....	22
8.1. Albánchez de Mágina.....	23
8.2. Bedmar y Garcéz.....	26
8.3. Cabra del Santo Cristo.....	29
8.4. Jimena.....	32
8.5. Torres.....	35
8.6. Campillo de Arenas.....	37
8.7. Bélmez de la Moraleda.....	40
8.8. Cambil.....	44
8.9. Cárcheles.....	48
8.10. Huelma.....	50
8.11. Noalejo.....	53
8.12. Pegalajar.....	55
8.13. Cuadro resumen.....	58
9. INVENTARIO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA COMARCA.....	60
9.1. Inventario de la instalación de alumbrado público previo.....	60
9.2. Inventario de alumbrado público actual.....	60

10. ANÁLISIS DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.....	62
10.1. Consumo energético anual y emisión de CO₂ a la atmósfera.	63
10.2. Proceso de fabricación y desecho de las lámparas.	63
11. SISTEMAS DE AHORRO.	64
11.1. Cambio de lámparas.....	64
11.2. Cambio de los equipos auxiliares.	65
11.3. Equipos de control de la instalación.....	66
11.3.1. Interruptores horarios astronómicos.	66
11.3.2. Interruptores crepusculares.	66
11.4. Métodos de control.	67
11.4.1. Telegestión.....	67
12. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO DE CADA MUNICIPIO DE LA COMARCA.	69
12.1. Albánchez de Mágina.	69
12.2. Bedmar y Garcéz.....	71
12.3. Cabra del Santo Cristo.....	72
12.4. Jimena.....	73
12.5. Torres.	74
12.6. Campillo de Arenas.	75
12.7. Bélmez de la Moraleda.	76
12.8. Cambil.	77
12.9. Cárcheles.	78
12.10. Huelma.	79
12.11. Noalejo.	80
12.12. Pegalajar.	81
12.13. Cuadro Resumen.....	82
13. RATIOS COMPARATIVOS.....	83
14. POSIBILIDAD DE MEJORA.....	86
15. CONCLUSIONES.	87
16. BIBLIOGRAFÍA.	88

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Situación de la Comarca de Sierra Mágina en Andalucía.	10
Ilustración 2: Todas las Comarcas de la provincia de Jaén, incluida la Comarca de Sierra Mágina.	11
Ilustración 3: Constitución de la lámpara de vapor de sodio a alta presión.	14
Ilustración 4: Constitución de la lámpara de vapor de mercurio.	15
Ilustración 5: Constitución lámpara con halogenuros metálicos.	18
Ilustración 6: Componentes de un LED.	20
Ilustración 7: Esquema de un sistema de telegestión.....	67

Índice de Tablas

Tabla 1: Características de las lámparas de vapor de sodio a alta presión. Fuente (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2001).	14
Tabla 2: Características de las lámparas de vapor de mercurio. Fuente (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2001).	17
Tabla 3: Características de las lámparas con halogenuros metálicos. Fuente (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2001).	19
Tabla 4.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Albánchez de Mágina.	23
Tabla 4.2: Inventario de los PL de la instalación que sustituyeron en Albánchez de Mágina.	23
Tabla 4.3: Inventario de los PL que se instalaron en Albánchez de Mágina.	24
Tabla 5.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Bedmar y Garcíez.	26
Tabla 5.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Bedmar y Garcíez.	27
Tabla 5.3: Inventario de los PL que se instalaron en Bedmar y Garcíez.	28
Tabla 6.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Cabra del Santo Cristo.	29
Tabla 6.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Cabra del Santo Cristo.	30
Tabla 6.3: Inventario de los PL que se instalaron en Cabra del Santo Cristo.	30
Tabla 7.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Jimena.	32
Tabla 7.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Jimena.	33
Tabla 7.3: Inventario de los PL que se instalaron en Jimena.	33
Tabla 8.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Torres.	35
Tabla 8.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Torres.	35
Tabla 8.3: Inventario de los PL que se instalaron en Torres.	36
Tabla 9.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Campillo de Arenas.	37
Tabla 9.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Campillo de Arenas.	38
Tabla 9.3: Inventario de los PL que se instalaron en Campillo de Arenas.	38
Tabla 10.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Bélmez de la Moraleda.	40
Tabla 10.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Bélmez de la Moraleda.	41

Tabla 10.3: Inventario de los PL que se instalaron en Bélmez de la Moraleda.	42
Tabla 11.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Cambil.	44
Tabla 11.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Cambil.	45
Tabla 11.3: Inventario de los PL que se instalaron en Cambil.	46
Tabla 12.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Cárcheles.	48
Tabla 12.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Cárcheles.	48
Tabla 12.3: Inventario de los PL que se instalaron en Cárcheles.	49
Tabla 13.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Huelma.	50
Tabla 13.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Huelma.	51
Tabla 13.3: Inventario de los PL que se instalaron en Huelma.	51
Tabla 14.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Noalejo.	53
Tabla 14.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Noalejo.	53
Tabla 14.3: Inventario de los PL que se instalaron en Noalejo.	54
Tabla 15.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Pegalajar.	55
Tabla 15.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Pegalajar.	56
Tabla 15.3: Inventario de los PL que se instalaron en Pegalajar.	56
Tabla 16: Cuadro resumen de la reducción en kWh/año y de kg CO₂/año	58
Tabla 17.1: Inventario de lámparas previo.	60
Tabla 17.2: Potencia instalada de cada tipo de lámpara antes.	60
Tabla 18.1: Inventario de lámparas actual.	61
Tabla 18.2: Potencia instalada de cada tipo de lámpara actual.	61
Tabla 19: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Albánchez de Mágina.	70
Tabla 20: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Bedmar y Garcéz.	71
Tabla 21: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Cabra del Santo Cristo.	72
Tabla 22: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Jimena.	73
Tabla 23: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Torres.	74
Tabla 24: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Campillo de Arenas.	75

Tabla 25: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Bélmez de la Moraleda.....	76
Tabla 26: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Cambil.	77
Tabla 27: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Cárcheles.	78
Tabla 28: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Huelma.	79
Tabla 29: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Noalejo.	80
Tabla 30: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Pegalajar.	81
Tabla 31: Cuadro resumen del ahorro económico de la renovación.	82
Tabla 32.1: Ratios comparativos.	83
Tabla 32.2: Ratios comparativos.	84

1. INTRODUCCIÓN.

En este trabajo se analizará el proyecto realizado de la renovación de las instalaciones de alumbrado de municipios de la Comarca de Sierra Mágina (Jaén). Los municipios donde se llevó a cabo esta renovación fueron los siguientes: Albánchez de Mágina, Bedmar y Garcíez, Cabra del Santo Cristo, Jimena, Torres, Campillo de Arenas, Bélmez de la Moraleda, Cambil, Cárcheles, Huelma, Noalejo y Pegalajar.

En la renovación se priorizaron los elementos menos eficientes energéticamente del alumbrado público exterior de estos municipios, con el fin de conseguir una mejora en la eficiencia del alumbrado público, reduciendo así el gasto energético y el impacto medioambiental, aumentando también la capacidad lumínica de los puntos de luz y facilitando el mantenimiento y control del alumbrado.

Como se mostrará más adelante, los cambios en estos municipios se han realizado apostando por la tecnología LED y poniendo como objetivo mínimo una rebaja de al menos un 60% del consumo energético de los elementos que se eligieron para sustituir.

2. OBJETIVO.

Con este trabajo se pretende analizar cuál es la situación actual del consumo energético y analizar el ahorro conseguido en comparación con la situación anterior una vez realizados los cambios propuestos en las luminarias elegidas.

Los objetivos básicos son los siguientes:

- Analizar el estado actual de las instalaciones de alumbrado público exterior: energética y económicamente.
- Determinar las medidas realizadas.
- Determinar el ahorro conseguido.
- Analizar la metodología seguida.
- Comprobar los sistemas de mejora de ahorro energético.

Otros objetivos perseguidos son:

- Conocer la tecnología y los diferentes sistemas de ahorro existentes en la comarca.
- Anotar una mejora para el sistema de alumbrado público.
- Cumplir con el compromiso social y medioambiental de hacer cada vez las instalaciones más eficientes y sostenibles.

3. LIMITE DEL TRABAJO.

En este trabajo se analizan los proyectos facilitados por la Diputación Provincial de Jaén con sus correspondientes números de expedientes: FEDER-EELL-2018-000229/936 y FEDER-EELL-2018-000172/940. Este análisis afecta solo a las localidades anteriormente mencionadas de la Comarca de Sierra Mágina que son: Albánchez de Mágina, Bedmar y Garcíez, Cabra del Santo Cristo, Jimena, Torres, Campillo de Arenas, Bélmez de la Moraleda, Cambil, Cárcheles, Huelma, Noalejo y Pegalajar.

4. ALCANCE DEL TRABAJO.

Para la realización del presente trabajo se comenzará por definir la zona en la que se realizó la renovación del alumbrado, la Comarca de Sierra Mágina. A continuación, se explican las características del sistema de alumbrado público y los diferentes tipos de lámparas existentes en la comarca. Después se analizará la reducción que se consiguió en lo que respecta a la potencia de la instalación, y por tanto también a la reducción del consumo energético y de la facturación eléctrica de cada municipio.

5. METODOLOGÍA.

La metodología seguida es la siguiente:

1. Leer y trabajar los dos documentos facilitados por la Diputación Provincial de Jaén.
2. Analizar el consumo energético de las instalaciones de alumbrado exterior.
3. Contabilizar e inventariar las instalaciones existentes.
4. Determinar el ahorro conseguido, tanto energéticamente como económicamente.
5. Comprobar que las medidas son las correctas.
6. Evaluar las mejoras energéticas y ambientales de las instalaciones actuales.

6. SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA COMARCA.

Sierra Mágina es el nombre de una comarca de las 10 que tiene la provincia de Jaén en Andalucía. Una parte significativa de su territorio forma parte del Parque Natural de Sierra Mágina.

Sierra Mágina, comarca ubicada en el centro sur de la provincia de Jaén, está formada, según el pliego de condiciones del Consejo Regulador de la Denominación de Origen, por 15 municipios: Albánchez de Mágina, Bedmar y Garcíez, Bélmez de la Moraleda, Cabra del Santo Cristo, Cambil, Cárcheles, Campillo de Arenas, La Guardia de Jaén, Huelma-Solera, Jimena, Jódar, Larva, Mancha Real, Pegalajar y Torres. En total supone una extensión de 1.389 kilómetros cuadrados y una población de alrededor de 47.000 habitantes. La mayor parte de su territorio forma parte del Parque Natural de Sierra Mágina declarado como tal en 1989 y que cuenta con el pico más alto de la provincia, Mágina (2.167 metros). (Consejo Regulador DO Sierra Mágina, 2015). Su capital como centro administrativo es el municipio de Jódar, donde residen casi 1 de cada 3 habitantes de esta comarca.

La actividad económica de Mágina se fundamenta en la agricultura y la ganadería siendo prácticamente la única actividad industrial, hasta hace pocos años,

la relativa a la producción de aceite de oliva. En este sentido, el establecimiento de la Denominación de Origen hace 25 años ha favorecido la revalorización del sector contribuyendo a la comercialización de marcas propias con capacidad para competir en el mercado bajo unos parámetros de calidad. (Consejo Regulador DO Sierra Mágina, 2015).

A continuación, se muestra la ubicación de esta Comarca con respecto a la provincia de Andalucía y con respecto a la situación geográfica dentro de la provincia de Jaén.



Ilustración 6: Situación de la Comarca de Sierra Mágina en Andalucía. Fuente: Es-Academic.



Ilustración 2: Todas las Comarcas de la provincia de Jaén, incluida la Comarca de Sierra Mágina. Fuente: (Andaltura, s.f.)

7. DESCRIPCIÓN DE LAS LÁMPARAS DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO.

7.1. Introducción.

El alumbrado público es un servicio que proporciona la visibilidad apropiada para el correcto desarrollo de las distintas actividades que son propias de las vías públicas de los distintos municipios o espacios de libre circulación. Generalmente el alumbrado público es un servicio municipal que depende de cada ayuntamiento, el cual tiene que encargarse de su instalación y mantenimiento, menos en las infraestructuras viales o carreteras que estas corresponden al gobierno regional o central.

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) el consumo eléctrico en el alumbrado público puede llegar a situarse en un 50% del consumo eléctrico total de un Ayuntamiento. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2001)

Además, en España cuenta con unos 8.849.839 puntos de luz con una potencia media de 156 W, representando un consumo eléctrico de 5.296 GWh/año para todo el país. (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, s.f.).

Según REE la demanda nacional del año 2019 fue 264.635 GWh/año. (Red Eléctrica de España, 2020). Por tanto, las instalaciones de alumbrado público suponen el 2% del consumo total de España.

7.2. Lámparas

Se van a numerar y definir una serie de características de las lámparas más utilizadas en la comarca que son las siguientes: vapor de sodio a alta presión, vapor de mercurio, halogenuros metálicos y LED.

7.2.1. Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión son lámparas de descarga. En este tipo de lámparas la producción de la energía luminosa se causa por la excitación de los electrones de los átomos de un gas ubicado dentro de un tubo de descarga. Este tubo de descarga contiene xenón y una amalgama de sodio y mercurio a alta presión.

El funcionamiento sería la aplicación de una diferencia de potencial entre los extremos del tubo en el que está ubicado el gas, se crea una corriente eléctrica y algunos de los electrones de esta corriente, chocan con los átomos del gas, pudiendo causar la excitación de sus electrones que llegarán a orbitas de más energía. Ese electrón que sube de orbita, regresará a su órbita para recuperar el equilibrio energético del átomo, y en este salto de vuelta perderá parte de la energía que había obtenido en el choque. Estos saltos energéticos liberan energía con distintas longitudes de onda, pudiendo determinar la distribución espectral de la luz emitida.

Las longitudes de onda suelen estar entre los 550 y 650 nm, pero varía según el tipo y la potencia. Igual pasa con la eficacia, que oscila entre los 68 y los 150 lm/W, en función de la potencia de la lámpara. Tiene una vida útil de entre 10.000 y 22.000 horas funcionando según las especificaciones del fabricante. El rendimiento de color de estas lámparas es pobre ($R_a = 25$)

Para funcionar, este tipo de lámparas necesitan de la instalación de un equipo auxiliar. Su tiempo de encendido para alcanzar su régimen nominal puede variar entre los 5 y 10 minutos. Necesitan una tensión elevada para el arranque, por tanto, se necesitaría un arrancador y un balasto, además de añadir un condensador para corregir el factor de potencia. También, se puede regular la emisión de luz de la lámpara con un equipo adecuado para ello.

