

Trabajo Fin de Grado

ESTUDIO DE IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍA LED EN EL ALUMBRADO PÚBLICO EXTERIOR DE LA ROBLEDA, PUENTE SAN MIGUEL (CANTABRIA)

Implementation study of LED technology in the outdoor
public lighting of La Robleda, Puente San Miguel (Cantabria)

Para acceder al Título de:
Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos

Autor: Jorge González Gómez
Directora: Carmela Oria Alonso
Convocatoria: diciembre 2018

“Me gustaría dejar constancia de mi más sentido agradecimiento a Carmela Oria, por guiarme durante toda la elaboración del presente trabajo, y, a mi familia y amigos, por apoyarme durante toda esta etapa.

Por último, es una buena ocasión para dar las gracias a las personas más importantes de mi vida, simplemente por todo lo que hacen y han hecho por mi, indudablemente, hablo de mis padres, de mi hermana y de ella”.

Índice de contenidos:

1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.	6
1.1. INTRODUCCIÓN A ESTUDIOS ENERGÉTICOS.	6
1.2. CONTEXTO ENERGÉTICO. EFICIENCIA ENERGÉTICA.	8
1.3. EN BUSCA DE UN MUNDO SOSTENIBLE.	10
1.4. EL RESPALDO DE LA SEGURIDAD ENERGÉTICA.	12
1.5. SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL EN ESPAÑA.	13
1.6. SITUACIÓN DEL ALUMBRADO EXTERIOR MUNICIPAL EN ESPAÑA.	17
2. CAPÍTULO 2: OBJETO Y ALCANCE.	20
2.1. OBJETO.	20
2.2. ALCANCE.	21
3. CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES.	22
3.1. ANÁLISIS TEÓRICO.	22
3.1.1. Auditoría energética.	22
3.1.2. Auditoría energética del alumbrado público exterior.	27
3.1.3. Eficiencia en la iluminación del alumbrado público exterior.	28
3.2. ANÁLISIS CIENTÍFICO.	42
3.2.1. Artículo I.	42
3.2.2. Artículo II.	44
3.2.3. Artículo III.	45
3.3. METODOLOGÍA.	47
3.3.1. Información básica sobre la zona del estudio.	47
3.3.2. Estudio del alumbrado público exterior de la zona del estudio.	47
3.3.3. Conclusiones.	50
4. CAPÍTULO 4: EMPLAZAMIENTO Y ESTUDIO DEL MEDIO.	51
4.1. LOCALIZACIÓN.	51
4.1.1. Localización del municipio.	51
4.1.2. Dependencias municipales.	53
4.2. CLIMATOLOGÍA.	54
4.2.1. Clima predominante.	56
4.2.2. Termometría y humedad.	57
4.2.3. Pluviometría.	58
4.2.4. Vientos.	59
4.2.5. Radiación solar.	60
4.3. MEDIO ABIÓTICO, BIÓTICO Y SOCIOECONÓMICO.	62
4.3.1. Medio abiótico.	62
4.3.2. Medio biótico.	72
4.3.3. Medio socioeconómico y cultural.	76
5. CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA Y ESTUDIO.	83
5.1. INTRODUCCIÓN.	83
5.1.1. Instalaciones de estudio.	83
5.1.2. Parámetros requeridos para el estudio.	84
5.1.3. Situación energética actual del alumbrado público.	84

5.2.	AP01: CUADRO 1 DE ALUMBRADO PÚBLICO.	88
5.2.1.	Situación energética actual.	88
5.2.2.	Inventario de equipos.	90
5.2.3.	Descripción de la instalación.	95
5.3.	AP02: CUADRO 2 DE ALUMBRADO PÚBLICO.	96
5.3.1.	Situación energética actual.	96
5.3.2.	Inventario de equipos.	98
5.3.3.	Descripción de la instalación.	102
5.4.	AP03: CUADRO 3 DE ALUMBRADO PÚBLICO.	103
5.4.1.	Situación energética actual.	103
5.4.2.	Inventario de equipos.	104
5.4.3.	Descripción de la instalación.	108
5.5.	CONCLUSIONES E INTRODUCCIÓN A LAS MEJORAS.	109
6.	<i>CAPÍTULO 6: PROPUESTAS DE MEJORA. VIABILIDAD ECONÓMICA.</i>	112
6.1.	MEJORA 1: ACTUACIÓN EN LOS ELEMENTOS DE MANIOBRA.	112
6.1.1.	Descripción de la mejora.	112
6.1.2.	Costes unitarios.	113
6.1.3.	Aplicación de la mejora.	114
6.1.4.	Resumen de la aplicación de la mejora.	115
6.2.	MEJORA 2: IMPLANTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LED.	116
6.2.1.	AP01.	122
6.2.2.	AP02.	127
6.2.3.	AP03.	131
6.2.4.	Viabilidad económica de la implantación LED.	135
6.3.	MEJORA 3: OPTIMIZACIÓN DE LA FACTURA ELÉCTRICA.	140
6.3.1.	Situación energética actual.	141
6.3.2.	Actuaciones de mejora de la eficiencia energética.	141
6.3.3.	Resumen de la aplicación de la mejora.	145
7.	<i>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES.</i>	146
8.	<i>CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA.</i>	149



1. CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.

1.1. INTRODUCCIÓN A ESTUDIOS ENERGÉTICOS.

La situación energética mundial, en la actualidad, es derivada de múltiples factores; políticos, económicos, tecnológicos, sociales y ambientales que han tenido lugar durante los últimos años. El cambio de mentalidad de la sociedad durante los últimos años en lo relativo a la importancia de la sostenibilidad energética y la búsqueda de fuentes de energía más limpias y eficientes juega un papel muy importante en la actualidad.

El estudio en cuestión está motivado por la crisis energética actual, buscando una disminución del consumo energético generando así un beneficio económico, además de buscar una reducción de las emisiones contaminantes de la atmósfera en la medida de lo posible. Para la realización del estudio, se aplica el método de auditoría energética, el cual se basa en el análisis e implantación de medidas energéticas que nos guíen a la consecución de nuestros objetivos, quedando estos resumidos en alcanzar una óptima eficiencia energética.

La energía es esencial en el desarrollo de prácticamente la totalidad de actividades en empresas, edificios e instalaciones públicas, es necesaria tanto en los principales procesos industriales como en la más pequeña actividad auxiliar, participando directamente en los costes. La energía es un recurso limitado que ha de ser utilizado de una forma racional, al menor coste posible y con el menor impacto medioambiental posible.

La relación directa con los costes implica la necesidad de profundizar en su conocimiento y control. El órgano encargado de la gestión debe trabajar para optimizar el uso y coste de la energía empleada en los procesos e instalaciones y gestionar de una forma activa las necesidades de energía. Esa gestión de la energía ha de enfocarse hacia el objetivo sistemático de la mejora de la eficiencia energética.

La gestión correcta su de la energía persigue tres objetivos; reducir el consumo de energía, ahorrar en costes energéticos y disminuir las emisiones de los gases efecto invernadero (GEI). Además, la gestión energética también ayuda a alcanzar mayor productividad, mayor calidad en la producción o instalación, y así, mejorar la competitividad en casos de procesos productivos. Tanto los edificios como las instalaciones públicas presentan consumos energéticos importantes derivados de la actividad y del uso ejercida en ellos.

El conocimiento de cómo contratar la energía, cómo consumirla en los procesos o instalaciones, cuánto repercute en los costes, la situación relativa con relación a otros procesos o instalaciones similares de mismo sector y las posibles mejoras para reducir el coste energético es el origen del desarrollo de los estudios energéticos.

Estos estudios permiten radiografiar la situación energética y detectar las operaciones dentro de los procesos o instalaciones que pueden contribuir al ahorro y la eficiencia de la energía primaria consumida, así como optimizar la demanda energética de las propias instalaciones.

Los estudios energéticos ofrecen una serie de ventajas a las entidades que los realizan, pudiéndose resumir como:



- Conocimiento del gasto energético e inicio de su control.
- Información sobre las posibles medidas, que permiten reducir los costes energéticos. Algunas de estas medidas son de fácil aplicación.
- Implantación de las medidas diagnosticadas, permitiendo la reducción de costes energéticos, con una mejora de la eficiencia energética, competitividad y buenos resultados empresariales.
- Minimización del impacto ambiental, por la disminución de la emisión de gases efecto invernadero, consecuencia de la reducción o diversificación de los consumos energéticos.

Dependiendo del grado de alcance, del sector, empresa o país, estos estudios pueden realizarse de forma diferente, y con distinto grado de implicación:

- Pre-diagnóstico energético, primer contacto con la organización para evaluar la viabilidad de realizar un estudio energético más amplio.
- Diagnóstico energético, se realiza un estudio de los contenidos que son viables de mejora, sin entrar en un estudio exhaustivo de los consumos energéticos de toda la empresa.
- E4, modelo tipificado por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). El IDAE establece con su modelo una guía de cuál debe ser el alcance mínimo de una auditoría energética.
- Auditoría energética según UNE 216501:2009.

La Norma UNE 216501:2009 “Auditoría energética. Requisitos”, ha permitido normalizar la diferente tipología de estudios energéticos que existe, perfectamente válido cada uno de ellos, dependiendo fundamentalmente del objeto y grado de alcance del estudio. Esta norma establece los requisitos que debe tener una auditoría energética para que, realizada en distintos tipos de organización, pueda ser comparable. Describe los puntos clave donde se puede influir para la mejora de la eficiencia energética, la promoción del ahorro energético y evitar emisiones de gases de efecto invernadero [13].

Además, estas son una herramienta que permite a la entidad que lo realiza conocer y evaluar su posición respecto a la utilización de energía. Debemos recordar que la energía es un recurso limitado cuyo uso ha de realizarse de una forma racional, bajo impacto medioambiental y al menor coste posible.

La auditoría energética ha de ser ejecutada por un técnico, que según la Norma UNE EN 16001:2010 “Sistema de gestión energética” define como la persona con atributos personales y competencia para llevar a cabo la auditoría energética.

Es importante diferenciar la figura del auditor energético y la del gestor energético.

Por un lado, el auditor energético es el responsable que ejecuta un estudio energético. Para ese estudio, por la amplitud o complejidad de la instalación, puede precisar de especialistas, siendo una de sus labores la coordinación de ese equipo de trabajo.

La diversidad de las empresas, edificios e instalaciones públicas hace que el auditor tenga que tener una formación muy amplia en técnicas energéticas y capacidad para relacionar los procesos productivos con el consumo de energía. La base teórica debe ir

acompañada de una amplia experiencia profesional que potencie la perspectiva de eficiencia energética.

Por otro lado, existe la figura del gestor energético, el cual es la persona que baraja una serie de experiencias y conocimientos amplios, es el responsable de la gestión energética, cuyo objetivo es la mejora de la eficiencia en sus consumos energéticos de forma sistemática.

El auditor energético ejecuta la auditoría energética y con ella finaliza su relación con la entidad que lo contrata, mientras que el gestor energético participa en la gestión energética.

Los estudios energéticos se convierten en una de las herramientas de gestión más importantes para alcanzar la excelencia energética y mejorar los objetivos de competitividad.

Es necesario entender que el informe final del estudio energético es un paso más dentro de la gestión energética, no es un punto final, sino un punto y seguido en la gestión energética. Esta gestión tiene que complementarse con otras iniciativas para lograr una gestión eficiente de la energía demandada por la entidad.

Junto a los estudios energéticos existen otras herramientas, como:

- Acciones complementarias a los estudios energéticos, formación del personal, implantación de las medidas detectadas por los estudios energéticos, una gestión sistemática de la energía, etc.
- Estudios de benchmarking energético, estos se desarrollan para conocer el estado del consumo energético de varias organizaciones del mismo sector, y comparar de manera sistemática las distintas características del consumo de energía.
- Implantación de un sistema de gestión energética. La Norma UNE EN 16001:2010, regula el sistema de gestión energética. Este sistema permite desarrollar un sistema para la mejora continua en el desarrollo e implantación de una política energética, se trata de una herramienta complementaria, compatible e integrable con otros modelos de gestión (ISO 14001, ISO 9001, etc...) [6].

1.2. CONTEXTO ENERGÉTICO. EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Actualmente, es ineludible admitir la necesidad de implantar medidas que garanticen la disminución del consumo energético actual, dado que las emisiones generadas por los combustibles fósiles empleados para satisfacer las crecientes demandas energéticas a nivel mundial están generando alteraciones climáticas importantes y peligrosas para el planeta.

El cambio climático se presenta como uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo, presionando a la sociedad y el medio ambiente. Es necesario señalar que los gases de efecto invernadero (GEI) son producidos de forma natural, siendo esenciales para la supervivencia de los seres vivos, ya que impide que parte del calor emitido por el sol se propague por el espacio, obteniendo así un clima habitable en la Tierra.

Científicamente se han relacionado varios hechos:

- La concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera está directamente relacionada con la temperatura media global de la Tierra.
- La concentración de GEI ha ido aumentando progresivamente desde el inicio de la Revolución Industrial (mitad del siglo XVIII), y, por lo tanto, ha provocado el aumento de la temperatura del globo terráqueo.
- El GEI más abundante es el dióxido de carbono (CO₂), producido en la quema de combustibles fósiles.

En la actualidad, el último informe realizado por las Naciones Unidas presenta el nombre de “Quinto Informe de Evaluación”, el cual proporciona un análisis exhaustivo del aumento del nivel del mar y sus consecuencias. También calcula y analiza las emisiones de CO₂ desde la época preindustrial y presenta una estimación sobre futuras emisiones CO₂ con el fin de limitar el calentamiento global a menos de 2°C. Existen pruebas alarmantes de que se pueden haber alcanzado o sobrepasado puntos de inflexión que darían lugar a cambios irreversibles en importantes ecosistemas y en el sistema climático del planeta.

Por la gran labor científica realizada por IPCC, se conocen los siguientes datos:

- De 1.880 a 2.012, la temperatura media mundial aumentó 0,85°C.
- Los océanos se han calentado, las cantidades de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar ha subido. De 1.901 a 2.010, el nivel medio mundial del mar ascendió 19 cm, ya que los océanos se expandieron debido al hielo derretido por el calentamiento. La extensión del hielo marino en el Ártico ha disminuido en cada década desde 1.979, con una pérdida de $1,07 \times 10^6$ km² de hielo cada diez años.
- Debido a la concentración actual y a las continuas emisiones de gases de efecto invernadero, es probable que el final de este siglo presencie un aumento de 1–2°C en la temperatura media mundial en relación con el nivel de 1.990 (aproximadamente 1,5–2,5°C por encima del nivel preindustrial). Así, los océanos se calentarán y el deshielo continuará. Se estima que el aumento del nivel medio del mar será de entre 24 y 30 cm para 2065 y de 40 a 63 cm para 2.100 con relación al periodo de referencia de 1.986-2.005. La mayoría de los efectos del cambio climático persistirán durante muchos siglos, incluso si se detienen las emisiones.

Para plantar cara a esta peligrosa situación, es importante tomar conciencia del concepto “eficiencia”, pues trata de cómo usar los menores recursos posibles para conseguir el máximo efecto. Si lo situamos en el contexto energético, la eficiencia energética es la capacidad de usar la menor cantidad posible de energía (electricidad, gas, gasóleo, etc.) para lograr la complacencia de nuestras necesidades, luz, calor, frío y la propia comodidad en general.

La eficiencia energética se puede lograr a través de tecnología avanzada, en nuestro caso, mediante el cambio de lámparas convencionales por tecnología LED. Generalizando, se puede afirmar que la eficiencia energética se logra mediante la combinación de tecnología y del sentido común de la persona.

La tecnología LED presenta una serie de beneficios o ventajas respecto a sus competidoras, por ello, esta tecnología está en proceso continuo de expansión, las ventajas más destacables con las siguientes:

- Alta eficiencia (rendimiento) en iluminación.
- Bajo consumo energético (ahorro de energía).
- Vida útil de hasta 50.000 horas.
- Alta calidad en la luz.
- Bajo coste de mantenimiento.
- Protección del medio ambiente y la salud.

Para la creación de un mundo sostenible es primordial conseguir una óptima eficiencia energética en lo relativo a la fabricación y distribución de energía, ya que estos procesos tienen costes muy elevados y poseen un fuerte impacto sobre nuestro planeta. Por y para alcanzar esta nueva situación idílica de un mundo sostenible, la humanidad se ve en la necesidad y obligación de iniciar una nueva revolución energética, con el objetivo de incentivar el uso de fuentes de energía renovables para abastecer el desarrollo y subsistencia de la población mundial. Se trata de un objetivo que ha de ser perseguido con firmeza y perseverancia, y que requiere de una fuerte inversión en la investigación, la cual ha de ser financiada por inversores y políticas energéticas adecuadas a nivel nacional e internacional.

1.3. EN BUSCA DE UN MUNDO SOSTENIBLE.

Teniendo en cuenta la crítica situación actual, las principales autoridades internacionales aprobaron una serie de medidas en lo relativo a la eficiencia energética. Las Naciones Unidas exigieron a los gobiernos mundiales que asumieran sus responsabilidades energéticas en relación al consumo y producción energética, así pues, los delegados de alrededor 200 países iniciaron en Bangkok (abril de 2016) el primer diálogo sobre este tema, siendo esta una reunión previa a la cumbre sobre el cambio climático de la ONU llevada a cabo en la ciudad de Durban, donde se llegaría a un acuerdo en cuanto a formalizar un documento inicial que indicase el proceder por los gobiernos para limitar el calentamiento global, pacto que sustituirá al Protocolo de Kioto.

Por su parte, la Unión Europea también establece el camino a seguir para lograr unos objetivos de eficiencia energética beneficiosos para todos, camino que obedece a los pactos internacionales firmados pero que también añade sus propias estrategias. En la Unión Europea hay 11 países que se sitúan en el 16,7% en el uso final de energías renovables teniendo en cuenta su sistema energético, entre los que se encuentran países como Bulgaria, Hungría, Lituania, Estonia, Croacia, Finlandia, Suecia, Rumania, República Checa, Dinamarca o Italia.

Las Alianzas Europeas de Investigación, EERA y ALINNE, adquieren un papel fundamental, donde los centros de investigación y las universidades tienen mucho que aportar junto a las tareas en las que participan con la Agencia Internacional de la Energía (IEA).