Resumiendo, sus ventajas serían:

- Muy buena eficacia luminosa.
- Larga duración.
- Aceptable rendimiento en color en algunos tipos especiales.
- Poca depreciación del flujo.
- Posibilidad de regulación del flujo.

Y sus inconvenientes:

- Mala reproducción cromática en versión estándar.
- Estabilización no instantánea.
- En potencias pequeñas, gran sensibilidad a sobretensión.
- Necesidad de equipos especiales para reencendido en caliente.

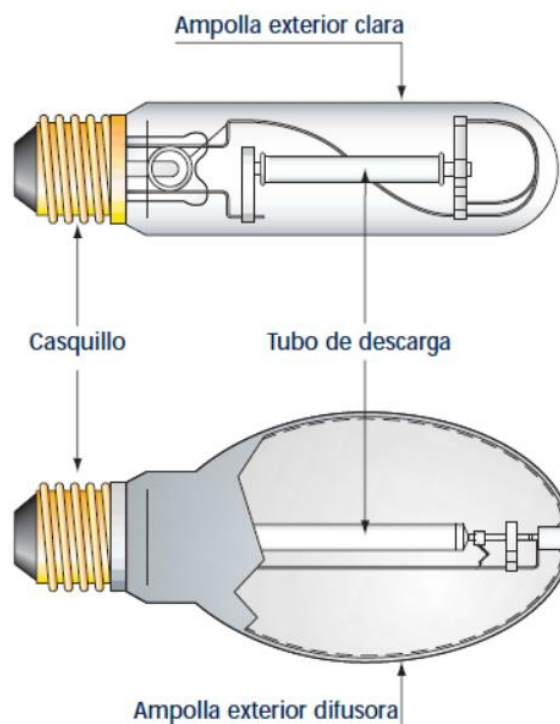


Ilustración 3: Constitución de la lámpara de vapor de sodio a alta presión. Fuente: (Grupo de Estudios Luminotécnicos de la UPC, s.f.)

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Estándar Ovoide	70	5.600	80	1.950 K	25	16.000
	100	10.000	100			
	150	15.750	105			
	250	30.250	121			
	400	54.000	135			
Ovoide Color Mejorado	1.000	130.000	130	2.200 K	60	16.000
	150	12.125	80,8			
	250	22.000	88			
	400	36.500	91,2			
	50	4.000	80			
Estándar Tubular	70	6.650	95	1.950 K	23	16.000
	100	10.500	105			
	150	16.500	110			
	250	31.600	126,4			
	400	55.250	138,1			
Tubular Color Mejorado	600	90.000	150	2.200 K	60(2B)	16.000
	1.000	125.000	125			
	150	12.600	84			
	250	23.000	92			
	400	38.000	95			
Sodio Blanco	50(53)	2.300	43	2.200 K	80(1B)	10.000
	100(97)	4.700	48	2.200 K	80(1B)	10.000
Sodio Xenón	55	3.800	69	2.800 K	45(3)	8.000
	33	2.100	64	2.800 K	45(3)	8.000
	80	6.100	76	2.800 K	45(3)	8.000
	50	3.300	66	2.600 K	83(1A)	8.000
	80	4.500	58	3.000 K		

Tabla 1: Características de las lámparas de vapor de sodio a alta presión. Fuente (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2001).

7.2.2. Lámparas de vapor de mercurio.

Las lámparas de mercurio son lámparas de descarga en gas y se caracterizan por tener un color blanco azulado. El tubo de descarga contiene mercurio y un gas de relleno inerte, normalmente argón. El tubo de descarga está encapsulado en una ampolla de vidrio.

En estas lámparas al cerrar el interruptor, se crea un pequeño arco entre sus electrodos, provocando una ionización del gas de relleno inerte, iniciando la descarga principal. La descarga se produce con la ayuda de este gas debido a que el mercurio empieza a temperatura ambiente y a una presión baja. Al aumentar la temperatura del mercurio, se va vaporizando y va aumentando la presión en el interior del tubo. Al pasar unos minutos, el mercurio estará totalmente volatilizado y la descarga ya se produce gracias a este. A partir de aquí el flujo luminoso aumentará y también varía el color que tiene la lámpara. Cuando se alcanza el equilibrio, el balasto es el que regulará la intensidad.

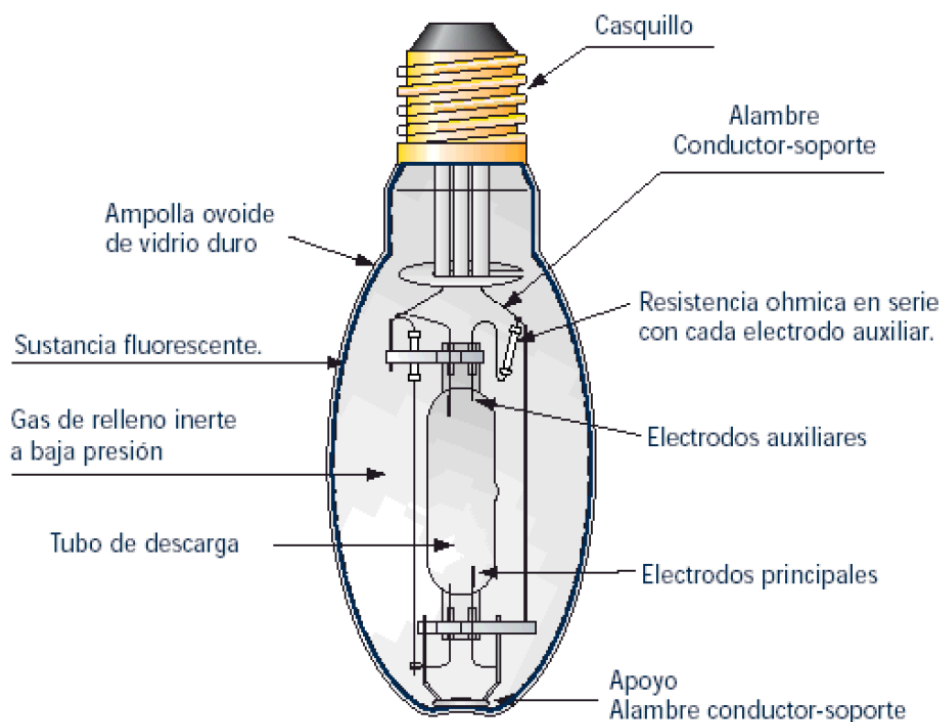


Ilustración 4: Constitución de la lámpara de vapor de mercurio. Fuente: (Grupo de Estudios Luminotécnicos de la UPC, s.f.)

Estas lámparas también necesitan un equipo auxiliar con una bobina que limite la intensidad que circula por el tubo y estabiliza la descarga. Y aunque no necesitan tener un arrancador, si necesitan tener un condensador en paralelo que compense el factor de potencia. Su tiempo de encendido es de unos 4 minutos y no es aconsejable regular el flujo de este tipo de lámparas.

Su eficacia luminosa está entre los 36 y 59 lm/W, en función de la potencia. Tienen una temperatura de color de 6.000 K. Su rendimiento de color es pobre ($R_a = 15$), aunque existe una variante llamada “vapor de mercurio con color corregido” que alcanza un $R_a = 52$ y una $T_c = 3.300$ K. Y tiene entre 12.000 y 24.000 horas de vida útil si se mantienen las condiciones de funcionamiento del fabricante.

El RD 1890/2008 de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, prohíbe la utilización, en estas instalaciones, de lámparas con eficacias inferiores a 65 lm/W; por lo tanto, queda excluida este tipo de lámpara para tales aplicaciones.

Existen 2 variantes de este tipo de lámparas: las de color corregido y las de eficiencia mejorada.

Tipo de color corregido:

- Eficacia: 46 – 55 lm/W.
- Vida útil: 16.000 horas
- Temperatura de Color: 3.800 K
- Índice de Rendimiento de color: 40 – 46
- Gama de Potencias: 50 – 2.000 W

Tipo eficiencia mejorada:

- Eficacia: 50 – 60 lm/W.
- Vida útil: 16.000 horas
- Temperatura de Color: 3.300 K
- Índice de Rendimiento de Color: 60
- Gama de potencias: 80 – 400 W

Resumiendo, las ventajas de las lámparas de vapor de mercurio son:

- Larga duración.
- Eficacia luminosa.
- Flujo luminoso unitario importante en altas potencias.
- Variedad de potencias.
- Posibilidad de utilizar a doble nivel.

Y sus inconvenientes:

- En ocasiones, alta radiación de UV.
- Flujo luminoso no instantáneo.
- Importante depreciación del flujo.

En la tabla se muestran las características más importantes que dependen del modelo de lámpara:

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Estándar	50	1.800	36	4.000 K	47(3)	16.000
	80	3.750	41,7			
	125	6.250	50			
	250	12.850	51,4			
	400	22.000	55			
Ovoide	700	39.250	56,1	3.500 K	55(3)	16.000
	1.000	58.250	58,2			
Ovoide Color	50	2.000	40			
	80	4.050	50,6			
	125	6.600	52,8			
	250	14.000	56			
Mejorado	400	24.000	60	4.000 K	43(3)	12.000
Con	125	5.700	45,6			
	250	13.750	55			
Reflector	400	20.250	50,6			

Tabla 2: Características de las lámparas de vapor de mercurio. Fuente (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2001).

7.2.3. Lámparas con halogenuros metálicos.

La lámpara de halogenuros metálicos es una variedad de la lámpara de vapor de mercurio. La diferencia es que en el tubo de descarga hay unos aditivos metálicos con el fin de mejorar su rendimiento luminoso y de color potenciando ciertas zonas del espectro visible.

Una ventaja que tienen es que se pueden adaptar según las necesidades requeridas cambiando las composiciones de los metales que se añaden en el tubo de descarga.

Su funcionamiento es igual al de la lámpara de vapor de mercurio. Con la descarga eléctrica provocada por una diferencia de potencial entre los electrodos, se obtiene la luz. El arranque es la principal diferencia con las de vapor de mercurio. Las de halogenuros metálicos requieren de una tensión de encendido elevada que se realiza con un arrancador, y este deberá ser conectado junto a un condensador y un balasto en serie con el tubo de descarga.

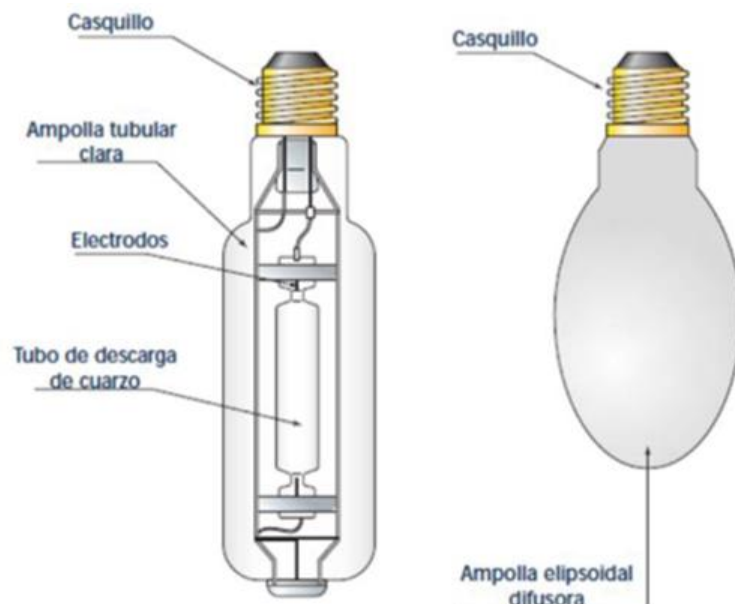


Ilustración 5: Constitución lámpara con halogenuros metálicos. Fuente: (Grupo de Estudios Luminotécnicos de la UPC, s.f.)

Los equipos auxiliares necesarios para este tipo de lámpara sería el arrancador, que está formado por un tiristor que es el que provoca el pico de tensión. También será necesario un balasto conectado en serie con el tubo de descarga que permita la estabilización de la descarga y un condensador que compense el factor de potencia.

Tienen una eficacia luminosa de entre 70 y 90 lm/W. Una vida útil de entre 8.000 y 16.000 horas. Un rendimiento de color de entre 70 y 85. Y en este tipo de lámparas no se recomienda su regulación debido a que no se mantendrían sus características de color ni de vida útil y además pudiendo conseguir el apagado de la lámpara.

Algunas de sus ventajas son:

- Buena eficacia luminosa.
- Duración media.
- Flujo luminoso unitario importante en altas potencias.
- Variedad de potencias.

Y sus inconvenientes:

- Alta depreciación del flujo, debido a la migración de los componentes a través del tubo de descarga.
- Sensibilidad a las variaciones de tensión.
- Requiere equipos especiales para arranque en caliente.
- Flujo luminoso no instantáneo.
- Poca estabilidad de color.

Las características de las lámparas con halogenuros metálicos son las siguientes:

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Estándar Ovoide	70	5.600	80	1.950 K	25	16.000
	100	10.000	100			
	150	15.750	105			
	250	30.250	121			
	400	54.000	135			
Ovoide Color Mejorado	1.000	130.000	130	2.200 K	60	16.000
	150	12.125	80,8			
	250	22.000	88			
	400	36.500	91,2			
	50	4.000	80			
Estándar Tubular	70	6.650	95	1.950 K	23	16.000
	100	10.500	105			
	150	16.500	110			
	250	31.600	126,4			
	400	55.250	138,1			
Tubular Color Mejorado	600	90.000	150	2.200 K	60(2B)	16.000
	1.000	125.000	125			
	150	12.600	84			
	250	23.000	92			
	400	38.000	95			
Sodio Blanco	50(53)	2.300	43	2.200 K	80(1B)	10.000
	100(97)	4.700	48	2.200 K	80(1B)	10.000
Sodio Xenón	55	3.800	69	2.800 K	45(3)	8.000
	33	2.100	64	2.800 K	45(3)	8.000
	80	6.100	76			
	50	3.300	66			
	80	4.500	58	2.600 K	83(1A)	8.000
				3.000 K		

Tabla 3: Características de las lámparas con halogenuros metálicos. Fuente (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2001).

7.2.4. Lámparas LED.

Un LED (Lighting Emitting Diode – diodo emisor de luz) es un diodo (componente electrónico semiconductor) que, al aplicarle una corriente eléctrica en unas condiciones establecidas, emite luz. La longitud de onda emitida y por tanto su color, viene determinado por la composición química del material semiconductor utilizado en su fabricación. Los que se utilizan en el alumbrado se llaman de forma genérica como LED de alta potencia.

Los LED tienen principalmente un ánodo (positivo), un cátodo (negativo), una lente (una cápsula que lo recubre de plástico epoxi), un contacto metálico que funciona como hilo conductor, una cavidad reflectora, un yunque y una plaqueta. Son pequeños de tamaño y tienen numerosas ventajas que veremos más adelante, por lo que se suelen considerar el mejor sustituto de las lámparas tradicionales.

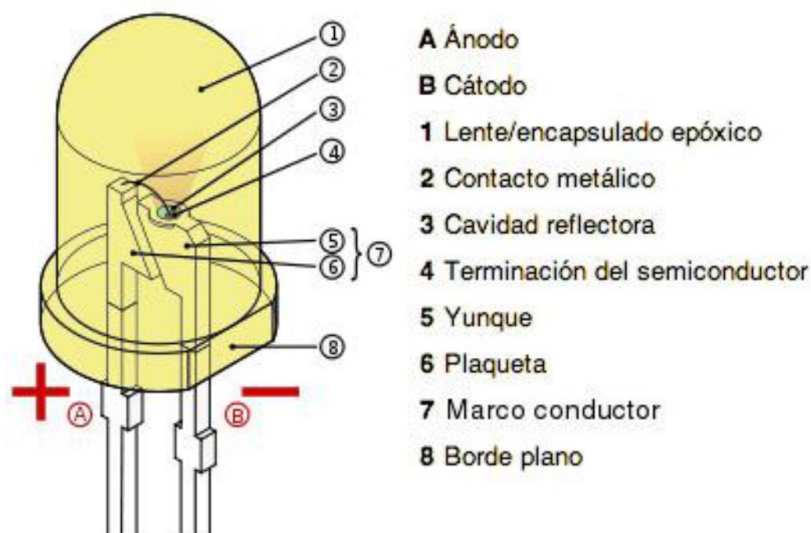


Ilustración 6: Componentes de un LED. Fuente: (Pérez Martínez, 2019)

El LED tiene importantes ventajas frente a las lámparas tradicionales, como son las siguientes:

- Luz monocromática con una gama de colores amplia, ideal para iluminaciones decorativas.
- Tamaño reducido, permitiendo una gran flexibilidad y simplicidad en el diseño de las luminarias y pudiendo aplicarse a diversas aplicaciones.
- Elevada eficacia lm/W dependiendo de la corriente con la que se alimente. Con intensidades de corriente de 350 mA se obtiene la mayor eficacia,

pudiendo llegar a los 100 o 120 lm/W cuando trabajan varios LED juntos en la misma luminaria.

- Su vida útil varía entre las 50.000 y 100.000 horas, respetando las condiciones especificadas por el fabricante. Su vida útil depende de la temperatura ambiente en la que trabaja, de la corriente con la que se alimenta y de su disipación térmica.
- No emite radiación ultravioleta ni infrarroja (los materiales expuestos a esta luz no se deteriorarán).
- Alta resistencia a golpes y vibraciones: pueden trabajar en condiciones mecánicas desfavorables, siendo más fiable que las lámparas tradicionales.
- Tienen un encendido instantáneo y permite regular el flujo de manera fácil.
- Poco consumo y ahorro de energía, debido a que necesitan de poca potencia.
- Efectividad a bajas temperaturas: funcionan bien a temperaturas bajas de hasta menos 30°C.

Sus características y propiedades nos permiten obtener estas mejoras que dan una serie de beneficios que son los siguientes:

- Alta rentabilidad económica debido al bajo consumo de energía y a su largo ciclo de vida.
- Aumento de la seguridad gracias a su fiabilidad, incluso cuando las condiciones ambientales son desfavorables.
- Existen opciones creativas de diseño para aplicaciones innovadoras en iluminación, debido a su variedad de colores, dimensiones compactas y productos versátiles.

El LED solo funciona cuando es alimentado con una polarización correcta en sus bornes y no puede conectarse directamente a tensión de red. Por tanto, para su correcto funcionamiento requiere de la utilización de una fuente de alimentación, llamada “driver”, encargado de transformar la tensión que llega de la red adaptándola a las especificaciones que requiera la luminaria LED, para mantener así un valor constante de la intensidad que atraviesa el diodo, ya que los LED trabajan con corriente continua.

La corriente de salida en una instalación eléctrica supera los escasos miliamperios que necesita un LED para que pueda emitir la luz. Por lo tanto, el driver es el equipo que se ocupa de que la intensidad disminuya sin que esto signifique una pérdida de energía, pudiendo mantener la corriente constante y aminorando la generación de calor, permitiendo alargar su vida útil. En definitiva, el driver es un elemento muy importante ya que de él depende la energía eléctrica que podemos aprovechar del consumo de los LED.

8. ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO DE CADA MUNICIPIO DE LA COMARCA.

En este apartado se exponen tres tablas de datos por cada municipio. Todos los apartados tendrán la misma estructura:

- Primera tabla: Inventario de la instalación de alumbrado público antes de llevarse a cabo la renovación.
- Segunda tabla: Inventario de todos los puntos de luz que se plantearon sustituir. Es decir, los puntos de luz que fueron sustituidos.
- Tercera tabla: Inventario de las lámparas LED que se instalaron en los puntos de luz que se decidió sustituir.

Todos los datos se han obtenido de la Diputación Provincial de Jaén, a través de dos documentos que tienen los siguientes números de expedientes: FEDER-EELL-2018-000229/936 y FEDER-EELL-2018-000172/940.

8.1. Albánchez de Mágina.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
Asimétrica Abierta	VM	15	125	18,75	2,16
Asimétrica	LED	4	40	0	0,16
Farol Villa	VSAP	269	150	22,5	46,40
Fernandino	VSAP	14	150	22,5	2,42
Farol Villa	Inducción	5	30	4,5	0,17
Asimétrica Cerrada	VSAP	4	150	22,5	0,69
Proyector	HM	6	1000	150	6,90
Total		317			58,9

Tabla 4.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Albánchez de Mágina.

En este municipio cuenta con 317 puntos de luz con una potencia total de 58,9 kW. El 90,53% de los puntos de luz tienen la lámpara VSAP (vapor de sodio a alta presión) y suponen el 84,06% de la potencia total del alumbrado de este municipio.

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz de la instalación que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
Asimétrica abierta	VM	8	125	18,75	1,15
Farol villa	VSAP	269	150	22,5	46,40
Fernandino	VSAP	14	150	22,5	2,415
Farol villa	Inducción	5	30	4,5	0,1725
Asimétrica cerrada	VSAP	4	150	22,5	0,69
Total		300			50,83

Tabla 4.2: Inventario de los PL de la instalación que sustituyeron en Albánchez de Mágina.

En este municipio cambiaron 300 puntos de luz, el 94,64% del total. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	8	35	0	0,28
FAROL VILLA	LED	269	35	0	9,415
FERNANDINO	LED	14	35	0	0,49
FAROL VILLA	LED	5	35	0	0,175
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	4	35	0	0,14
Total		300			10,5

Tabla 4.3: Inventario de los PL que se instalaron en Albánchez de Mágina.

Con respecto a los 300 puntos de luz que se han cambiado la reducción ha sido de un 79,34%. En total se consigue una potencia instalada de 18,57 kW en los 317 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 68,47%.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de funcionamiento normal, 2.100 horas serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 58,9 kW se tenía un consumo de unos 247.380 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de 18,57 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 62.395,2 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 184.984,8 kWh/año (un 74,78% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Albánchez de Mágina es el siguiente:

- Cambiando el 94,64% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 74,78%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 96.377 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,01591 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.2. Bedmar y Garcéz.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ESFÉRICA	VSAP	1	100	15	0,12
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	25	150	22,5	4,31
PROYECTOR	HM	9	400	60	4,14
PROYECTOR	VSAP	16	1000	150	18,40
FAROL VILLA	HM	317	100	15	36,46
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	20	250	37,5	5,75
PROYECTOR	HM	12	150	22,5	2,07
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	7	125	18,75	1,01
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	29	28	0	0,81
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	2	35	0	0,07
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	6	40	0	0,24
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	58	48	0	2,78
FAROL VILLA	VSAP	15	150	22,5	2,59
FERNANDINO	VSAP	32	150	22,5	5,52
FAROL VILLA	BAJO CONSUMO	4	32	4,8	0,15
FAROL VILLA	HM	42	150	22,5	7,25
Total		595			91,65

Tabla 5.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Bedmar y Garcéz.

En este municipio cuenta con 595 puntos de luz con una potencia total de 91,65 kW. El 63,87% de los puntos de luz tienen la lámpara HM (Halogenuro Metálico) y suponen el 54,47% de la potencia total del alumbrado de este municipio.

Además, tiene solo un 18,32% de puntos de luz con VSAP (vapor de sodio a alta presión), suponiendo un 40% de la potencia total del alumbrado. También se ve como en este municipio ya había un 15,97% de puntos de luz con tecnología LED (95 PL).

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	25	150	22,5	4,313
PROYECTOR	HM	1	400	60	0,46
FAROL	HM	317	100	15	36,455
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	20	250	37,5	5,75
PROYECTOR	HM	12	150	22,5	2,07
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	7	125	18,75	1,01
FAROL	VSAP	15	150	22,5	2,59
FERNANDINO	VSAP	31	150	22,5	5,35
FAROL	BAJO CONSUMO	4	32	4,8	0,147
FAROL	HM	42	150	22,5	7,245
Total		474			65,38

Tabla 5.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Bedmar y Garcéz.

En este municipio cambiaron 474 puntos de luz, el 79,66% del total. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	25	35	0	0,875
PROYECTOR	LED	1	27	0	0,027
FAROL	LED	317	27	0	8,559
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	20	53	0	1,06
PROYECTOR	LED	12	100	0	1,2
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	7	27	0	0,189
FAROL	LED	15	53	0	0,795
FERNANDINO	LED	31	35	0	1,085
FAROL	LED	4	27	0	0,108
FAROL	LED	42	53	0	2,226
Total		474			16,12

Tabla 5.3: Inventario de los PL que se instalaron en Bedmar y Garcéz.

Con respecto a los 474 puntos de luz que se han cambiado la reducción ha sido de un 75,34 %. En total se consigue una potencia instalada de 42,39 KW en los 595 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 53,75%.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de funcionamiento normal, 2.100 horas serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 91,65 kW se tenía un consumo de unos 384.930 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de

42,39 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 142.430,4 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 242.499,6 kWh/año (un 63% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Bedmar y Garcéz es el siguiente:

- Cambiando el 79,66% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 63%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 126.342,3 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,02085 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.3. Cabra del Santo Cristo.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	VM	325	125	18,75	46,72
FAROL VILLA	HM	61	100	15	7,02
FERNANDINO	VM	8	125	18,75	1,15
ASIMÉTRICA CERRADA	VM	12	125	18,75	1,73
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	109	125	18,75	15,70
ASIMÉTRICA CERRADA	VM	20	250	37,5	5,76
PROYECTOR	HM	21	150	22,5	3,62
ESFÉRICA	VM	17	125	18,75	2,44
PROYECTOR	HM	4	400	60	1,84
Total		577			85,97

Tabla 6.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Cabra del Santo Cristo.

En este municipio cuenta con 577 puntos de luz con una potencia total de 85,97 kW. El 85,1% de los puntos de luz tienen la lámpara VM (vapor de mercurio) y suponen el 85,5% de la potencia total del alumbrado de este municipio.

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL	VM	13	125	18,75	1,87
FAROL	HM	13	100	15	1,5
FERNANDINO	VM	8	125	18,75	1,15
PROYECTOR	HM	21	150	22,5	3,62
ESFÉRICA	VM	17	125	18,75	2,44
PROYECTOR	HM	4	400	60	1,84
Total		76			12,42

Tabla 6.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Cabra del Santo Cristo.

En este municipio solo se cambiaron 76 puntos de luz, el 13,17% del total. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL	LED	13	27	0	0,351
FAROL	LED	13	27	0	0,351
FERNANDINO	LED	8	27	0	0,216
PROYECTOR	LED	21	71	0	1,491
ESFÉRICA	LED	17	27	0	0,459
PROYECTOR	LED	4	136	0	0,544
Total		76			3,41

Tabla 6.3: Inventario de los PL que se instalaron en Cabra del Santo Cristo.

Con respecto a los 76 puntos de luz que se han cambiado la reducción ha sido de un 72,54 %. En total se consigue una potencia instalada de 76,96 KW en los 577 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 10,48%.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de funcionamiento normal, 2.100 horas serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 85,97 kW se tenía un consumo de unos 361.074 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de 76,96 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 258.585,6 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 102.488,4 kWh/año (un 28,38% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Cabra del Santo Cristo es el siguiente:

- Cambiando el 13,17% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 28,38%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 53.396,46 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,008812 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.4. Jimena.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA	VSAP	47	150	22,5	8,11
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	55	125	18,75	7,91
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	206	80	12	18,95
FAROL VILLA	VM	26	80	12	2,39
FAROL VILLA	VM	10	125	18,75	1,44
OTRO	VM	34	125	18,75	4,89
PROYECTOR	VSAP	4	70	10,5	0,32
PROYECTOR	VSAP	8	125	18,75	1,15
ESFÉRICA	VM	12	80	12	1,10
FAROL VILLA	VSAP	13	70	10,5	1,05
FAROL VILLA	VM	2	125	18,75	0,29
ASIMÉTRICA	VM	2	125	18,75	0,29
FAROL VILLA	VSAP	74	125	18,75	10,64
ASIMÉTRICA	VSAP	20	125	18,75	2,88
Total		513			61,40

Tabla 7.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Jimena.

En este municipio cuenta con 513 puntos de luz con una potencia total de 61,40 kW. El 67,64% de los puntos de luz tienen la lámpara VM (vapor de mercurio) y suponen el 60,68% de la potencia total del alumbrado de este municipio. El resto de los puntos de luz y de la potencia es de lámparas tipo VSAP (vapor de sodio a alta presión).