Además, hay que destacar la importancia de los nuevos materiales del sector y sus correspondientes usos para mejorar la tecnología actual, así como el almacenamiento energético, siendo este último el gran reto para los investigadores en los próximos años. Hay que llevar a cabo un proceso de mejora continua que nos encamine a un objetivo colectivo, incrementando la utilización de estas energías con el fin de conseguir que en 2.050 la totalidad de la energía sea renovable, ya que, en la actualidad, Europa depende energéticamente de países terceros.

En su día, la Directiva 2.009/28/CE, ya marcaba pautas a seguir en cuanto a eficiencia energética y en una de las siguientes transposiciones, en concreto la Directiva 2.012/27/UE, se marcó un ambicioso reto, coloquialmente llamado “Triple 20”, cuyo objetivo es que en 2.020 las energías renovables llegaran al 20% de producción de energía, reduciendo en un 10% la energía empleada en el transporte de energía.

Mirando hacia 2.030, la Unión Europea pronostica un incremento del empleo en el sector de las energías renovables de un 27%, disminuyendo las emisiones en un 40% respecto a los valores de 1.990, aumentando a su vez la efectividad de las redes eléctricas en un 10%. Una ambiciosa y prometedora estrategia de energía y clima que España presentará en 2.018 para cooperar en el programa de eficiencia energética europea, cumpliendo así, los plazos que establece la Unión Europea sobre la legislación.

Es urgente y crucial intervenir a tiempo alcanzando un nuevo equilibrio esperanzador para nuestro planeta, con el fin de conseguir una situación de equilibrio ambiental y así, respetar el derecho de las generaciones venideras. En lo referente a los ciudadanos, los responsables políticos tienen una alta responsabilidad de concienciación sobre estos, han de mostrar a los ciudadanos que el consumo eficiente de la energía provoca una disminución significativa de las facturas de luz o gas, con el ahorro monetario que ello conlleva. En las viviendas, la eficiencia energética se garantiza mejorando su utilización, pues un hogar rehabilitado energéticamente es más agradable a la hora de conservar el calor, mejorando su habitabilidad. Esta es la única ventaja que no es ponderable, sino que se basa en la experiencia y confort de cada usuario.

Además, hay que ser conscientes de que cualquier disminución de consumo conlleva a la reducción de emisiones para la creación de esta energía, consiguiendo beneficios medioambientales, así como beneficios para la salud humana.

Hoy en día, el 28% de la población del planeta consume el 77% de toda la energía producida, frente al 72% que vive apenas con el 23% restante. Para cumplir con las exigencias marcadas por la Unión Europea, hay que resaltar la importancia de crear de puestos de trabajo de calidad, los cuales serían estables y cualificados en su mayor medida.

Otro condicionante a tener en cuenta es la iluminación, la cual representa aproximadamente el 50% del consumo eléctrico de las ciudades. Por tanto, las ciudades europeas pueden desempeñar un papel de gran importancia en la reducción de la huella de carbono mediante el despliegue a gran escala de soluciones de iluminación LED innovadoras y respetuosas con el medioambiente. Hoy en día, la tecnología de iluminación LED ha alcanzado la mayoría de edad y es capaz de ofrecer beneficios tanto a las ciudades como a los ciudadanos. Ofrece posibilidades de iluminación más

controlable y de mejor calidad, mayor rendimiento visual y mejor ambiente y seguridad de los entornos urbanos. Por otro lado, la iluminación LED hará nuestras ciudades ‘más verdes’, ahorrando hasta un 70% de la energía y obteniendo reducción de costes en comparación con tecnologías existentes. La implementación de tecnologías de iluminación innovadoras a nivel municipal también ofrece potencial para impulsar el empleo, el crecimiento y la innovación a nivel local. El mayor despliegue de los sistemas inteligentes de iluminación LED en las ciudades se producirá en la creación de ciudades inteligentes sostenibles: ciudades donde la innovación en iluminación estará interconectada a otras redes de ciudad inteligente (redes de comunicaciones, sistemas de gestión de energías renovables, construcción o tráfico) [4].

Esta es la forma ideal de ofrecer servicios de iluminación optimizados y dinámicamente adaptables a ciudadanos y empresas.

1.4. EL RESPALDO DE LA SEGURIDAD ENERGÉTICA.

Como se ha señalado anteriormente, Europa es un continente importador de energía, se ve en la obligación de importar un 72,9% de fuentes de energía del extranjero. En la actualidad, alguno de los países proveedores son muy inestables políticamente, lo cual no garantiza el aprovisionamiento de combustibles fósiles para satisfacer las necesidades, por ello, es muy importante tener un respaldo energético que te garantice el aprovisionamiento de energía en caso de fallo, este respaldo es conocido como seguridad energética.

Según la IEA (International Energy Agency), la seguridad energética queda definida como la disponibilidad ininterrumpida de fuentes de energía a un precio razonable y asequible, presentando estas muchas dimensiones analizables.

La seguridad energética a largo plazo se encarga principalmente de inversiones oportunas para suministrar energía en consonancia con la evolución económica y las necesidades medioambientales sostenibles, por otro lado, la seguridad energética a corto plazo se centra en la capacidad del sistema de energía para reaccionar rápidamente ante variaciones repentinas dentro del equilibrio entre la oferta y la demanda.

Es decir, la falta de seguridad energética está vinculada a los impactos económicos y sociales negativos por la falta de disponibilidad de energía o debido a los precios que no son competitivos o que son excesivamente volátiles.

Durante estos últimos años, la IEA ha desarrollado una herramienta integral para reflejar los riesgos de abastecimiento e interrupciones, así como también la capacidad y flexibilidad de los sistemas energéticos de los países miembros de la IEA para hacer frente a situaciones de riesgo a través de indicadores cuantitativos. Esta herramienta es conocida como MOSES, el cual se propone estudiar y analizar las variables para cada país integrante de la IEA, observando sus fortalezas y debilidades en materia de abastecimiento energético.

MOSES monitoriza y analiza varias fuentes de energía importantes, así como los componentes no energéticos que componen un sistema de energía. El estudio de la vulnerabilidad para las interrupciones de los combustibles fósiles, por ejemplo, se basa

en factores de riesgo como la dependencia de las importaciones netas y la estabilidad política de los proveedores [11].

1.5. SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL EN ESPAÑA.

Para ubicarnos en la situación actual de nuestro país en conceptos energéticos, a continuación, se procede a analizar la situación energética nacional, tomando como referencia el boletín mensual de energía eléctrica más reciente, correspondiente al mes de febrero de 2.018, publicado a fecha de 15/03/2.018.

En el informe presentado por la Red Eléctrica de España, destacan los siguientes aspectos; La demanda de energía eléctrica en el sistema peninsular en dicho mes experimentó una variación del 7,2 % y, una vez corregida, la variación fue del 3,6 %.



Imagen 1.1: Componentes de la variación de la demanda peninsular (%). Fuente: Red Eléctrica de España.

El máximo de potencia instantánea peninsular ha sido de 40.947 MW y de demanda diaria 838 GWh, sucedidos ambos el 8 de febrero. Estos máximos han variado respecto a los del mismo mes del año anterior en un 10,7 % y en un 9,1 % respectivamente.

Durante el mes de febrero, la tecnología eólica fue la principal fuente de generación con el 22,5 % del total de la producción, seguida por la nuclear y el carbón con el 22,0 % y el 16,9 % respectivamente.

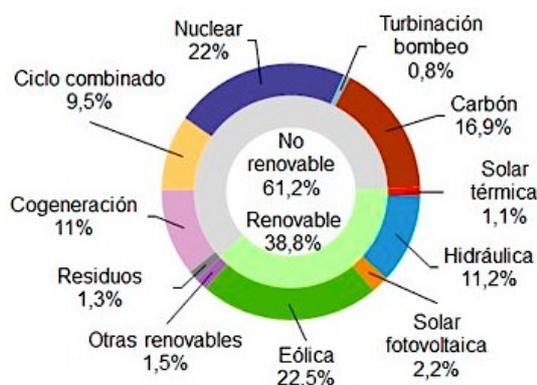


Imagen 1.2: Estructura de generación mensual peninsular (%). Fuente: Red Eléctrica de España.

La contribución de las energías renovables al total de la generación peninsular fue del 38,8 %. El leve incremento en la producción de origen renovable ha originado que ésta aumente en 0,3 puntos porcentuales respecto al mismo mes del año anterior. En lo relativo a las emisiones, el 61,3 % de la producción total estuvo libre de CO₂, 2,0 puntos porcentuales más que en febrero de 2.017.