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	25	125	18,75	3,59
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	116	80	12	10,67
FAROL VILLA	VM	5	125	18,75	0,72
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	24	125	18,75	3,45
Total		170			18,43

Tabla 7.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Jimena.

En este municipio se cambiaron 170 puntos de luz, el 33,14% del total. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	25	27	0	0,675
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	116	28	0	3,248
FAROL VILLA	LED	5	30	0	0,15
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	24	29	0	0,696
Total		170			4,77

Tabla 7.3: Inventario de los PL que se instalaron en Jimena.

Con respecto a los 170 puntos de luz que se han cambiado la reducción obtenida ha sido de un 74,12 %. En total se consigue una potencia instalada de 47,74 KW en los 513 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 22,25%.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio

superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de funcionamiento normal, 2.100 horas serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 61,4 kW se tenía un consumo de unos 257.880 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de 47,74 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 160.406,4 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 97.473,6 kWh/año (un 37,8% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Jimena es el siguiente:

- Cambiando el 33,14% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 37,8%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 50.783,75 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,00838 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.5. Torres.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	HM	91	70	10,5	7,33
FAROL VILLA	VSAP	206	100	15	23,69
FAROL VILLA	VSAP	263	150	22,5	45,37
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	9	80	12	0,83
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	18	125	18,75	2,59
ASIMÉTRICA ABIERTA	Luz Mezcla	10	160	24	1,84
Total		597			81,64

Tabla 8.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Torres.

En este municipio cuenta con 597 puntos de luz con una potencia total de 81,64 kW. El 78,56% de los puntos de luz tienen la lámpara VSAP (vapor de sodio a alta presión) con una luminaria de tipo farol y suponen el 84,6% de la potencia total del alumbrado de este municipio.

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	HM	91	70	10,5	7,33
FAROL VILLA	VSAP	206	100	15	23,69
FAROL VILLA	VSAP	263	150	22,5	45,37
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	9	80	12	0,83
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	18	125	18,75	2,59
ASIMÉTRICA ABIERTA	Luz Mezcla	10	160	24	1,84
Total		597			81,64

Tabla 8.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Torres.

En este proyecto de renovación del alumbrado en este municipio se cambiaron los 597 puntos de luz. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	LED	91	27	0	2,457
FAROL VILLA	LED	206	35	0	7,21
FAROL VILLA	LED	263	35	0	9,205
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	9	27	0	0,243
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	18	27	0	0,486
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	10	35	0	0,35
Total		597			19,95

Tabla 8.3: Inventario de los PL que se instalaron en Torres.

En total se consigue una potencia instalada de 19,95 KW en los 597 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 75,56 %.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de funcionamiento normal, pero 2.100 serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 81,64 kW se tenía un consumo de unos 342.888 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de

19,95 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 67.032 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 275.856 kWh/año (un 80,45% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Torres es el siguiente:

- Cambiando el 100% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 80,45%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 143.720,98 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,02372 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.6. Campillo de Arenas.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL FERNANDINO	VSAP	153	100	15	17,6
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	137	125	18,75	19,69
ASIMÉTRICA ABIERTA	VSAP	251	150	22,5	43,3
Total		541			80,59

Tabla 9.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Campillo de Arenas.

En este municipio cuenta con 541 puntos de luz con una potencia total de 80,59 kW. El 74,67% de los puntos de luz tienen la lámpara VSAP (vapor de sodio a alta presión) y suponen el 75,56% de la potencia total del alumbrado de este municipio.

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL FERNANDINO	VSAP	18	100	15	2,07
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	137	125	18,75	19,69
Total		155			21,76

Tabla 9.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Campillo de Arenas.

En este municipio se cambiaron 155 puntos de luz, el 28,65% del total. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL FERNANDINO	VSAP	18	39	0	0,7
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	137	26	0	3,56
Total		155			4,26

Tabla 9.3: Inventario de los PL que se instalaron en Campillo de Arenas.

Con respecto a los 155 puntos de luz que se han cambiado la reducción obtenida ha sido de un 80,42%. En total se consigue una potencia instalada de 60,09 KW en los 541 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 25,44%.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de

regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de funcionamiento normal, 2.100 horas serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 80,59 kW se tenía un consumo de unos 338.478 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de 60,09 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 201.902,4 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 136.575,6 kWh/año (un 40,35% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Campillo de Arenas es el siguiente:

- Cambiando el 28,65% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 40,35%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 71.155,89 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,01174 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.7. Bélmez de la Moraleda.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	VM	62	250	37,5	17,83
ASIMÉTRICA	LED	186	40	0	7,44
FAROL VILLA	VSAP	51	100	15	5,87
ASIMÉTRICA CERRADA	VM	4	125	18,75	0,58
DISEÑO	VSAP	10	100	15	1,15
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	26	150	22,5	4,49
ESFÉRICA	VM	14	125	18,75	2,01
ASIMÉTRICA ABIERTA	VSAP	18	100	15	2,07
FAROL VILLA	VSAP	4	70	10,5	0,32
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	14	125	18,75	2,01
ASIMÉTRICA ABIERTA	VSAP	20	70	10,5	1,61
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	12	150	22,5	2,07
Total		421			47,44

Tabla 10.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Bélmez de la Moraleda.

En este municipio cuenta con 421 puntos de luz con una potencia total de 47,44 kW. El 22,33% de los puntos de luz tienen la lámpara VM (vapor de mercurio) y suponen el 47,28% de la potencia total del alumbrado de este municipio.

Además, el 33,49% de los puntos de luz tienen la lámpara VSAP (vapor de sodio a alta presión) y suponen el 37,06% de la potencia total del alumbrado de este municipio. También, este municipio ya contaba con 186 puntos de luz (44,18%) de lámparas LED.

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	VSAP	51	100	15	5,865
ASIMÉTRICA CERRADA	VM	4	125	18,75	0,575
DISEÑO	VSAP	10	100	15	1,15
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	26	150	22,5	4,485
ESFÉRICA	VM	12	125	18,75	1,725
ASIMÉTRICA ABIERTA	VSAP	18	100	15	2,07
FAROL VILLA	VSAP	4	70	10,5	0,322
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	14	125	18,75	2,01
ASIMÉTRICA ABIERTA	VSAP	20	70	10,5	1,61
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	12	150	22,5	2,07
Total		171			21,88

Tabla 10.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Bélmez de la Moraleda.

En este municipio se cambiaron 171 puntos de luz, el 40,62% del total. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	LED	51	39	0	1,989
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	4	38	0	0,152
DISEÑO	LED	10	38	0	0,38
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	26	38	0	0,988
ESFÉRICA	LED	12	26	0	0,312
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	18	55	0	0,99
FAROL VILLA	LED	4	39	0	0,156
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	14	26	0	0,364
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	20	38	0	0,76
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	12	38	0	0,456
Total		171			6,55

Tabla 10.3: Inventario de los PL que se instalaron en Bélmez de la Moraleda.

Con respecto a los 171 puntos de luz que se han cambiado la reducción obtenida ha sido de un 70,06%. En total se consigue una potencia instalada de 32,11 KW en los 421 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 32,31%.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de funcionamiento normal, 2.100 horas serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 47,44 kW se tenía un consumo de unos 199.248 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de 32,11 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 107.889,6 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 91.358,4 kWh/año (un 45,85% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Bélmez de la Moraleda es el siguiente:

- Cambiando el 40,62% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 45,85%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 47.597,73 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,007855 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.8. Cambil.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	5	100	15	0,575
FAROL VILLA	VSAP	5	70	10,5	0,4
FAROL VILLA	VSAP	223	100	15	25,645
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	7	150	22,5	1,208
ASIMÉTRICA CERRADA	BAJO CONSUMO	17	26	3,9	0,508
ESFÉRICA	VSAP	2	100	15	0,23
FAROL FERNANDINO	HM	15	100	15	1,725
FAROL FERNANDINO	HM	5	150	22,5	0,86
DISEÑO	HM	4	100	15	0,46
ASIMÉTRICA CERRADA	HM	27	250	37,5	7,76
ESFÉRICA	VM	8	80	12	0,736
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	34	150	22,5	5,865
FAROL FERNANDINO	HM	9	150	22,5	1,55
DISEÑO	BAJO CONSUMO	76	20	3	1,75
ASIMÉTRICA CERRADA	VM	380	125	18,75	54,625
Total		817			103,9

Tabla 11.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Cambil.

En este municipio cuenta con 817 puntos de luz con una potencia total de 103,9 kW. El 47,49% de los puntos de luz tienen la lámpara VM (vapor de mercurio) y suponen el 53,28% de la potencia total del alumbrado de este municipio. Además, también cuenta con un 33,78% de lámparas tipo VSAP (vapor de sodio a alta presión), suponiendo un 32,65% de la potencia.

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	5	100	15	0,575
FAROL VILLA	VSAP	5	70	10,5	0,4
FAROL VILLA	VSAP	223	100	15	25,645
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	7	150	22,5	1,21
ASIMÉTRICA CERRADA	BAJO CONSUMO	17	26	3,9	0,51
ESFÉRICA	VSAP	2	100	15	0,23
FERNANDINO	HM	15	100	15	1,725
FERNANDINO	HM	5	150	22,5	0,86
DISEÑO	HM	4	100	15	0,46
ASIMÉTRICA CERRADA	HM	27	250	37,5	7,76
ESFÉRICA	VM	8	80	12	0,736
ASIMÉTRICA CERRADA	VSAP	34	150	22,5	5,865
FERNANDINO	HM	9	150	22,5	1,55
Total		361			47,53

Tabla 11.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Cambil.

En este municipio se cambiaron 361 puntos de luz, el 44,19% del total. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	5	61	0	0,31
FAROL VILLA	LED	5	17,6	0	0,09
FAROL VILLA	LED	223	19	0	4,24
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	7	52	0	0,36
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	17	12	0	0,2
ESFÉRICA	LED	2	27,5	0	0,055
FERNANDINO	LED	15	24	0	0,36
FERNANDINO	LED	5	17,6	0	0,09
DISEÑO	LED	4	11,8	0	0,05
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	27	61	0	1,65
ESFÉRICA	LED	8	11,8	0	0,09
ASIMÉTRICA CERRADA	LED	34	61	0	2,07
FERNANDINO	LED	9	33,5	0	0,3
Total		361			9,87

Tabla 11.3: Inventario de los PL que se instalaron en Cambil.

Con respecto a los 361 puntos de luz que se han cambiado la reducción obtenida ha sido de un 79,23%. En total se consigue una potencia instalada de 66,24 KW en los 817 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 36,25%.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de

funcionamiento normal, 2.100 horas serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 103,9 kW se tenía un consumo de unos 436.380 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de 66,24 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 222.566,4 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 213.813,6 kWh/año (un 49% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Cambil es el siguiente:

- Cambiando el 44,19% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 49%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 111.396,9 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,018385 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.9. Cárcheles.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	VSAP	411	100	15	47,27
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	12	125	18,75	1,73
DISEÑO	VM	6	125	18,75	0,86
VIAL	VSAP	37	150	22,5	6,38
Total		466			56,24

Tabla 12.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Cárcheles.

En este municipio cuenta con 466 puntos de luz con una potencia total de 56,24 kW. El 96,14% de los puntos de luz tienen la lámpara VSAP (vapor de sodio a alta presión) y suponen el 95,4% de la potencia total del alumbrado de este municipio.

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	VSAP	411	100	15	47,27
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	12	125	18,75	1,73
DISEÑO	VM	6	125	18,75	0,86
VIAL	VSAP	37	150	22,5	6,38
Total		466			56,24

Tabla 12.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Cárcheles.

En este municipio se cambiaron los 466 puntos de luz. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	LED	411	27	0	11,1
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	12	27	0	0,32
DISEÑO	LED	6	27	0	0,16
VIAL	LED	37	35	0	1,3
Total		466			12,88

Tabla 12.3: Inventario de los PL que se instalaron en Cárcheles.

En total se consigue una potencia instalada de 12,88 KW en los 466 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 77,1%.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de funcionamiento normal, 2.100 horas serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 56,24 kW se tenía un consumo de unos 236.208 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de 12,88 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 43.276,8 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 192.931,2 kWh/año (un 81,68% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Cárcheles es el siguiente:

- Cambiando el 100% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 81,68%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 100.517,16 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,01659 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.10. Huelma.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA	VM	120	125	18,75	17,25
ASIMÉTRICA	HM	22	100	15	2,53
ASIMÉTRICA	HM	30	150	22,5	5,18
ASIMÉTRICA	VSAP	2	100	15	0,23
ASIMÉTRICA	VSAP	404	150	22,5	69,69
ESFÉRICA	VSAP	4	100	15	0,46
FAROL	HM	343	70	10,5	27,61
FAROL	VM	99	125	18,75	14,23
PROYECTOR	HM	23	400	60	10,58
Total		1.047			147,76

Tabla 13.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Huelma.

En este municipio cuenta con 1.047 puntos de luz con una potencia total de 147,76 kW. El 39,16% de los puntos de luz tienen la lámpara VSAP (vapor de sodio a alta presión) y suponen el 47,63% de la potencia total del alumbrado de este municipio. Además, también cuenta con un alto porcentaje de lámparas de tipo HM (Halogenuro Metálico): un 39,92% de los puntos de luz y un 31,06% de la potencia. Aun así, estos dos tipos de lámparas no fueron sustituidas.

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	120	125	18,75	17,25
FAROL	VM	99	125	18,75	14,23
Total		219			31,48

Tabla 13.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Huelma.

En este municipio se cambiaron 219 puntos de luz, el 20,92% del total. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	120	20	0	2,4
FAROL	LED	99	26	0	2,57
Total		219			4,97

Tabla 13.3: Inventario de los PL que se instalaron en Huelma.

Con respecto a los 219 puntos de luz que se han cambiado la reducción obtenida ha sido de un 84,21%. En total se consigue una potencia instalada de 121,25 kW en los 1.047 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 17,94%.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de

funcionamiento normal, 2.100 horas serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 147,76 kW se tenía un consumo de unos 620.592 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de 121,25 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 407.400 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 213.192 kWh/año (un 34,35% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Huelma es el siguiente:

- Cambiando el 20,92% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 34,35%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 111.073,03 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,01833 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.11. Noalejo.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL	VM	2	125	18,75	0,29
FAROL	VM	24	80	12	2,21
ESFÉRICA	VM	18	125	18,75	2,59
ASIMÉTRICA	VM	11	250	37,5	3,16
ASIMÉTRICA	VM	76	125	18,75	10,92
ASIMÉTRICA	VM	262	125	18,75	37,66
FAROL	VSAP	4	70	10,5	0,32
PROYECTOR	HM	9	400	60	4,14
ESFÉRICA	VSAP	3	150	22,5	0,52
ASIMÉTRICA	FLUORESCENTE	77	20	3	1,77
Total		486			63,58

Tabla 14.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Noalejo.

En este municipio cuenta con 486 puntos de luz con una potencia total de 63,58 kW. El 80,86% de los puntos de luz tienen la lámpara VM (vapor de mercurio) y suponen el 89,38% de la potencia total del alumbrado de este municipio.

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL	VM	2	125	18,75	0,29
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	76	125	18,75	10,92
Total		78			11,21

Tabla 14.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Noalejo.

En este municipio se cambiaron 78 puntos de luz, el 16,05% del total. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL	LED	2	28	0	0,056
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	76	51	0	3,876
Total		78			3,93

Tabla 14.3: Inventario de los PL que se instalaron en Noalejo.

Con respecto a los 78 puntos de luz que se han cambiado la reducción obtenida ha sido de un 64,94%. En total se consigue una potencia instalada de 56,3 kW en los 486 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 11,45%.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de funcionamiento normal, 2.100 horas serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 63,58 kW se tenía un consumo de unos 267.036 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de 56,3 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 189.168 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 77.868 kWh/año (un 29,16% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Noalejo es el siguiente:

- Cambiando el 16,05% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 29,16%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 40.569,23 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,006695 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.12. Pegalajar.

Inventario previo de los puntos de luz de la instalación de alumbrado					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
ASIMÉTRICA	VM	39	80	12	3,59
ASIMÉTRICA	BAJO CONSUMO	106	20	3	2,44
FAROL	VSAP	71	70	10,5	5,72
FAROL VILLA	VSAP	223	100	15	25,65
FAROL	VM	36	80	12	3,31
ESFÉRICA	VM	43	125	18,75	6,18
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	238	125	18,75	34,21
ESFÉRICA	VM	43	80	12	3,96
FAROL VILLA	VM	47	125	18,75	6,76
FAROL FERNANDINO	HM	2	250	37,5	0,58
ASIMÉTRICA	VSAP	10	100	15	1,15
Total		858			93,53

Tabla 15.1: Inventario previo de los PL de la instalación de alumbrado público en Pegalajar.

En este municipio cuenta con 858 puntos de luz con una potencia total de 93,53 kW. El 51,98% de los puntos de luz tienen la lámpara VM (vapor de mercurio) y suponen el 62,02% de la potencia total del alumbrado de este municipio.

Los puntos de luz que fueron sustituidos son los siguientes:

Inventario de los puntos de luz que sustituyeron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	VSAP	223	100	15	25,645
ESFÉRICA	VM	43	125	18,75	6,18
ASIMÉTRICA ABIERTA	VM	238	125	18,75	34,21
FAROL VILLA	VM	47	125	18,75	6,756
FAROL FERNANDINO	HM	2	250	37,5	0,575
Total		553			73,37

Tabla 15.2: Inventario de los PL que sustituyeron en Pegalajar.

En este municipio se cambiaron 553 puntos de luz, el 64,45% del total. Cambiaron todas las lámparas a lámparas LED manteniendo el mismo tipo de luminaria.

Estas son las luminarias nuevas instaladas y sus características:

Inventario de los puntos de luz que se instalaron					
Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Nº puntos de luz	Potencia lámpara (W)	Pot. Equipo auxiliar (W)	Pot. total (kW)
FAROL VILLA	LED	223	26,5	0	5,91
ESFÉRICA	LED	43	16	0	0,69
ASIMÉTRICA ABIERTA	LED	238	23,5	0	5,6
FAROL VILLA	LED	47	24	0	1,128
FAROL FERNANDINO	LED	2	33,5	0	0,067
Total		553			13,39

Tabla 15.3: Inventario de los PL que se instalaron en Pegalajar.

Con respecto a los 553 puntos de luz que se han cambiado la reducción obtenida ha sido de un 81,75%. En total se consigue una potencia instalada de 33,55 kW en los 858 puntos de luz, obteniendo una reducción total de un 64,13%.

Todos los puntos de luz a emplear en el alumbrado exterior estarán equipados con luminarias de bloque óptico, que controlen la emisión de luz en el hemisferio superior y aumenten el factor de utilización en el hemisferio inferior. Y se limita el flujo hemisférico superior instalado FHSinst a valores máximos de 0,5% para zonas E3.

Además, anteriormente el horario de funcionamiento del alumbrado público era de 4.200 horas anuales fijas. En el proyecto analizado se incorpora un sistema de regulación a través de telegestión que, partiendo de las 4.200 horas anuales de funcionamiento normal, 2.100 horas serán en periodo de funcionamiento reducido, consiguiendo un 40% de reducción en el consumo energético anualmente.

Con estos datos se podría sacar el consumo de energía anual de la instalación antes y después y ver la reducción obtenida. Antes con una potencia de 93,53 kW se tenía un consumo de unos 392.826 kWh/año. Ahora con una potencia instalada de 33,55 kW junto con el nuevo sistema de regulación, el consumo energético sería de unos 112.728 kWh/año.

En este municipio la reducción en el consumo sería de unos 280.098 kWh/año (un 71,3% menos).

La eficiencia energética del nuevo panorama de la instalación de alumbrado público del municipio de Pegalajar es el siguiente:

- Cambiando el 64,45% de las lámparas del municipio se consigue una reducción del consumo de energía eléctrica anualmente en alumbrado del 71,3%.
- Reducción CO₂ kg/año: con 521 gr CO₂/kWh consumido es un total de 145.931,06 kg CO₂/año.
- Reducción del consumo de energía final de: 0,02408 ktep/año (1 tep = 11.630 kWh).

8.13. Cuadro resumen.

	Reducción (kWh/año)	Reducción en % de kWh/año	Reducción kg CO₂/año
Albanchez de Mágina	184.984,8	74,78	96.377
Bedmar y Garcéz	242.499,6	63	126.342,3
Cabra del Santo Cristo	102.488,4	28,38	53.396,46
Jimena	97.473,6	37,8	50.783,75
Torres	275.856	80,45	143.720,98
Campillo de Arenas	136.575,6	40,35	71.155,89
Bélmez de la Moraleda	91.358,4	45,85	47.597,73
Cambil	213.813,6	49	111.396,9
Cárcheles	192.931,2	81,68	100.517,16
Huelma	213.192	34,35	111.073,03
Noalejo	77.868	29,16	40.569,23
Pegalajar	280.098	71,3	145.931,06
Total	2.109.139,2	-	1.098.861,49

Tabla 16: Cuadro resumen de la reducción en kWh/año y de kg CO₂/año.

Gracias a la renovación de la instalación de alumbrado se consigue:

- Una reducción de 2,11 GWh de consumo de energía anualmente.
- Una reducción de producción de CO₂/año de unas 1.098,86 toneladas anualmente.

Los consumos han resultado ser inferiores como se esperaba. En cuanto a las luces instaladas, las luces LED han sustituido a las de vapor de sodio de alta presión, vapor de mercurio, halogenuros metálicos y otros tipos de lámparas que había previamente, haciendo que la instalación sea más eficiente.

Las lámparas LED tienen una vida útil estimada de 50.000 horas de uso y a partir de este momento se consideran amortizadas y deben ser sustituidas por otras nuevas. Teniendo en cuenta el uso anual corresponde a 4.200 horas, la vida útil será de 12 años aproximadamente.

Aunque el objetivo del proyecto analizado no era el ahorro económico en sí mismo, sino reducir el gasto energético y con este, las emisiones contaminantes,

aumentar la capacidad lumínica de los puntos de luz y facilitar la explotación y mantenimiento del sistema y del control de consumos.

Básicamente los objetivos perseguidos con esta renovación fueron los siguientes:

- Mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de alumbrado.
- Mejorar el grado de confort visual del usuario final, el ciudadano, en especial mejorando la regulación de niveles lumínicos, incorporando mejoras de naturaleza telemática.
- Limitar la incidencia de la iluminación exterior hacia otros espacios que no son objeto de esa iluminación, reduciendo la luz intrusa y la contaminación lumínica.
- Implantar un sistema de telegestión de manera que redunde en una mayor calidad del servicio, en la simplificación y abaratamiento del mantenimiento y cuyo resultado final aporte un impulso tecnológico significativo al municipio.
- Modificación de los contratos de suministro de energía para adaptarlos a la nueva tarifa y potencia a contratar.

Con respecto a la potencia instalada, anteriormente había una potencia instalada de 972,55 kW. Y la renovación ha afectado solo a 492,18 kW de esa potencia que había anteriormente. Consiguiendo reducirla a 110,6 kW con la utilización de las lámparas LED. Estamos hablando de una reducción del 77,5% de la parte de la potencia afectada por el cambio. Alcanzando una reducción en el total de la instalación del 39,2%.

9. INVENTARIO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA COMARCA.

9.1. Inventario de la instalación de alumbrado público previo.

Hay 93 centros de mando de Alumbrado Público en la Comarca, en los que el número total de lámparas que dependen de ellos son 7.235, con una potencia instalada de 972,55 kW. Los tipos de lámparas que había instaladas son en su mayoría de vapor de mercurio, vapor de sodio a alta presión y halogenuros metálicos.

A continuación, se muestran las cifras de cada una de ellas:

Tipo de lámpara	Unidades	%
Vapor de sodio de alta presión	3.021	41,8%
Vapor de mercurio	2.582	35,7%
Halogenuros metálicos	1.052	14,5%
LED	285	3,9%
Otros tipos	295	4,1%
Total	7.235	100%

Tabla 17.1: Inventario de lámparas previo.

Tipo de lámpara	Potencia (kW)	%
Vapor de sodio de alta presión	449,16	46,2%
Vapor de mercurio	363,68	37,4%
Halogenuros metálicos	139,59	14,4%
LED	11,51	1,2%
Otros tipos	8,63	0,9%
Total	972,55	100%

Tabla 17.2: Potencia instalada de cada tipo de lámpara antes.

La mayoría de las luminarias que eran de vapor de sodio a alta presión tenían una lámpara de 100 y 150 W. De las de vapor de mercurio las más usuales eran de 125 W. Y la mayoría de las de halogenuros metálicos eran de 70 W y 100 W.

9.2. Inventario de alumbrado público actual.

De los 7.235 puntos de luz que hay, la renovación solo ha afectado a 3.620 (. En cuanto a las lámparas instaladas actualmente son más de la mitad de tipo LED, que han reemplazado a las de vapor de sodio de alta presión, vapor de mercurio, halogenuros metálicos y otros tipos de lámparas que había previamente. Todas estas

lámparas han sido equipadas con un driver, un interruptor de horario astronómico y un sistema de telegestión para conseguir que la instalación sea más eficiente y, por tanto, se consigan ahorros mayores.

La tabla actualmente quedaría así:

Tipo de lámpara	Unidades	%
Vapor de sodio de alta presión	1.068	14,8%
Vapor de mercurio	1.514	20,9%
Halogenuros metálicos	489	6,8%
LED	3.905	54%
Otros tipos	259	3,6%
Total	7.235	100%

Tabla 18.1: Inventario de lámparas actual.

Tipo de lámpara	Potencia (kW)	%
Vapor de sodio de alta presión	179,73	30,4%
Vapor de mercurio	217,03	36,7%
Halogenuros metálicos	66,14	11,2%
LED	122,11	20,7%
Otros tipos	5,96	1,0%
Total	591	100%

Tabla 18.2: Potencia instalada de cada tipo de lámpara actual.

En las 7.235 lámparas de la comarca se obtiene una potencia instalada actualmente de 591 kW, un 39,2% menos que antes. La mayoría de las lámparas LED instaladas son de 27 W y 35 W.

Aun así, solo el 54% de las lámparas son LED, queda un gran porcentaje de puntos de luz (46% restante) perfectos para próximos proyectos de renovación de alumbrado. Las lámparas LED solo suponen el 20,7% de la potencia total instalada. Aún queda un gran porcentaje de potencia de lámparas tradicionales, especialmente las lámparas VSAP y VM que siguen teniendo 396,76 kW instalados (67,1%) que sustituyéndolas en próximos proyectos de renovación del alumbrado la instalación podría ser mucho más eficiente aún.

10. ANÁLISIS DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL.

La producción de energía eléctrica está estrechamente relacionada con los problemas medioambientales, debido a que en parte sigue haciéndose a partir de combustibles fósiles, además de en centrales nucleares. Los problemas que se generan pueden ser: la generación de CO_2 , el efecto invernadero, el impacto a ecosistemas, el riesgo de manipulación y manejo de reactores, disposición final de desechos, etc.

Las instalaciones de alumbrado público consumen bastante cantidad de energía y, por tanto, contribuyen a esta contaminación, además de los desechos de sus propios componentes como pueden ser las lámparas tradicionales que tienen elementos perjudiciales como el mercurio. Si estas lámparas no tienen un adecuado proceso de disposición final son muy contaminantes para los ecosistemas y dañino para la salud humana y de otros seres vivos.

Para empezar, la generación de la energía eléctrica tiene un gran impacto medioambiental, tanto problemas asociados en la obtención de combustibles sólidos (extracción, transporte y consumo), como en el empleo de esos combustibles (producción de CO_2 contribuyendo al efecto invernadero, y producción de SO_3 y de NO_2 pudiendo provocar el fenómeno conocido como lluvias ácidas).

El efecto invernadero causa un problema a nivel mundial que es el cambio climático, basándose en cambios de magnitud, tiempo y espacio de temperatura, vientos, humedad, régimen de lluvias, etc. Y las lluvias ácidas son perjudiciales para la salud humana, los suelos, las lagunas, etc.

Es verdad que cada vez más se utilizan energías renovables (no contaminantes) en la generación de energía eléctrica, pero aún queda un importante porcentaje que se produce con energías no renovables y contaminantes.