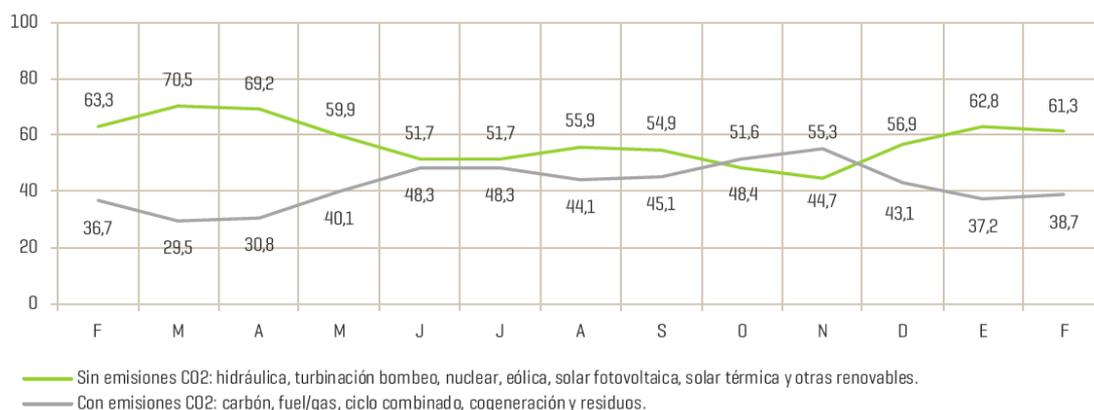


Imagen 1.3: Evolución del peso de la generación sin/con emisiones de CO₂ peninsular (%). Fuente: Red Eléctrica de España.

La producción eólica peninsular en el mes de febrero alcanzó los 4.662 GWh, produciéndose una variación del -5,0 % frente a la del mismo mes del 2017. El máximo de producción eólica peninsular se produjo el 14 de febrero suponiendo el 37,0 % de la generación total ese día.

Las reservas hidráulicas se han situado a finales de febrero en el 31,0 %, 13,3 puntos porcentuales por debajo del nivel de febrero de 2.017 y 1,9 puntos porcentuales más respecto al mes anterior. En términos hidroeléctricos, el mes de febrero de 2.018 ha sido un mes seco respecto a la media historia de este mes.

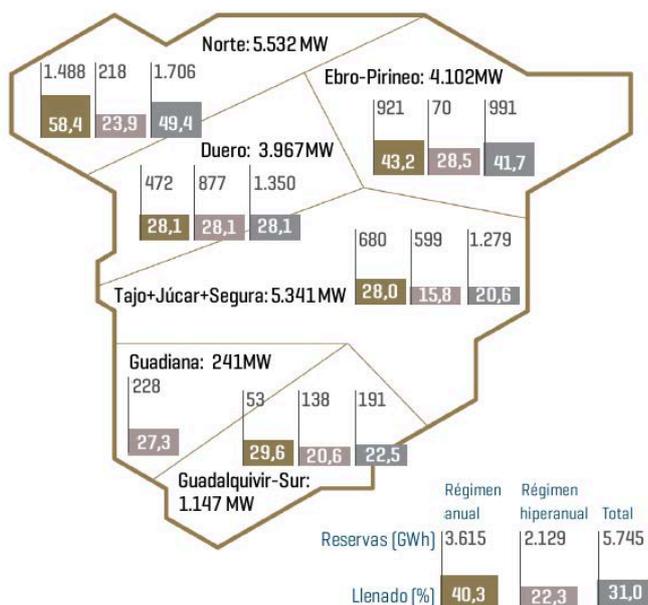


Imagen 1.4: Potencia instalada y reservas hidroeléctricas por cuencas hidrográficas, a 28 de febrero de 2018. Fuente: Red Eléctrica de España.

En los sistemas no peninsulares, el sistema balear presentó una variación de la demanda de 17,0 %, que una vez corregida se transformó en un 5,5 %. Respecto al sistema canario la demanda de febrero aumentó con respecto al mismo mes del año pasado en un 3,6%, siendo esta variación del 3,3 % una vez corregida.

	Febrero 2018		Acumulado anual		Año móvil	
	GWh	%18/17	GWh	%18/17	GWh	%18/17
Variación mensual	464	17,0	900	3,0	6.055	2,8
Componentes /1						
Laboralidad		0,0		0,3		0,0
Temperatura /2		11,5		1,6		0,9
Demanda corregida		5,5		1,1		1,9

1/ La suma de los componentes es igual al tanto por ciento de variación de la demanda total.
2/ Una media de las temperaturas máximas diarias por debajo o por encima de los umbrales de invierno y verano respectivamente, produce aumento de la demanda.

Imagen 1.5: Componentes de la variación de la demanda Islas Baleares. Fuente: Red Eléctrica de España.

	Febrero 2018		Acumulado anual		Año móvil	
	GWh	%18/17	GWh	%18/17	GWh	%18/17
Variación mensual	690	3,6	1.448	2,4	8.992	2,4
Componentes /1						
Laboralidad		-0,1		0,0		0,0
Temperatura /2		0,3		0,2		0,1
Demanda corregida		3,3		2,2		2,3

1/ La suma de los componentes es igual al tanto por ciento de variación de la demanda total.
2/ Una media de las temperaturas máximas diarias por debajo o por encima de los umbrales de invierno y verano respectivamente, produce aumento de la demanda.

Imagen 1.6: Componentes de la variación de la demanda Islas Canarias. Fuente: Red Eléctrica de España.

En lo referente a los intercambios internacionales, el mes de febrero de 2018 resultó importador, con una energía equivalente a 858 GWh.

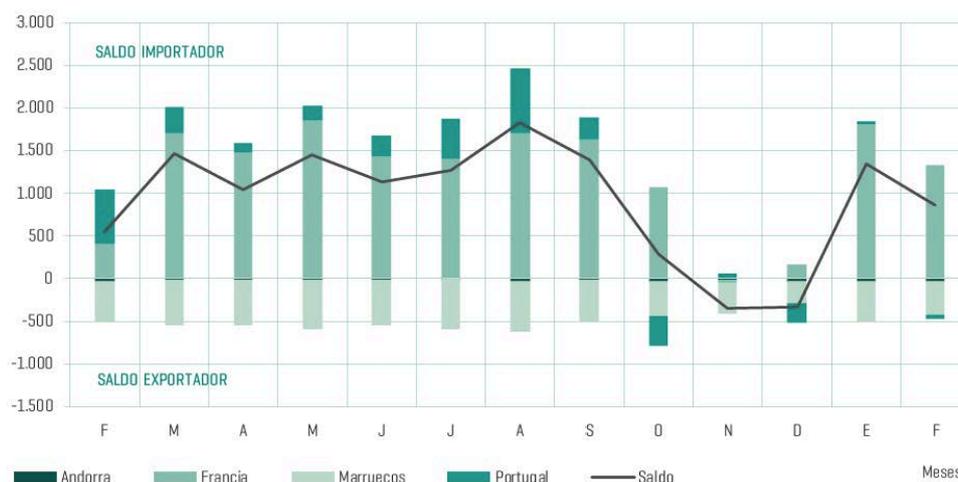


Imagen 1.7: Saldo físico de intercambios por fronteras (GWh). Fuente: Red Eléctrica de España.

El comportamiento de la red de transporte continúa el año con unos niveles de calidad muy elevados, siendo la tasa de disponibilidad superior al 98 % en todos los sistemas eléctricos.

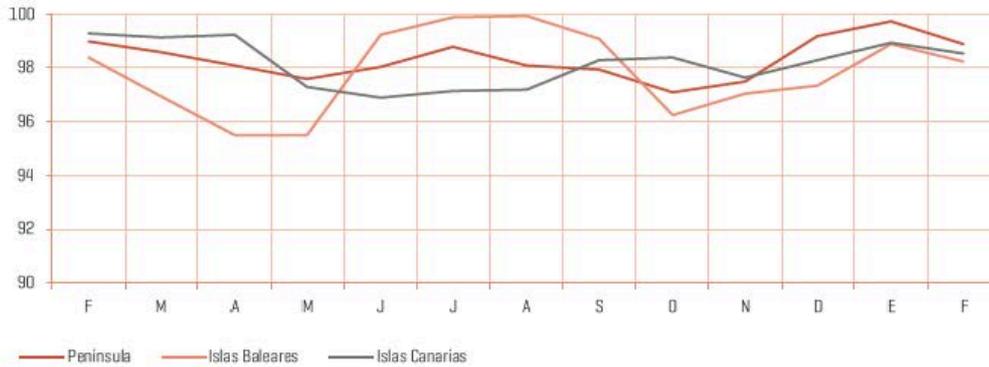


Imagen 1.8: Evolución del índice de disponibilidad de la red de transporte (%). Fuente: Red Eléctrica de España.

Se considera oportuno destacar que este mes de febrero de 2.018, se ha producido un incidente con corte de mercado en las instalaciones de la red de transporte peninsular, contabilizado en el cálculo de indicadores de calidad. En incidente se produjo en Castilla y León con una energía no suministrada de 0,07 MWh.

En cuanto al mercado eléctrico, el precio final de la demanda peninsular en este mes de febrero se ha situado en 62,04 €/MWh, lo que significa una variación del 6,2% respecto al mes anterior y del 1,3 % frente al mismo mes de 2.017.

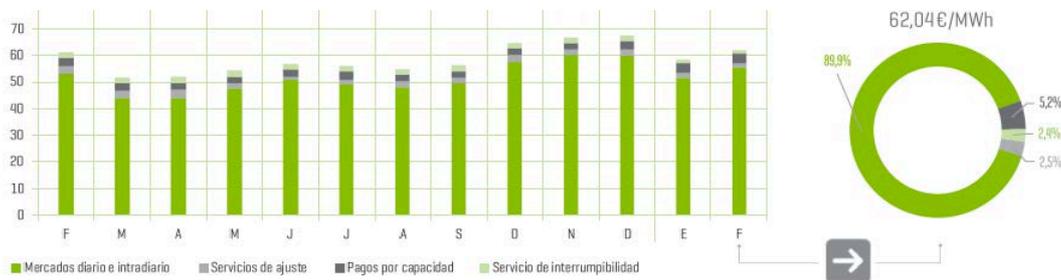


Imagen 1.9: Evolución de los componentes del precio final medio (€/MWh). Fuente: Red Eléctrica de España.