Para terminar, las propias instalaciones de iluminación contribuyen a la contaminación con los desechos de los elementos que las componen, en especial el de las bombillas, ya que tienen elementos perjudiciales como el mercurio, que es un tipo de metal tóxico y pesado, que varía entre los 3 y 50 mg por lámpara. Anualmente,

una considerable cantidad de lámparas acaban en basureros, ocasionando grandes perjuicios contra el medioambiente, la salud humana y la de otros seres vivos.

Por tanto, si se optimiza la eficiencia de estas instalaciones, disminuimos la contaminación. A continuación, se expone en qué medida el cambio a luces LED en la comarca ha disminuido la contaminación que generaban las lámparas tradicionales que estaban instaladas anteriormente.

Se expondrán los siguientes factores: el consumo energético anual y emisión de CO₂ a la atmósfera y el proceso de fabricación de las lámparas.

10.1. Consumo energético anual y emisión de CO₂ a la atmósfera.

Debido a que parte de la generación de la energía eléctrica viene de fuentes contaminantes, cuanto más consuma la instalación de alumbrado público más contaminante sería.

El consumo energético anual en la situación anterior al cambio en la comarca era de 4.084.920 kWh.

El consumo energético anual en la situación actual posterior al cambio es de 1.975.780,8 kWh.

En resumen, el consumo anual de energía eléctrica del alumbrado público de la Comarca de Sierra Mágina se ha reducido en 2.109.139,2 kWh anuales. Se ha reducido un 51,63%, lo que significa que la actual instalación consume menos y por tanto contamina menos el medio ambiente.

Y esta reducción en el consumo se traduce en 1.098.861,5 kg de CO₂ que se dejan de emitir a la atmósfera anualmente. Y una reducción de 0,18135 ktep (tonelada equivalente de petróleo) de consumo de energía final anualmente.

10.2. Proceso de fabricación y desecho de las lámparas.

La fabricación y el desecho de las lámparas tradicionales son más contaminantes debido a que incorporan compuestos como el sodio o el mercurio.

Por otro lado, los LED son reciclables un 56%. También tienen un periodo de vida más largo, por tanto, se supone que tienen menor impacto ambiental debido a que tienen que remplazarse con mucha menos frecuencia y se gastarían menos recursos en la fabricación, embalaje y transporte y también a la larga se desecharían menos cantidad de lámparas.

Además, esta tecnología de iluminación se considera RoHS (Restricción de Sustancias Peligrosas) compatible, esto quiere decir que está prohibido utilizar, en su elaboración, cualquiera de las 6 sustancias peligrosas (plomo, mercurio, cadmio, cromo hexavalente, bifenilos polibromados PBB, difeniléteres polibromados PBDE).

Los LED no incluyen elementos tóxicos, sin embargo, están hechos de elementos electrónicos que deben ser reciclados. Diodos, semiconductores o transformadores que pueden reciclarse como cualquier equipo electrónico estándar. Además, el LED está hecho de vidrio (88%), metales (5%) y materiales diversos (7%). Algunos materiales contenidos en los LED son muy útiles para reciclar como el indio, galio u otros materiales raros.

11. SISTEMAS DE AHORRO.

Con el objetivo de reducir el consumo de energía del alumbrado público se pueden cambiar las instalaciones optimizando los sistemas actuales o solo cambiando los sistemas más antiguos por otros más recientes con más eficiencia, tal y como se ha hecho en la comarca, cambiando los sistemas menos eficientes para conseguir mayor ahorro. Con esto se puede llegar a disminuir el consumo eléctrico entre un 20% y un 85%.

A continuación, se detallan las diferentes medidas de ahorro.

11.1. Cambio de lámparas.

En el diseño de la instalación del alumbrado público, la selección de cada lámpara no es nada sencilla, debido a que el tipo de lámpara escogida influye en el color de la luz, en la potencia que consume e incluso en su duración de vida. Por tanto, los factores más importantes que se deben tener en cuenta al elegir las lámparas son

el rendimiento cromático, la eficacia luminosa, la temperatura de color y su vida media y útil.

Actualmente la tendencia es cambiar las lámparas tradicionales (vapor de mercurio, vapor de sodio a alta presión y de halogenuros metálicos) por luces LED ya que tienen menor consumo de energía y mayor vida útil.

En definitiva, la selección del tipo de lámpara determina en gran medida el consumo eléctrico de la instalación y es una de las principales medidas a adoptar para alcanzar mayor eficiencia, tal y como se ha visto en este caso.

11.2. Cambio de los equipos auxiliares.

Con la utilización de balastos electrónicos se puede reducir también el consumo en gran medida. El balasto electrónico sustituye al arrancador, condensador y al balasto electromagnético en las lámparas tradicionales. Este componente proporciona la estabilización de la potencia de la lámpara y el consumo frente a variaciones de tensión de la red. Con esta estabilización se puede lograr mantener mejor la vida media de la lámpara.

Mientras que las pérdidas del balasto electrónico son inferiores al 4 o 5% de la potencia que consume la lámpara, las pérdidas de los otros equipos auxiliares (condensador, arrancador y balasto electromagnético) pueden llegar a valores de entre 9,3% y 27,5% de la potencia nominal de la lámpara. (Wikilibro: Eficiencia energética , s.f.)

Existen otras formas para conseguir estabilizar la tensión a la entrada sin necesariamente sustituir balastos y puede llegar a ser más económico. Estos métodos se basan en el uso de estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso.

En este proyecto al cambiar a lámparas LED directamente, con estas lámparas no existe la necesidad de tener equipo auxiliar. Mientras que en las lámparas tradicionales con el consumo de potencia de la propia lámpara había que añadir también el consumo de potencia de sus equipos auxiliares necesarios para su funcionamiento. A los LED solo se tiene en cuenta el consumo de potencia del propio

LED, sin necesidad de utilizar equipos auxiliares, esto también ayuda a reducir el consumo de la instalación.

11.3. Equipos de control de la instalación.

Una de las opciones es mejorar los tiempos de apagado y los de encendido adecuándolo a las condiciones que sean de nuestro interés. Esto se hace utilizando equipos de control como los interruptores horarios astronómicos y los interruptores crepusculares.

11.3.1. Interruptores horarios astronómicos.

Son interruptores que incluyen un programa que sabe los horarios del anochecer y amanecer según la zona geográfica en la que está instalado. Su ventaja es que no hace falta programarlos periódicamente de forma manual los tiempos para el encendido y apagado y además se puede adelantar o retrasar de manera uniforme los tiempos de maniobra para obtener un ahorro adicional.

Tienen dos circuitos independientes: uno para el encendido y apagado de todo el alumbrado y otro para reducir y recuperar el flujo luminoso en las horas que sea menos o más necesario.

Para obtener un funcionamiento adecuado el interruptor horario debe tener una buena precisión para su puesta en marcha y una óptima base de tiempos.

11.3.2. Interruptores crepusculares.

Estos interruptores son electrónicos y conmutan un circuito según la luminosidad que haya en el ambiente. Tiene una célula fotoeléctrica (componente sensible a la luz) que es capaz de detectar cuanta luz natural hay en el lugar donde está instalado. Un relé será activado o desactivado dependiendo de la cantidad de luz que haya, con la ayuda de los elementos de maniobra que permiten el encendido y apagado de la instalación.

Para que su funcionamiento sea óptimo, estos interruptores deben tener circuitos con un retardo permitiendo así eliminar problemas en los encendidos y apagados debido a fenómenos meteorológicos temporales como pueden ser el paso de nubes.

Sus inconvenientes son:

- Tienen un acceso complicado que dificulta su mantenimiento y reparación.
- La polución oscurece las envolventes pudiendo hacer que el encendido y apagado no se realicen en los momentos adecuados.

11.4. Métodos de control.

El método de control requerido en este proyecto es la telegestión de la instalación.

11.4.1. Telegestión.

La ventaja de los sistemas de telegestión es poder controlar energéticamente las instalaciones de alumbrado público de manera remota, pudiendo comprobar y controlar en cualquier momento el consumo que se está produciendo. Con esto se puede valorar si es coherente y si se está efectuando correctamente el ahorro. Por otra parte, se pueden gestionar las instalaciones a distancia detectando luces que no funcionan o problemas que surjan.



Ilustración 7: Esquema de un sistema de telegestión. Fuente: (Wellness Smart - cities & solutions)

Estos sistemas están formados por equipos que permiten realizar mediciones de las variables eléctricas y otros equipos que permitan enviar información directa y mantener comunicaciones. También puede incluir algunos nodos secundarios que son conectados en diferentes líneas del cuadro y permiten vigilar el correcto funcionamiento de las protecciones y maniobras del cuadro. Esto lo hacen enviando información constantemente del funcionamiento y de los problemas generados al controlador principal.

El tipo de telegestión en este caso es una telegestión en cabecera (colocado en el cuadro eléctrico) con regulación en grupo de los niveles de iluminación. Este tipo de telegestión es el sistema más económico para el control de la instalación y con él se controlan todos los puntos de luz que dependan del cuadro eléctrico donde esté instalado este sistema, actuando siempre sobre todos a la vez.

La telegestión de todos los cuadros eléctricos de un municipio estarán conectados gracias a un software, del que se podrá consultar y actuar sobre los consumos energéticos de cada cuadro y la programación del encendido y del apagado de cada centro de mando (incluida la conmutación con horario astronómico). Además, permite la regulación de flujo luminoso de las luminarias de la instalación.

El sistema implantado dará los siguientes avisos:

- Tensión por encima o por debajo del rango establecido.
- Puerta abierta del cuadro de mando.
- Fallo de alimentación del cuadro.
- Fallo de comunicación con alguno de los sistemas de control.
- Fallo en el encendido y/o apagado del alumbrado.
- Disparo de las protecciones del cuadro eléctrico.
- Si la corriente de fuga supera el rango establecido.

12. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO DE CADA MUNICIPIO DE LA COMARCA.

Para todo este apartado y para el cálculo del ahorro en la facturación eléctrica de todos los municipios se utilizan los precios del año 2019 (año de la renovación).

El PVPC medio del año 2019 es 0,1139 €/kWh. El precio de la potencia contratada de la tarifa PVPC, la tarifa del mercado regulado por el Estado, es de 38,043426 €/kW al año.

12.1. Albánchez de Mágina.

Este municipio cuenta con 4 cuadros de mando con sus 4 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

Anteriormente había: una potencia instalada de 58,9 kW, una potencia contratada de 82 kW y un consumo anual de 247.380 kWh/año.

La facturación antes de la renovación del alumbrado quedaría así:

- Término de potencia:

$$82 \text{ kW} \cdot 38,043426 \text{ €/kW año} = 3.119,56 \text{ €/año}$$

- Término de energía:

$$247.380 \text{ kWh/año} \cdot 0,1139 \text{ €/kWh} = 28.176,58 \text{ €/año}$$

- Impuesto sobre la electricidad:

$$1,05113 \cdot (3.119,56 + 28.176,58) \text{ €/año} \cdot 4,864\% = 1.600,08 \text{ €/año}$$

- Importe total de la energía: 32.896,22 €/año

- Alquiler de equipos:

$$365 \text{ días} \cdot 0,02678 \text{ €/día} = 9,77 \text{ €/año}$$

- IVA (21%):

$$(32.896,22 + 9,77) \text{ €/año} \cdot 21\% = 6.910,26 \text{ €/año}$$

- Importe total de la factura: 39.816,25 €/año

Albanchez de Mágina tenía una facturación eléctrica anual de 39.816,25 €/año. Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión de 180.510,14 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a solo 18,57 kW, obteniendo un consumo anual de 62.395,2 kWh/año.

Para estos datos se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría rebajar a 23 kW. Y se realizan los mismos cálculos para esta nueva situación para obtener la nueva facturación eléctrica anual del municipio y se presentan en la siguiente tabla:

	ALBANCHEZ DE MÁGINA	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	58,90	18,57
Pot. Contratada (kW)	82	23
Consumo anual (kWh)	247.380	62.395,20
Termino de potencia (€/año)	3.119,56	875,0
Termino de energía (€/año)	28.176,58	7.106,81
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	1.600,08	408,09
Importe total de la energía (€/año)	32.896,22	8.389,90
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	6.910,26	1.763,93
TOTAL DE LA FACTURA (€/año)	39.816,25	10.163,60
Ahorro conseguido (€/año)	29.653	
Ahorro (%)	74,47	
Inversión realizada (€)	180.510,14	
Inversión recuperada (años)	6,1	

Tabla 19: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Albanchez de Mágina.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 6,1 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.2. Bedmar y Garcéz.

Este municipio cuenta con 9 cuadros de mando con sus 9 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

En Bedmar y Garcéz anteriormente había: una potencia instalada de 91,65 kW, una potencia contratada de 72,24 kW y un consumo anual de 384.930 kWh/año.

Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión en este municipio de 284.762,74 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a 42,39 kW, obteniendo un consumo anual de 142.430,4 kWh/año. Para estos datos actuales se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría rebajar a 41,4 kW.

Se realizan los mismos cálculos que en el apartado anterior para obtener la facturación eléctrica anterior y actual anual de este municipio y se presenta en la tabla siguiente:

	BEDMAR Y GARCÍEZ	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	91,65	42,39
Pot. Contratada (kW)	72,24	41,4
Consumo anual (kWh)	384.930	142.430,4
Termino de potencia (€/año)	2.748,26	1.575,0
Termino de energía (€/año)	43.843,53	16.222,82
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	2.382,10	909,95
Importe total de la energía (€/año)	48.973,88	18.707,77
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	10.286,57	3.930,68
TOTAL DE LA FACTURA (€/año)	59.270,22	22.648,23
Ahorro conseguido (€/año)	36.622	
Ahorro (%)	61,79	
Inversión realizada (€)	284.762,74	
Inversión recuperada (años)	7,8	

Tabla 20: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Bedmar y Garcéz.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 7,8 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.3. Cabra del Santo Cristo.

Este municipio cuenta con 6 cuadros de mando con sus 6 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

En Cabra del Santo Cristo anteriormente había: una potencia instalada de 85,97 kW, una potencia contratada de 63,28 kW y un consumo anual de 361.074 kWh/año.

Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión en este municipio de 48.834,23 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a 76,96 kW, obteniendo un consumo anual de 258.585,6 kWh/año. Para los datos actuales, se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría mantener igual, es decir, en 63,28 kW.