La variación de la repercusión de los servicios de ajuste en el precio final fue de un -44,7 % respecto al mes de febrero del año pasado.

Para finalizar con este breve análisis de la situación energética nacional, ya que la Red Eléctrica de España ofrece la posibilidad de observar a tiempo real la demanda de energía eléctrica, estructura de generación y emisiones de CO₂, se va a dejar constancia de la situación actual (13/04/2.018 a las 17:00 h) [23].

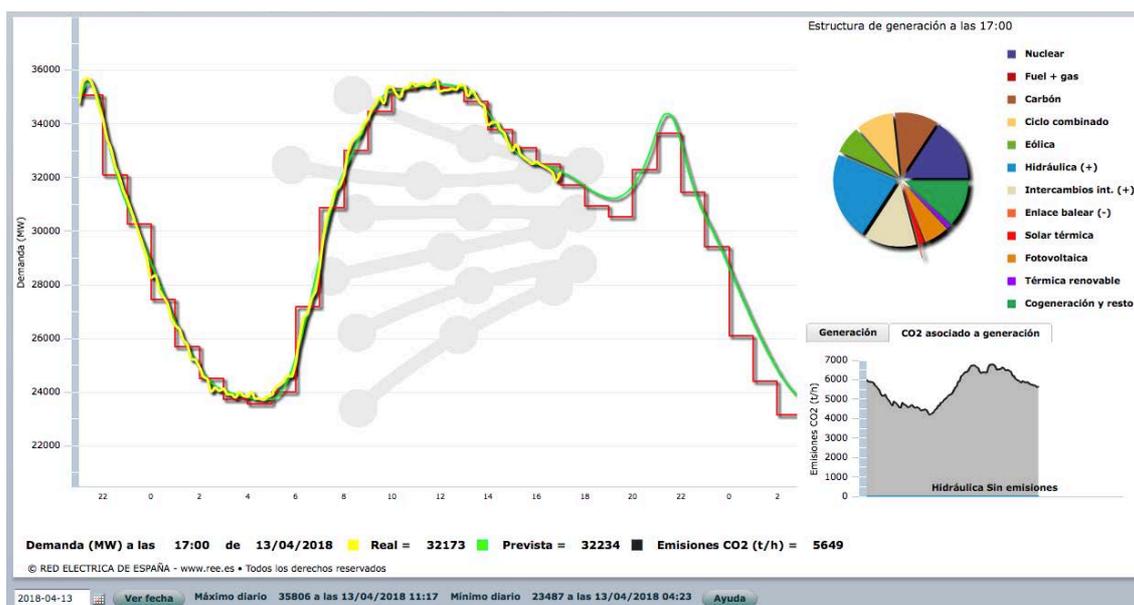


Imagen 1.10: Demanda de energía eléctrica en tiempo real, estructura de generación y emisiones de CO₂.
 Fuente: Red Eléctrica de España.

En el gráfico se aprecia la demanda de energía eléctrica (MW) por horas, así como la tendencia prevista de las 17:00h a las 2:00h. Durante el 13 de abril de 2018 se ha producido un máximo diario de 35.806 MW a las 11:17h, y un mínimo de 23.487 MW a las 4:23h. En cuanto a la estructura de generación, se observa que a la fecha señalada el tipo de generación más utilizado es la generación hidráulica (23,3%), siguiéndole la nuclear (15,8%).

En lo referente a las emisiones de CO₂, a las 17:00h se han producido un total de 5.776 t/h, habiendo alcanzado un máximo de 6.756 t/h a las 9:50h y un mínimo de 4.195 t/h a las 5:00h.

1.6. SITUACIÓN DEL ALUMBRADO EXTERIOR MUNICIPAL EN ESPAÑA.

El tráfico rodado, en su mayor porcentaje, se centra durante el día, aún así, existe un considerable número de vehículos que circulan por la noche, cuyo valor medio se estima en un 25%, presentando altos índices de accidentes nocturnos.

La principal causa de tasas tan altas de accidentes nocturnos es la propia oscuridad, ya que las capacidades visuales de los conductores son alteradas desfavorablemente debido a los bajos o nulos niveles luminosos existentes y, en consecuencia, la visibilidad queda muy reducida por la noche.

La tarea visual que ejerce un conductor durante la noche se efectúa en condiciones bastante deficitarias para la obtención de un buen resultado. Los factores que contribuyen a generar muchos problemas de orientación y guiado para los conductores de los vehículos son, principalmente, los siguientes:

- Pérdida de agudeza visual.
- Alteración en la apreciación de distancias; visión binocular deficiente.
- Percepción limitada de obstáculos laterales.

- Visión cromática insólita o inexistente.

Si a esto se añade la escasa y limitada información visual que proporcionan los faros de los vehículos, sobre todo con “luz de cruce”, se estará en un escenario en el que, además de las dificultades fisiológicas y psicológicas propias de la tarea visual realizada en estas condiciones, se agrava la situación como consecuencia del desplazamiento del vehículo y los de los otros conductores o usuarios de la carretera.

Los estudios realizados, tanto en nuestro país como en otros muchos, han demostrado que el alumbrado público contribuye en gran medida a la reducción de los accidentes nocturnos. Según datos de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), ha quedado demostrado que el alumbrado de las vías de tráfico rodado reduce el total de accidentes en un 30% durante las horas sin luz natural.

La tarea visual y las necesidades de los peatones difieren de las de los conductores en muchos aspectos. La velocidad del movimiento es menor, y la percepción de los objetos que rodean a los peatones tiene más importancia que la visión de los que están más distanciados. Por tanto, los criterios de calidad del alumbrado peatonal no pueden ser iguales a los de las vías de tráfico rodado. En áreas urbanas tiene mayor significación para los peatones la percepción de su entorno inmediato, al objeto de evitar cualquier tipo de atentado o delito, tales como robos, vandalismos, agresiones sexuales, actos de terrorismo, etc.

Desde el punto de vista energético y medioambiental, conviene reflejar que el peso específico del consumo eléctrico del alumbrado público podría incluso llegar a representar el 50% del consumo eléctrico total de un Ayuntamiento. Por otro lado, hay que resaltar que el alumbrado público en España supone un consumo eléctrico entorno a 2.900 GWh/año, lo que implica el 1,8% del consumo total eléctrico nacional y, por tanto, es responsable de la emisión a la atmósfera de alrededor de 1.740.000 Tm. de CO₂/año. Pero lo más destacado de este sector es su capacidad de ahorro, que se estima en un potencial medio de un 10%, lo que supondría reducir las emisiones en unas 174.000 Tm. de CO₂/año. Dicho potencial de ahorro es debido, tanto a la carencia de aplicación de tecnologías de eficiencia energética, como a los niveles de iluminación de las instalaciones que están por encima de los recomendados.

Por otra parte, gracias al estudio realizado por el Instituto de Ecología y Sostenibilidad de la Universidad de Exeter (Reino Unido), se poseen los datos necesarios para señalar que España se ha convertido en el país con mayor contaminación lumínica de toda Europa, siendo nuestro país también el que más gasta por habitante en alumbrado público. Las cifras del gasto anual se estiman alrededor de los 1.000 millones de euros.

Ya hace casi cinco años, el Ayuntamiento de Madrid inició un plan para reducir el problema mediante la sustitución de las lámparas de alta presión de sodio de sus farolas por tecnología LED, con el objetivo de lograr una mayor eficiencia energética. Factores ecológicos y otros relacionados con los trastornos del sueño son también problemas debidos a la contaminación lumínica, que además limita la investigación científica y astronómica.

Para tener una idea general de la tecnología instalada en cuanto al alumbrado público exterior, vamos a tomar como referencia la ciudad de Barcelona, estos datos no son

representativos de todo el país, pero si nos pueden servir para hacernos una ligera idea de como está la situación en este sector.

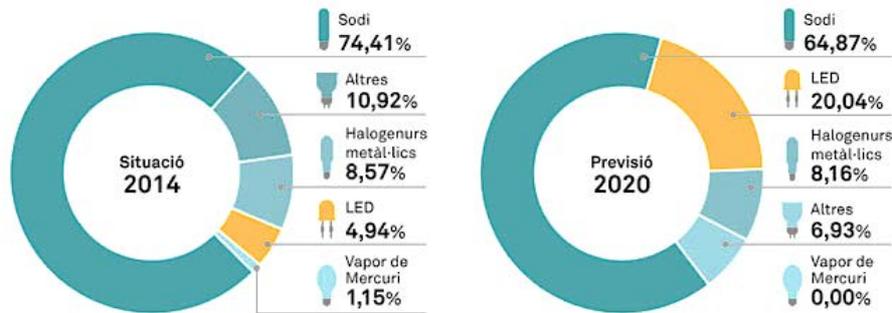


Imagen 1.11: Tecnología instalada en el alumbrado público exterior y su previsión (Barcelona). Fuente: Ayuntamiento de Barcelona.

En el gráfico, se puede apreciar la evolución prevista de la tecnología LED para el año 2020, pasando de un porcentaje del 4,94% del total instalado en 2014 a un 20,04% del total instalado en las calles de Barcelona. Hay que destacar que la tecnología LED es la única tecnología que incrementará su utilización e instalación, todas las demás tecnologías sufrirán un descenso en su utilización importante, llegando algunas a su total desaparición, como es el caso del vapor de mercurio, en los alumbrados públicos exteriores de Barcelona.

2. CAPÍTULO 2: OBJETO Y ALCANCE.

2.1. OBJETO.

El estudio realizado es una auditoría energética de la zona de la Robleda de Puente San Miguel, perteneciente al municipio de Reocín (Cantabria), en el que se analiza detalladamente el alumbrado público exterior de la zona para obtener una radiografía del estado energético actual y desarrollar las propuestas de mejora de la eficiencia energética que permitan reducir las emisiones de CO₂.

Como se ha definido en el capítulo 1, una auditoría energética realizada sobre un alumbrado público es un análisis que nos permite conocer el modo de explotación, funcionamiento y prestaciones de las instalaciones, el estado de sus componentes, sus consumos energéticos y sus correspondientes costes de funcionamiento.

Entre los objetivos que persigue la auditoría energética realizada se encuentran:

- Mejorar la eficiencia y el ahorro energético de los puntos de suministro.
- Adecuar y adaptar las instalaciones estudiadas a la normativa vigente.
- Limitar el resplandor luminoso y su contaminación lumínica.

El tipo de diagnóstico realizado en el presente estudio auditor es de primer grado, consistiendo en:

- Realizar una inspección visual del régimen de operación de las instalaciones.
- Analizar los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se realiza en cada equipo o instalación.
- Plantear un análisis económico, tanto de los consumos y como de los pagos por concepto de energía eléctrica.

Al llevar a cabo este tipo de diagnóstico, se han de identificar los equipos que visualmente se considere que puedan ser un foco de desperdicio de energía, se ha de plantear una serie de propuestas de mejora que se adapten a la situación e instalación estudiada y, además, se ha de estudiar los costes y los posibles ahorros energéticos obtenidos con las propuestas de mejora. Este tipo de diagnóstico genera una aplicación inmediata para las instalaciones sujetas a la auditoría.

El estudio del alumbrado público exterior se ha realizado sobre la zona más transitada y de interés de Puente San Miguel, lugar conocido como La Robleda, la cual se gestiona mediante tres puntos de suministro, con un total de 98 puntos de luz, especificados a continuación:

1. Zona del Puente: con 18 puntos de luz.
2. Zona de La Robleda (Ayuntamiento): con 44 puntos de luz.
3. Zona Auditorio: con 36 puntos de luz.

He de señalar que se ha elegido esta zona para poder profundizar en el estudio, ya que entrar al detalle de todo el municipio supondría un trabajo extremadamente largo, priorizando así más el detalle que a la abundancia.

Por último, agradecer al Ayuntamiento de Reocín su predisposición, ya que sin su colaboración no hubiese sido posible realizar esta auditoría energética en sus instalaciones municipales.

2.2. ALCANCE.

La auditoría energética, en el presente estudio, debe abarcar a las tres instalaciones de alumbrado público de titularidad municipal que dan luz a La Robleda, siendo estas ejecutadas por el propio Ayuntamiento, considerando tanto a la iluminación vial, sea funcional o ambiental, como a la ornamental y a cualquier otro tipo de instalación de iluminación exterior fija que se considere susceptible de incluir en la auditoría.

El alcance del estudio a realizar, a grandes rasgos, será:

- Recopilación de datos iniciales.
- Auditoría energética (grado I) de las instalaciones del alumbrado a estudiar.
- Cumplimiento de normativas y requisitos técnicos.
- Propuestas de mejora.

El detalle del estudio se obtiene mediante una herramienta elaborada por una entidad privada, en la cual, me encuentro actualmente de prácticas extracurriculares. La herramienta es capaz de dimensionar y calcular todo el proceso de cambio de instalaciones lumínicas, además, esta determina los ahorros en el consumo energético, en el coste económico y en las emisiones de CO₂, actuando de forma profesional en diferentes ámbitos de aplicación.

3. CAPÍTULO 3: ESTADO DEL ARTE Y ANTECEDENTES.

3.1. ANÁLISIS TEÓRICO.

En la actualidad, todo órgano municipal se encuentra ante el gran desafío de ser capaz de gestionar energéticamente el municipio del que es responsable de tal manera que la propia gestión genere un crecimiento económico, un menor impacto ambiental y un elevado bienestar social. La estrategia para alcanzar este objetivo reside en buscar una optimización de la demanda energética, optimizando la potencia contratada en cada uno de los equipos que forman la instalación, fomentando así el ahorro, y, por tanto, generando un proceso de eficiencia energética.

En este anejo se describirá el método empleado en el propio estudio para mejorar las instalaciones del alumbrado público exterior de La Robleda (Puente San Miguel).

3.1.1. Auditoría energética.

Según la Norma UNE 216501:2009, podemos definir la auditoría energética como un proceso sistemático, independiente y documentado para la obtención de evidencias y su evaluación objetiva en una organización o parte de ella, con objeto de:

- Obtener un conocimiento fiable del consumo energético y su coste asociado.
- Identificar y caracterizar los factores que afectan al consumo de energía.
- Detectar y evaluar las distintas oportunidades de ahorro, mejora de la eficiencia y diversificación de energía y su repercusión en costes energéticos y de mantenimiento, así como otros beneficios y costes asociados.

La auditoría debe contribuir a establecer, fijar y controlar objetivos y planes a corto, medio y largo plazo; de forma sistemática con el fin de conseguir la optimización de los recursos y técnicas energéticas [16].

Este análisis, enfocado a nuestro estudio, permite conocer el modo de explotación, funcionamiento y prestaciones de las instalaciones del alumbrado público exterior, así como sus componentes, consumos energéticos y sus costes de explotación, a fin de:

- Incrementar la eficiencia y el ahorro energético de las instalaciones a estudiar.
- Adaptar estas instalaciones a la normativa vigente.
- Limitar el resplandor luminoso y su contaminación lumínica.

3.1.1.1. Alcance técnico.

La auditoría energética ha de analizar todas las instalaciones que se consideren pertenecientes al alumbrado público exterior de la zona a estudiar, cuyo flujo luminoso proyecte sobre cualquier espacio abierto y público (carretera, calle, parque, etc.), con el fin de proporcionar la visibilidad adecuada para el desarrollo de las actividades cotidianas tanto peatonales como vehiculares en el espacio público a estudiar. Para ello, cualquier sistema de iluminación público exterior debe cumplir los siguientes aspectos:

- Proporcionar a los transeúntes seguridad y comodidad.
- Aumentar la seguridad individual y colectiva en las vías.

- Permitir a los transeúntes una correcta visualización de bordes, geometría, obstáculos y superficie de la vía.
- Disminuir la accidentalidad vial.
- Contribuir a detener o disminuir las acciones vandálicas.
- Adquirir un sistema de iluminación ahorrador de energía económico y de fácil mantenimiento.

El campo de actuación a considerar en la realización de una auditoría energética de alumbrado público exterior corresponde a todas las instalaciones de suministro, distribución, cableado y conexión eléctrico, dispositivos de medida, protección, soportes, luminarias, lámparas, accesorios, equipos de control, gestión y regulación.

Para iniciar un estudio energético, auditor y entidad contratante, han de definir y establecer claramente cuál será el alcance técnico del estudio energético que se va a ejecutar. Deben quedar muy claras las zonas, instalaciones, servicios y procesos objeto de análisis, así como cuál será el nivel de detalle del estudio, o alcance técnico del mismo.

En el desarrollo de una auditoría, tanto el objeto como el alcance técnico de la misma tienen que estar perfectamente delimitados y documentados por escrito antes del comienzo de cualquier acción [9].

En función del grado de profundización y/o detalle, existen distintos tipos de auditorías energéticas, clasificadas de la siguiente manera:

Diagnóstico de primer grado: es el tipo más simple y sencillo, radica en una inspección visual del estado de las instalaciones a estudiar, analizando los regímenes de operación y mantenimiento, los consumos y pagos por concepto de energía eléctrica y combustibles, tanto contratados como consumidos.

El proceso para efectuar este tipo de auditorías es el siguiente; en el primero paso, se determinan visualmente los componentes o equipos que se estipulen como posibles focos de pérdida de energía, para después, mediante un proceso documentado plantear las propuestas de mejora que mejor se adapten a cada sistema intervenido, y, por último, poder calcular los costes y potenciales ahorros energéticos obtenidos tras aplicar las propuestas de mejora.

En este grado de profundización, se busca encontrar medidas de aplicación inmediata, a corto plazo, por lo que no tiene sentido un análisis exhaustivo del uso de la energía.

Diagnóstico de segundo grado: se realiza un análisis más detallado que el anterior, se parte de una mayor cantidad de información, recopilada previamente sobre los sistemas constructivos y de funcionamiento de las instalaciones a estudiar, como planos, memorias, presupuestos y cualquier otro documento considerado de interés.