La facturación eléctrica anterior y actual anual de este municipio y se presenta en la tabla siguiente:

	CABRA DEL SANTO CRISTO	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	85,97	76,96
Pot. Contratada (kW)	63,28	63,3
Consumo anual (kWh)	361.074	258.585,6
Termino de potencia (€/año)	2.407,39	2.407,4
Termino de energía (€/año)	41.126,33	29.452,90
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	2.225,75	1.628,92
Importe total de la energía (€/año)	45.759,46	33.489,21
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	9.611,54	7.034,79
TOTAL DE LA FACTURA (€/año)	55.380,78	40.533,77
Ahorro conseguido (€/año)	14.847	
Ahorro (%)	26,81	
Inversión realizada (€)	48.834,23	
Inversión recuperada (años)	3,3	

Tabla 21: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Cabra del Santo Cristo.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 3,3 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.4. Jimena.

Este municipio cuenta con 6 cuadros de mando con sus 6 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

En Jimena anteriormente había: una potencia instalada de 61,4 kW, una potencia contratada de 36,75 kW y un consumo anual de 257.880 kWh/año.

Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión en este municipio de 75.148,85 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a 47,74 kW, obteniendo un consumo anual de 160.406,4 kWh/año. Para los datos actuales, se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría mantener igual, es decir, en 36,75 kW.

La facturación eléctrica anterior y actual anual de este municipio y se presenta en la tabla siguiente:

	JIMENA	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	61,40	47,74
Pot. Contratada (kW)	36,75	36,8
Consumo anual (kWh)	257.880	160.406,4
Termino de potencia (€/año)	1.398,10	1.398,1
Termino de energía (€/año)	29.372,53	18.270,29
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	1.573,21	1.005,58
Importe total de la energía (€/año)	32.343,84	20.673,97
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	6.794,26	4.343,59
TOTAL DE LA FACTURA (€/año)	39.147,87	25.027,33
Ahorro conseguido (€/año)	14.121	
Ahorro (%)	36,07	
Inversión realizada (€)	75.148,85	
Inversión recuperada (años)	5,3	

Tabla 22: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Jimena.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 5,3 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.5. Torres.

Este municipio cuenta con 4 cuadros de mando con sus 4 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

En Torres anteriormente había: una potencia instalada de 81,64 kW y un consumo anual es de 342.888 kWh/año. A falta del dato de la potencia contratada se estima en 63,28 kW.

Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión en este municipio de 299.113,54 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a solo 19,95 kW, obteniendo un consumo anual de 67.032 kWh/año. Para los datos actuales, se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría reducir a 18,4 kW.

La facturación eléctrica anterior y actual anual de este municipio y se presenta en la tabla siguiente:

	TORRES	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	81,64	19,95
Pot. Contratada (kW)	63,28	18,4
Consumo anual (kWh)	342.888	67.032
Termino de potencia (€/año)	2.407,39	700,0
Termino de energía (€/año)	39.054,94	7.634,94
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	2.119,84	426,14
Importe total de la energía (€/año)	43.582,17	8.761,08
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	9.154,31	1.841,88
TOTAL, DE LA FACTURA (€/año)	52.746,26	10.612,74
Ahorro conseguido (€/año)	42.134	
Ahorro (%)	79,88	
Inversión realizada (€)	299.113,54	
Inversión recuperada (años)	7,1	

Tabla 23: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Torres.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 7,1 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.6. Campillo de Arenas.

Este municipio cuenta con 5 cuadros de mando con sus 5 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

En Campillo de Arenas anteriormente había: una potencia instalada de 80,59 kW, una potencia contratada de 48,96 kW y un consumo anual de 338.478 kWh/año.

Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión en este municipio de 66.997,02 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a 60,09 kW, obteniendo un consumo anual de 201.902,4 kWh/año. Para los datos actuales, se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría mantener igual en 48,96 kW.

La facturación eléctrica anterior y actual anual de este municipio y se presenta en la tabla siguiente:

	CAMPILLO DE ARENAS	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	80,59	60,09
Pot. Contratada (kW)	48,96	49,0
Consumo anual (kWh)	338.478	201.902,4
Termino de potencia (€/año)	1.862,61	1.862,6
Termino de energía (€/año)	38.552,64	22.996,68
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	2.066,31	1.270,98
Importe total de la energía (€/año)	42.481,56	26.130,27
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	8.923,18	5.489,41
TOTAL DE LA FACTURA (€/año)	51.414,51	31.629,45
Ahorro conseguido (€/año)	19.785	
Ahorro (%)	38,48	
Inversión realizada (€)	66.997,02	
Inversión recuperada (años)	3,4	

Tabla 24: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Campillo de Arenas.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 3,4 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.7. Bélmez de la Moraleda.

Este municipio cuenta con 8 cuadros de mando con sus 8 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

En Bélmez de la Moraleda anteriormente había: una potencia instalada de 47,44 kW, una potencia contratada de 59,09 kW y un consumo anual de 199.248 kWh/año.

Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión en este municipio de 44.314,74 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a 32,11 kW, obteniendo un consumo anual de 107.889,6 kWh/año. Para los datos actuales, se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría reducir a 36,8 kW.

La facturación eléctrica anterior y actual anual de este municipio y se presenta en la tabla siguiente:

	BÉLMEZ DE LA MORALEDA	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	47,44	32,11
Pot. Contratada (kW)	59,09	36,8
Consumo anual (kWh)	199.248	107.889,6
Termino de potencia (€/año)	2.247,99	1.400,0
Termino de energía (€/año)	22.694,35	12.288,63
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	1.275,23	699,86
Importe total de la energía (€/año)	26.217,56	14.388,48
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	5.507,74	3.023,63
TOTAL DE LA FACTURA (€/año)	31.735,07	17.421,89
Ahorro conseguido (€/año)	14.313	
Ahorro (%)	45,10	
Inversión realizada (€)	44.314,74	
Inversión recuperada (años)	3,1	

Tabla 25: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Bélmez de la Moraleda.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 3,1 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.8. Cambil.

Este municipio cuenta con 7 cuadros de mando con sus 7 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

En Cambil anteriormente había: una potencia instalada de 103,9 kW, una potencia contratada de 50,06 kW y un consumo anual de 436.380 kWh/año.

Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión en este municipio de 219.685,68 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a 66,24 kW, obteniendo un consumo anual de 222.566,4 kWh/año. Para los datos actuales, se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría reducir a 40,25 kW.

La facturación eléctrica anterior y actual anual de este municipio y se presenta en la tabla siguiente:

	CAMBIL	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	103,9	66,24
Pot. Contratada (kW)	50,06	40,25
Consumo anual (kWh)	436.380	222.566,4
Termino de potencia (€/año)	1.904,45	1.531,2
Termino de energía (€/año)	49.703,68	25.350,31
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	2.638,57	1.374,37
Importe total de la energía (€/año)	54.246,70	28.255,93
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	11.393,86	5.935,80
TOTAL DE LA FACTURA (€/año)	65.650,34	34.201,51
Ahorro conseguido (€/año)	31.449	
Ahorro (%)	47,90	
Inversión realizada (€)	219.685,68	
Inversión recuperada (años)	7	

Tabla 26: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Cambil.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 7 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.9. Cárcheles.

Este municipio cuenta con 7 cuadros de mando con sus 7 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

En Cárcheles anteriormente había: una potencia instalada de 56,24 kW, una potencia contratada de 22,51 kW y un consumo anual de 236.208 kWh/año.

Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión en este municipio de 265.950,34 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a solo 12,88 kW, obteniendo un consumo anual de 43.276,8 kWh/año. Para los datos actuales, se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría reducir a 16,1 kW.

La facturación eléctrica anterior y actual anual de este municipio y se presenta en la tabla siguiente:

	CÁRCHELES	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	56,24	12,88
Pot. Contratada (kW)	22,51	16,1
Consumo anual (kWh)	236.208	43.276,8
Termino de potencia (€/año)	856,36	612,5
Termino de energía (€/año)	26.904,09	4.929,23
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	1.419,31	283,33
Importe total de la energía (€/año)	29.179,76	5.825,06
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	6.129,80	1.225,31
TOTAL DE LA FACTURA (€/año)	35.319,33	7.060,15
Ahorro conseguido (€/año)	28.259	
Ahorro (%)	80	
Inversión realizada (€)	265.950,34	
Inversión recuperada (años)	9,4	

Tabla 27: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Cárcheles.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 9,4 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.10. Huelma.

Este municipio cuenta con 13 cuadros de mando con sus 13 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

En Huelma anteriormente había: una potencia instalada de 147,76 kW, una potencia contratada de 129,71 kW y un consumo anual de 620.592 kWh/año.

Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión en este municipio de 102.336,65 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a 121,25 kW, obteniendo un consumo anual de 407.400 kWh/año. Para los datos actuales, se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría mantener igual en 129,71 kW.

La facturación eléctrica anterior y actual anual de este municipio y se presenta en la tabla siguiente:

	HUELMA	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	147,76	121,25
Pot. Contratada (kW)	129,71	129,71
Consumo anual (kWh)	620.592	407.400
Termino de potencia (€/año)	4.934,61	4.934,6
Termino de energía (€/año)	70.685,43	46.402,86
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	3.866,22	2.624,73
Importe total de la energía (€/año)	79.486,26	53.962,20
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	16.694,17	11.334,12
TOTAL DE LA FACTURA (€/año)	96.190,21	65.306,09
Ahorro conseguido (€/año)	30.884	
Ahorro (%)	32,11	
Inversión realizada (€)	102.336,65	
Inversión recuperada (años)	3,3	

Tabla 28: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Huelma.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 3,3 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.11. Noalejo.

Este municipio cuenta con 5 cuadros de mando con sus 5 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

En Noalejo anteriormente había: una potencia instalada de 63,58 kW, una potencia contratada de 33,67 kW y un consumo anual de 267.036 kWh/año.

Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión en este municipio de 42.345,89 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a 56,3 kW, obteniendo un consumo anual de 189.168 kWh/año. Para los datos actuales, se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría mantener igual en 33,67 kW.

La facturación eléctrica anterior y actual anual de este municipio y se presenta en la tabla siguiente:

	NOALEJO	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	63,58	56,3
Pot. Contratada (kW)	33,67	33,67
Consumo anual (kWh)	267.036	189.168
Termino de potencia (€/año)	1.280,92	1.280,9
Termino de energía (€/año)	30.415,40	21.546,24
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	1.620,54	1.167,08
Importe total de la energía (€/año)	33.316,86	23.994,24
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	6.998,59	5.040,84
TOTAL DE LA FACTURA (€/año)	40.325,23	29.044,86
Ahorro conseguido (€/año)	11.280	
Ahorro (%)	27,97	
Inversión realizada (€)	42.345,89	
Inversión recuperada (años)	3,8	

Tabla 29: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Noalejo.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 3,8 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.12. Pegalajar.

Este municipio cuenta con 19 cuadros de mando con sus 19 contadores correspondientes para su instalación de alumbrado.

En Pegalajar anteriormente había: una potencia instalada de 93,53 kW, una potencia contratada de 208,12 kW y un consumo anual de 392.826 kWh/año.

Según los datos de la Diputación Provincial de Jaén, se realiza una inversión en este municipio de 296.508,02 € (IVA incluido), consiguiendo que la potencia instalada de la instalación se reduzca a solo 33,55 kW, obteniendo un consumo anual de 112.728 kWh/año. Para los datos actuales, se estima que la potencia contratada de la tarifa eléctrica se podría reducir a 65,55 kW.

La facturación eléctrica anterior y actual anual de este municipio y se presenta en la tabla siguiente:

	PEGALAJAR	
	Antes	Ahora
Pot instalada (kW)	93,53	33,55
Pot. Contratada (kW)	208,12	65,55
Consumo anual (kWh)	392.826	112.728
Termino de potencia (€/año)	7.917,60	2.493,7
Termino de energía (€/año)	44.742,88	12.839,72
Impuesto sobre la electricidad (€/año)	2.692,37	783,95
Importe total de la energía (€/año)	55.352,85	16.117,42
Alquiler equipos de medida (€/año)	9,77	9,77
IVA (21%)	11.626,15	3.386,71
TOTAL DE LA FACTURA (€/año)	66.988,78	19.513,90
Ahorro conseguido (€/año)	47.475	
Ahorro (%)	70,87	
Inversión realizada (€)	296.508,02	
Inversión recuperada (años)	6,2	

Tabla 30: Situación anterior y actual de la facturación eléctrica de Pegalajar.

Teniendo en cuenta la facturación eléctrica, en 6,2 años se habría amortizado la inversión inicial de la obra.

12.13. Cuadro Resumen.

	Coste energía antes (€/año)	Coste energía actual (€/año)	Ahorro (€/año)	Inversión (€)	Inversión recuperada (años)	PL cambiados	Ratio €/PL
Albanchez de Mágina	39.816,25	10.163,60	29.653	180.510,14	6,1	300	601,7
Bedmar y Garcéz	59.270,22	22.648,23	36.622	284.762,74	7,8	474	601
Cabra del Santo Cristo	55.380,78	40.533,77	14.847	48.834,23	3,3	76	642,6
Jimena	39.147,87	25.027,33	14.121	75.148,85	5,3	170	442
Torres	52.746,26	10.612,74	42.134	299.113,54	7,1	597	501
Campillo de Arenas	51.414,51	31.629,45	19.785	66.997,02	3,4	155	432,2
Bélmez de la Moraleda	31.735,07	17.421,89	14.313	44.314,74	3,1	171	259,2
Cambil	65.650,34	34.201,51	31.449	219.685,68	7	361	608,5
Cárcheles	35.319,33	7.060,15	28.259	265.950,34	9,4	466	570,7
Huelma	96.190,21	65.306,09	30.884	102.336,65	3,3	219	467,3
Noalejo	40.325,23	29.044,86	11.280	42.345,89	3,8	78	543
Pegalajar	66.988,78	19.513,90	47.475	296.508,02	6,2	553	536,2
Total	633.984,85	313.163,52	320.821	1.926.507,84	6	3620	532

Tabla 31: Cuadro resumen del ahorro económico de la renovación.

El municipio en el que se recuperaría antes la inversión es Bélmez de la Moraleda. Y el municipio en el que se tardaría más recuperar la inversión inicial es Cárcheles, donde se cambiaron el 100 % de sus lámparas.

En la Comarca se consigue un ahorro anual en la facturación eléctrica de 320.821 € (un 50,6% de ahorro) y se tardaría en recuperar el dinero invertido inicialmente unos 6 años. Este dato es una buena señal, debido a que la vida útil de las lámparas LED es de unos 12 años. La compra de estas lámparas quedaría amortizada justo en mitad de su vida útil.

Con el presupuesto total de 1.926.507,84 € se cambiaron 3620 puntos de luz, la ratio del coste por punto de luz sale: 532 €/PL.

13. RATIOS COMPARATIVOS.

	Albanchez de Mágina	Bedmar y Garcéz	Cabra del Santo Cristo	Jimena	Torres	Campillo de Arenas
Puntos de Luz	317	595	577	513	597	541
Puntos de Luz cambiados	300	474	76	170	597	155
% de PL cambiados	94,64%	79,66%	13,17%	33,14%	100%	28,65%
Potencia instalada antes (kW)	58,9	91,65	85,97	61,4	81,64	80,59
Consumo antes (kWh/año)	247.380	384.930	361.074	257.880	342.888	338.478
Coste antes (€/año)	39.816,25	59.270,22	55.380,78	39.147,87	52.746,26	51.414,51
Potencia instalada actual (kW)	18,57	42,39	76,96	47,74	19,95	60,09
Consumo actual (kWh/año)	62.395,20	142.430,40	258.585,60	160.406,40	67.032	201.902,40
Coste actual (€/año)	10.163,93	22.648,23	40.533,77	25.027,33	10.612,74	31.629,45
Reducción consumo (%)	74,78%	63%	28,38%	37,8%	80,45%	40,35%
Reducción coste (%)	74,47%	61,79%	26,81%	36,07%	79,88%	38,48%
Reducción potencia instalada (%)	68,47%	53,75%	10,48%	22,25%	75,56%	25,44%
Reducción CO2 (kg/año)	96.377,08	126.342,29	53.396,46	50.783,75	143.720,98	71.155,89
Número de habitantes	1.186	2.871	1.937	1.344	1.516	1.941
Pot. instalada por habitante antes (W/hab)	49,66	31,92	44,38	45,68	53,85	41,52
Pot. instalada por habitante actual (W/hab)	15,66	14,76	39,73	35,52	13,16	30,96
Reducción W/hab	34,01	17,16	4,65	10,16	40,69	10,56
Reducción W/hab (%)	68,47%	53,75%	10,48%	22,25%	75,56%	25,44%
Consumo anual por habitante antes (kWh/hab)	208,58	134,08	186,41	191,88	226,18	174,38
Consumo anual por habitante actual (kWh/hab)	52,61	49,61	133,50	119,35	44,22	104,02
Reducción kWh/hab	155,97	84,47	52,91	72,53	181,96	70,36
Reducción kWh/hab (%)	74,78%	63%	28,38%	37,8%	80,45%	40,35%
W/PL antes	185,8	154,03	148,99	119,69	136,75	148,96
W/PL actual	58,58	71,24	133,38	93,06	33,42	111,07
Ratio - PL/1.000 hab	267,28	207,24	297,88	381,70	393,80	278,72

Tabla 32.1: Ratios comparativos.

	Bélmez de la Moraleda	Cambil	Cárcheles	Huelma	Noalejo	Pegalajar
Puntos de Luz	421	817	466	1047	486	858
Puntos de Luz cambiados	171	361	466	219	78	553
% de PL cambiados	40,62%	44,19%	100%	21%	16,05%	64%
Potencia instalada antes (kW)	47,44	103,9	56,24	147,76	63,58	93,53
Consumo antes (kWh/año)	199.248	436.380	236.208	620.592	267.036	392.826
Coste antes (€/año)	31.735,07	65.650,34	35.319,33	96.190,21	40.325,23	66.988,78
Potencia instalada actual (kW)	32,11	66,24	12,88	121,25	56,3	33,55
Consumo actual (kWh/año)	107.889,60	222.566,40	43.276,80	407.400	189.168	112.728
Coste actual (€/año)	17.421,89	34.201,51	7.060,15	65.306	29.044,86	19.513,90
Reducción consumo (%)	45,85%	49%	81,68%	34,35%	29,16%	71,30%
Reducción coste (%)	45,1%	47,9%	80%	32,11%	27,97%	70,87%
Reducción potencia instalada (%)	32,31%	36,25%	77,10%	17,94%	11,45%	64,13%
Reducción CO2 (kg/año)	47.597,73	111.396,89	100.517,16	111.073,03	40.569,23	145.931,06
Número de habitantes	1.693	2.857	1.425	6.089	2.000	3.032
Pot. instalada por habitante antes (W/hab)	28,02	36,37	39,47	24,27	31,79	30,85
Pot. instalada por habitante actual (W/hab)	18,97	23,19	9,04	19,91	28,15	11,07
Reducción W/hab	9,05	13,18	30,43	4,35	3,64	19,78
Reducción W/hab (%)	32,31%	36,25%	77,10%	17,94%	11,45%	64,13%
Consumo anual por habitante antes (kWh/hab)	117,69	152,74	165,76	101,92	133,52	129,56
Consumo anual por habitante actual (kWh/hab)	63,73	77,90	30,37	66,91	94,58	37,18
Reducción kWh/hab	53,96	74,84	135,39	35,01	38,93	92,38
Reducción kWh/hab (%)	45,85%	49%	81,68%	34,35%	29,16%	71,30%
W/PL antes	112,68	127,17	120,68	141,13	130,82	109,01
W/PL actual	76,27	81,08	27,64	115,8	115,84	39,1
Ratio - PL/1.000 hab	248,67	285,96	327,02	171,95	243	282,98

Tabla 32.2: Ratios comparativos.

Se puede observar que anteriormente el municipio que más potencia instalada por habitante y más consumo anual por habitante tenía era el municipio de Torres con un 53,85 W/hab y 226,18 kWh/hab, respectivamente.

Por otro lado, el municipio que menos potencia instalada por habitante y menos consumo anual por habitante tenía era el municipio de Huelma con un 24,27 W/hab y 101,92 kWh/hab, respectivamente.

Después de la renovación del alumbrado público de la Comarca, el municipio que más potencia instalada por habitante y más consumo anual por habitante tiene actualmente es el municipio de Cabra del Santo Cristo con un 39,73 W/hab y 133,5 kWh/hab, respectivamente.

Por otro lado, el municipio que menos potencia instalada por habitante y menos consumo anual por habitante tiene es el municipio de Cárcheles con un 9,04 W/hab y 30,37 kWh/hab, respectivamente.

Antes, el municipio con mayor ratio de W/PL instalado era Albánchez de Mágina con 185,8 W/PL. El municipio con menor ratio era Pegalajar con 109,01 W/PL. Después de la renovación, el municipio con mayor ratio de W/PL instalado es Cabra del Santo Cristo con 133,38 W/PL y el municipio con menor ratio es Cárcheles con 27,64 W/PL.

También podemos sacar que el municipio con más puntos de luz por cada mil habitantes es Torres con una relación de 393,8 PL/1.000hab y el que menos es Huelma con 171,95 PL/1.000hab. La media en España en municipios de menos de diez mil habitantes es de 298 PL/1.000hab (Sánchez de Vera Quintero, 2017).

Hay 2 municipios que más disminuyeron sus ratios de potencia instalada por habitante y su consumo anual por habitante. Precisamente los 2 municipios que cambiaron la totalidad de sus lámparas tradicionales por lámparas LED. Uno de ellos es el municipio de Torres con 40,69 W/hab menos que antes (un 75,56% de reducción) y 181,96 kWh/hab menos que antes (un 80,45% de reducción) y el municipio de Cárcheles con 30,43 W/hab menos que antes (un 77,1% de reducción) y 135,39 kWh/hab menos que antes (un 81,68% de reducción).

14. POSIBILIDAD DE MEJORA.

Con lo que ya se ha expuesto, con respecto a la potencia instalada, anteriormente había una potencia instalada de 972,55 kW. Y esta renovación ha afectado solo a 492,18 kW de esa potencia que había en la instalación. Consiguiendo reducirla a 110,6 kW con la utilización de las lámparas LED. Estamos hablando de una reducción del 77,5% de la parte de la potencia afectada por el cambio.

Existe aún un gran porcentaje de reducción de la potencia total de la instalación si se aplica una nueva renovación del alumbrado respecto a los 480,37 kW restantes que no se han modificado en este proyecto.

Por ejemplo, actualmente solo el 54% de las lámparas son LED. Queda un gran porcentaje de puntos de luz (46% restante) de lámparas tradicionales, que provoca que aún quede un gran porcentaje de potencia que procede de este tipo de lámparas.

Especialmente las lámparas VSAP y VM que siguen teniendo 396,76 kW instalados (67,1%) entre ambas, que corresponde a un total de 2.582 puntos de luz entre ambas. Cogiendo la media de antes calculada de 532 €/PL, saldría aproximadamente una nueva inversión total en la comarca de 1.373.624 €, que si se sustituyeran en próximos proyectos de renovación del alumbrado, la instalación llegaría a ser mucho más eficiente que actualmente.

15. CONCLUSIONES.

Cada vez más se ve como los ayuntamientos apuestan e invierten en la renovación de sus instalaciones de alumbrado público para hacerlas mucho más eficientes. Y en estas ocasiones se decide apostar por la instalación de tecnología LED, al ver y comprobarse lo bien que funcionan y las ventajas que tienen.

En el análisis de los proyectos facilitados por la Diputación Provincial de Jaén (números de expedientes: FEDER-EELL-2018-000229/936 y FEDER-EELL-2018-000172/940) que constituyen la renovación de las instalaciones de alumbrado público de los municipios de la Comarca de Sierra Mágina de Jaén, se ha visto como realmente se han conseguido ahorros en términos energéticos y económicos.

El consumo energético se ha visto reducido un 51,6 % con respecto al consumo que tenía la instalación anteriormente, lo que corresponde a 2,11 GWh de consumo de energía menos anualmente.

Con la reducción del consumo está relacionada la reducción en términos económicos de la facturación eléctrica de los municipios. Consiguiendo un ahorro anual en el conjunto de la comarca de unos 320.821 €.

Y además con la reducción del consumo también está relacionada estrechamente la reducción de las emisiones de CO₂ de las instalaciones, haciendo que estas sean menos contaminantes. Estamos hablando que se evita la emisión de unas 1.098,86 toneladas de CO₂ anualmente.

Y estas cifras se podrían mejorar más aun si se renuevan los puntos de luz que no se han modificado, especialmente de las lámparas VSAP y VM, que se corresponde con un total de 2.582 puntos de luz entre ambas, se estima que se necesitaría una nueva inversión en la comarca de 1.373.624 € para dicha renovación. Haciendo que prácticamente la totalidad (90%) de las instalaciones de alumbrado público de los municipios de la Comarca de Mágina de Jaén sea de tecnología LED.

16. BIBLIOGRAFÍA.

- Andalucía. (s.f.). *Provincia de Jaén - Comarcas*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de <https://andalucia.com/andalucia/provincias-capitales-comarcas-y-municipios/provincias/provincia-de-jaen/comarcas-de-jaen/>
- Andrés-Hormaza, I. D. (4 de Enero de 2016). *Impacto ambiental de la contaminación producida por el alumbrado público*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5761535.pdf>
- Consejo Regulador DO Sierra Mágina. (2015). *Mágina, una comarca para soñar entre olivares*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de <https://sierramagina.org/comarcademagina/>
- Giraldo, N. d. (s.f.). *Impacto ambiental de los sistemas de iluminación. Contaminación lumínica*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de https://www.grupo-epm.com/site/Portals/1/biblioteca_epm_virtual/tesis/impacto_ambiental_de_los_sistemas_de_iluminacion_luminica.pdf
- Grupo de Estudios Luminotécnicos de la UPC. (s.f.). *Lámpara de vapor de sodio de alta presión*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz-LamparasDeDescarga-LamparaVaporSodioAltaPresion.php>
- Grupo de Estudios Luminotécnicos de la UPC. (s.f.). *Lámparas de halogenuros metálicos*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz-LamparasDeDescarga-LamparaHalogenurosMetalicos.php>
- Grupo de Estudios Luminotécnicos de la UPC. (s.f.). *Lámparas de vapor de mercurio de alta presión*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-fuentesDeLuz-LamparasDeDescarga-LamparaVaporMercurioAltaPresion.php>
- Guinea de Toro, A. (Mayo de 2019). Programa Operativo FEDER de Crecimiento Sostenible 2014-2020. *Renovación de las instalaciones de alumbrado de municipios de la Comarca de Mágina 1 de Jaén*. Jaén, Andalucía, España.
- Guinea de Toro, A. (Mayo de 2019). Programa Operativo FEDER de Crecimiento Sostenible 2014-2020. *Renovación de las instalaciones de alumbrado de municipios de la Comarca de Mágina 2 de Jaén*. Jaén, Andalucía, España.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (Marzo de 2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado público*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_gt_ee_iluminacion_alumbrado_publico_9a40dc27.pdf
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (s.f.). *Alumbrado Exterior*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/servicios/alumbrado->

exterior#:~:text=Estas%20instalaciones%20totalizan%20unos%208.849,para%20el%20conjunto%20de%20Espa%C3%B1a.

Pérez Martínez, M. (Noviembre de 2019). *Balance y análisis de resultados energéticos , económicos y luménicos del cambio masivo a LED en iluminación urbana. El caso de estudio de la ciudad de Jaén*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de <https://tauja.ujaen.es/jspui/handle/10953.1/14027>

Red Eléctrica de España. (8 de Abril de 2020). *Informe del Sistema Eléctrico Español 2019*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2019/inf_sis_elec_ree_2019_v2.pdf

Sánchez de Vera Quintero, A. (2017). *Inventario, consumo de energía y potencial de ahorro del alumbrado exterior municipal en España (2017)*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de <https://www.idae.es/articulos/inventario-consumo-de-energia-y-potencial-de-ahorro-del-alumbrado-exterior-municipal-en>

Wellness Smart - cities & solutions. (s.f.). *El sistema de telegestión para el alumbrado público*. Recuperado el 14 de Junio de 2022, de <https://docplayer.es/58830354-El-sistema-de-telegestion-para-el-alumbrado-publico.html>

Wikilibro: *Eficiencia energética* . (s.f.). Recuperado el 14 de Junio de 2022, de Equipos y eficiencia en alumbrado exterior: https://www.eoi.es/wiki/index.php/Equipos_y_eficiencia_en_alumbrado_exterior_en_Eficiencia_energ%C3%A9tica#Equipos_de_control