Además, en estos tipos de auditorías se efectúan pruebas o comprobaciones para obtener información verídica y de primera mano sobre la propia instalación mediante el empleo de equipos técnicos.

Diagnóstico de tercer grado: su grado de profundización asciende hasta el más mínimo detalle. Este tipo de diagnósticos realiza un análisis exhaustivo de los registros de

operación y de las bases de diseño de la instalación. Para un diagnóstico de tercer grado, se requiere información sobre: los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, las variables de presión, temperatura, etc.

Cada medición o acción que pueda condicionar la auditoría se lleva a cabo mediante especialistas en cada área, mediante el uso de equipos técnicos de medición y control. Tanto las mediciones como los propios equipos de medida deben ser supervisados por el ingeniero al cargo del proceso auditor. Además, se suelen utilizar técnicas de simulación de procesos para corroborar los datos obtenidos durante las mediciones.

Las mejoras propuestas en diagnósticos de tercer grado suelen llevar consigo modificaciones sobre los equipos, procesos e incluso sobre las tecnologías utilizadas.

En el presente Trabajo de Fin de Grado, se efectúa una auditoría energética con un grado de profundización correspondiente a un diagnóstico de primer grado, en el cual se analiza el alumbrado público exterior de La Robleda, Puente San Miguel.

3.1.1.2. Solicitud de documentación.

Es preciso solicitar por escrito a la entidad contratante, datos y documentos necesarios para la realización de la auditoría.

En el momento de solicitar la documentación es útil disponer de la mayor información posible sobre el objeto o instalación que se va a auditar. Cuantos más datos previos podamos disponer en el momento de solicitar la información, esta solicitud será más precisa.

A través del canal de comunicación previamente establecido, con el interlocutor designado y siempre por escrito, se debe solicitar la siguiente documentación:

- Planos de las instalaciones que se van a auditar.
- Esquema eléctrico.
- Histórico de las facturas de consumos energéticos globales.
- Contratos energéticos y tarifas.
- Listado de equipos consumidores de energía.
- Características nominales de los equipos consumidores de energía.
- Diagramas de funcionamiento.
- Mantenimientos que se realizan en las instalaciones.

Este es un momento clave en el éxito de una auditoría energética, la entidad contratante debe realizar una labor de recopilación de datos, es importante solicitar la documentación precisa.

Si la solicitud no fuese la correcta, podríamos encontrarnos con poca información, esto implica que tendremos que solicitar nueva documentación, lo que supone retrasos en la ejecución de la auditoría. Por otra parte, se puede dar el caso de solicitar documentación innecesaria, la entidad contratante realiza más trabajo de recopilación de datos, pudiendo provocar desinterés o abandono de la auditoría por falta de tiempo.

La implicación de la entidad contratante es esencial para el éxito de la auditoría, por lo que se tiene que ser muy preciso a la hora de solicitar la documentación pertinente, y establecer la comunicación precisa para lograr la colaboración de esta. Hay que destacar que el auditor no realiza un examen, ni reprocha cuál es el estado de situación, su trabajo es de apoyo y con carácter constructivo.

La entrega de la documentación solicitada a la entidad contratante en tiempo y forma adecuada es otro de los factores claves para la continuación del proceso. Sin documentación, la auditoría no puede continuar.

3.1.1.3. Trabajos previos.

Para una correcta ejecución de la auditoría se ha de establecer un programa de actuaciones previas:

- Identificar al personal perteneciente al equipo de trabajo, el cual tiene que conocer y tener acceso a todas las instalaciones.
- Establecer una hoja de ruta, programando las previsibles visitas a las instalaciones, así como la fecha de entrega del informe final de la auditoría.
- Determinar un canal de comunicación, con el personal designado.
- Coordinar el régimen de funcionamiento, horarios de trabajo, acreditaciones de acceso, autorizaciones para posibles mediciones, etc.
- Comprobar el correcto cumplimiento de la normativa vigente en cuanto a seguridad, prevención de riesgos, protección de datos, confidencialidad, etc.

3.1.1.4. Recogida de datos.

Una vez recibida la información solicitada por escrito, se analiza y planifica el diseño del trabajo de campo que es preciso realizar.

Una segunda fase en el proceso de la auditoría es el trabajo de campo en las instalaciones a estudiar, toma de datos, registros y mediciones. Este trabajo se debe ejecutar teniendo en cuenta una serie de pautas:

- Ha de realizarse con el conocimiento y consentimiento por parte de la entidad contratante.
- Minimizando las interferencias en el desempeño de los transeúntes.
- Cumpliendo la normativa vigente de seguridad, prevención, protección de datos, confidencialidad, etc.

En la visita a las instalaciones, se debe realizar una inspección y la toma de datos in situ lo más ampliamente posible, para ello se ha de utilizar una ficha de toma de datos, que complemente la información que previamente se ha recopilado.

Para establecer los puntos clave que han de tenerse en cuenta en el momento de realizar el estudio, se recurre a unas fichas tipo en las cuales se reflejará la información del estado en que se encuentran las instalaciones y equipos objetos de la auditoría. Se dispone de dos bloques de tipos de fichas para las auditorías energéticas de alumbrado público:

- Fichas de datos de los cuadros generales de alumbrado, ficha donde se contempla la descripción y la medida de parámetros relativos a su localización, acometida eléctrica, protecciones, equipos de medida, datos de facturación y circuitos que enlazan con el resto de instalación.
- Fichas de las características propias de las instalaciones de alumbrado, ficha donde se contempla la descripción y medida de parámetros relativos a la tipología de la instalación de alumbrado, sus niveles de iluminación y su grado de eficiencia energética.

Una vez recopilada la información y realizada la inspección pertinente de la instalación, con una toma de datos complementaria in situ, se planifican las mediciones que son precisas para la correcta ejecución del estudio energético. Estas mediciones pueden realizarse en cualquier momento a lo largo de proceso de la auditoría, siendo el auditor energético quien proponga el plan de mediciones que son precisas una vez evaluada y analizada la documentación recopilada [15].

3.1.1.5. *Mediciones.*

Para llevar a cabo las mediciones se deben emplear los equipos técnicos precisos, los cuales tienen que ser manejados por personal técnico especializado con la cualificación adecuada. Las mediciones y recogida de datos se ejecutan en las propias instalaciones, bien por el equipo auditor o por técnicos especialistas en la materia. De forma más detallada, una auditoría energética de alumbrado público estudia los siguientes aspectos:

- Identificar cada uno de los centros de mando existentes, sus elementos, su estado, etc.
- Identificar los puntos de luz en cuanto a su distribución, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.
- Identificar todas y cada una de las luminarias en cuanto a sus características, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.
- Identificar todas y cada una de las lámparas en cuanto a sus características.
- Identificar todos y cada uno de los equipos de arranque de las lámparas en cuanto a sus características, tipo electromagnético o electrónico, nivel de encendido, y demás aspectos técnicos, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.
- Identificar cada uno de los sistemas de regulación y control, por lámpara, por línea o general, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.
- Identificar todas y cada una de las protecciones, tanto de entrada como de salida de línea, que pertenecen a cada cuadro de mando y control.
- Determinar y analizar bajo que condiciones se está gestionando y manteniendo cada una de las instalaciones que conforman el alumbrado público de la zona de estudio.
- Analizar la red eléctrica, este tipo de medición analiza diferentes parámetros eléctricos de una red: intensidad, tensión, potencia, energía activa y reactiva, factor de potencia, etc. El objeto de este análisis es determinar el correcto dimensionamiento, consumo, o funcionamiento del suministro eléctrico.
- Analizar los armónicos, determinados equipos llevan incorporados convertidores electrónicos y estos toman energía de la red en forma de corriente alterna que

para su uso la convierten en corriente continua. En este proceso de conversión, la forma de la onda senoidal se distorsiona, esta distorsión puede provocar perturbaciones en la red. Estos parámetros se pueden medir mediante un analizador de armónicos.

- Determinar la iluminancia, el fin de este tipo de medición es determinar el nivel de iluminación (lux) sobre una determinada superficie, con el objeto de ajustarlo correctamente a las necesidades de cada estancia o lugar y el tipo de trabajo que se ha de desarrollar en la misma.
- Realizar un análisis termográfico, la termografía es un procedimiento de imágenes que hace visible la radiación de calor (luz infrarroja) de un objeto o cuerpo que es invisible al ojo humano. Con este análisis se pueden registrar mediciones de temperatura sobre áreas, se observa la percepción de la emisión de calor de objetos, máquinas, edificios, etc. Con esta técnica se obtienen datos sobre posibles pérdidas térmicas o se determinan fuentes de calor. En una auditoría energética, la termografía tiene diversas aplicaciones como, por ejemplo, la verificación del adecuado aislamiento de una instalación.

Hay que destacar que no todas las mediciones tienen que realizarse en todos los casos, cada instalación es diferente, por lo que sus necesidades también lo son. Estas mediciones han de ser llevadas a cabo por personal especializado, que aporte los datos de referencia que permitan evaluar la eficiencia de la partida.

Todos los sistemas de alumbrado público exterior deben proporcionar la visibilidad necesaria y adecuada para el desarrollo de los distintos tipos de actividades en las horas nocturnas, para ello han de cumplir las condiciones técnicas de diseño, gestión, ejecución y mantenimiento del Real Decreto 1890/2008, relativo al reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público exterior y cumplir con los requisitos mínimos establecidos en el Real Decreto 842/2002, referente al reglamento electrotécnico de baja tensión.

El IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) ha elaborado guías y protocolos de referencia sobre el alumbrado público exterior, estas son dos sobre las cuales nos podemos apoyar para la realización del estudio:

- Guía técnica de eficiencia energética en iluminación: alumbrado público.
- Protocolo de auditoría energética de las instalaciones de alumbrado público exterior.

3.1.2. Auditoría energética del alumbrado público exterior.

En nuestro estudio, la auditoría energética abarca todas las instalaciones y equipos que conforman el alumbrado exterior de la Robleda. El estudio no diferencia entre titularidad pública o privada, siendo analizado todo equipo que genere o proyecte un flujo luminoso sobre el espacio exterior de utilidad pública, ya sea la carretera principal o secundarias, aceras, parques, etc...

El objeto del alumbrado público exterior no es otro que dotar de una perfecta visibilidad a la vía y/o espacio público, garantizando el perfecto desarrollo de las actividades tanto peatonales como vehiculares en la zona.

Esta auditoría realiza un estudio de la información obtenida, persiguiendo repartir el gasto energético por ratios relativos a la actividad desarrollada o el servicio atendido, y evaluando la eficiencia de los distintos equipos e instalaciones, determinando con ello las posibles actuaciones a acometer para su optimización en el gasto energético o su adecuación a normativas y reglamentos. En este sentido, el análisis de eficiencia energética se centra en gran medida sobre el diseño de este tipo de instalaciones, basándose en aspectos relativos a la definición de espacios iluminados, implantación de sistemas de regulación y control, optimización de potencias instaladas, limitación del resplandor luminoso y de la luz intrusa, y de todo ello, valorando la calidad de las instalaciones en estos aspectos. Además, serán tenidos en consideración los criterios establecidos por organismos competentes en el uso y optimización energética de instalaciones como, por ejemplo:

- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
- Comité Español de la Iluminación (CEI) en su Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación.

Por otro lado, se analizan las posibles pautas, procedimientos o sistemas adoptados en el municipio para el uso racional de la energía en sus instalaciones de alumbrado, como programas de gestión, de contabilidad energética, etc [14].

3.1.3. Eficiencia en la iluminación del alumbrado público exterior.

Las definiciones, valores y niveles de iluminación que se han tomado como referencia en el proceso de la auditoría del alumbrado público exterior sujeto al estudio son los recogidos en el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior (RD 1890/2008). Concretamente, se han utilizado las disposiciones desarrolladas en las siguientes Instrucciones Técnicas Complementarias:

- Eficiencia energética de una instalación: ITC- EA -01.
- Niveles de iluminación: ITC- EA -02.
- Resplandor luminoso nocturno: ITC- EA -03.

3.1.3.1. Conceptos clave en el estudio.

La luz es fundamental para la actividad humana. Con el paso de los años, la tecnología en el sector lumínico ha avanzado mucho, llegando a conseguir sistemas eficientes energéticamente.

Para su estudio se emplea la fotometría, cuyo objetivo es definir unas herramientas de trabajo, magnitudes y gráficos que permitan realizar los cálculos necesarios para el estudio de la iluminación [22].

A continuación, se definen una serie de conceptos importantes en este ámbito.

Flujo luminoso (Φ): cantidad de energía a la que el ojo humano es sensible emitida por una fuente luminosa en forma de radiación. Definida por el fabricante de la lámpara. El flujo luminoso hace referencia a la potencia. Su unidad es el lúmen (lm).

Intensidad luminosa (I): cantidad de flujo luminoso emitido por una fuente contenido en un ángulo sólido cualquiera, cuyo eje coincide con la dirección considerada. Su unidad es la candela (cd).

Iluminancia o nivel de iluminación (E): relación entre el flujo luminoso que una fuente de luz emite sobre una superficie y el área de dicha superficie iluminada. Su unidad es el lux (lx), estableciéndose la siguiente equivalencia: $1 \text{ lx} = 1 \text{ lm/ m}^2$.

Luminancia (L): relación entre la intensidad luminosa en una dirección dada y la superficie aparente iluminada, percibida por el ojo humano, en una dirección determinada. Su unidad es la candela por metro cuadrado (cd/ m²).

Rendimiento luminoso (K_s): cuantifica la porción de energía útil, siendo el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica que debe ser suministrada al sistema para que emita luz. Su unidad es el lumen por vatio (lm/W).

Temperatura de color (K): parámetro que caracteriza la tonalidad de luz emitida por la lámpara. Se define como la temperatura a la que un cuerpo negro presenta una apariencia de color similar. Su unidad son los grados Kelvin (°K).

Índice de reproducción cromática (IRC): capacidad que una fuente luminosa tiene para reproducir fielmente a los fielmente los colores de los objetos en comparación con una fuente de luz natural o ideal. Se define como un índice de un rango de 0 a 100.

El IRC se clasifican en 4 baremos:

- Excelente: IRC del 85% al 100%.
- Bueno: IRC del 70% al 84%.
- Regular: IRC del 40% al 69%.
- Malo: por debajo del 40%.

Vida útil: Periodo de tiempo en el cual el flujo luminoso de la lámpara no desciende por debajo del 70% de su valor nominal. Se mide en horas y suele ser indicado por el fabricante.

Conceptos específicos de la tecnología LED (Light Emitting Diode) según el IDAE, recogidas en “Requerimientos técnicos exigible para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior” [17]:

Fuente de luz LED: Se entiende por fuente de luz LED a un diodo compuesto por la superposición de varias capas de material semiconductor que emite luz en una o más longitudes de onda cuando es polarizado correctamente.

Un diodo es un dispositivo que permite el paso de la corriente en una única dirección y su correspondiente circuito eléctrico se encapsula en una carcasa plástica, de resina epoxi o cerámica según las diferentes tecnologías.

Punto de luz LED: conjunto que incorpora una luminaria con tecnología LED y, en caso necesario, su soporte y elementos necesarios para su funcionamiento.

Luminaria LED: luminaria que incorpora la tecnología LED como fuente de luz y la provee de unas condiciones de funcionamiento, rendimiento, vida, etc., propias de esta

tecnología. Existen gran variedad de luminarias. A continuación, se aprecia el conjunto que forma la luminaria LED.



Imagen 3.1: Luminaria LED. Fuente: web “schreder”.

Módulo LED: sistema comprendido por uno o varios LED individuales que puede incorporar otros elementos tales como circuitos impresos, disipadores térmicos, sistemas ópticos y conexiones eléctricas. Su diseño y características modificarán las cualidades y garantías que el propio fabricante de LED individual ofrece, haciendo así necesaria su certificación y pruebas de funcionamiento en su integración en la luminaria y para la correcta aplicación de sus características.



Imagen 3.2: Módulo LED. Fuente: web “beldeus”.

Compartimento Óptico: parte de la luminaria donde se ubica el módulo LED. Se puede observar en la imagen 1.

Dispositivo de alimentación y control electrónico (“DRIVER”): elemento auxiliar utilizado para regular el funcionamiento de un módulo LED que adecúa la energía

eléctrica de alimentación recibida por la luminaria a los parámetros exigidos para un correcto funcionamiento del sistema.



Imagen 3.3: LED DRIVER. Fuente: web “dled”.

Vida útil estimada para una luminaria: es el periodo de tiempo en la que ésta funciona sin llegar a perder más de un porcentaje determinado de su flujo lumínico inicial. Está basada en la vida útil de todos los componentes que forman la misma.

Los elementos que determinan la vida de la luminaria son la envolvente, los soportes, el LED, el módulo LED, el driver y el resto de los componentes que pueden llegar a conformarla. Aunque los LED sigan el estándar LM80 aparecen nuevos factores que afectan a su vida útil como son la temperatura interior, la corriente de funcionamiento y las condiciones ambientales.

Vida útil del LED: Depreciación de flujo estimado Específicamente en lo que se refiere a la vida, se suele hablar de vida útil refiriéndose a la pérdida de una determinada cantidad de luz en una instalación, y se expresa con los siguientes parámetros:

- **Lxx:** Mantenimiento de flujo luminoso; definido normalmente como L70, L80 o L90. Indica el porcentaje de flujo luminoso respecto al inicial que va a presentar la luminaria tras un periodo de tiempo determinado, el cual será más o menos elevado dependiendo de las características del LED, la corriente de funcionamiento y el diseño de la propia luminaria.
- **Byy:** Probabilidad de pérdida de flujo luminoso; describe el porcentaje de los LEDs que se sitúan por debajo de un nivel de flujo luminoso (Lxx) incluyendo LEDs que pueden sufrir fallo catastrófico.
- **Tiempo en horas;** en lo que se refiere a su comportamiento en el tiempo, los datos de la vida del led se obtienen inicialmente de la LM 80 y se extrapolan a partir de la TM 21 normalmente a una temperatura específica de 25°C.

También conocida como mortalidad del LED, no tiene en cuenta el posible fallo total de luminaria sino la depreciación de flujo de las luminarias LED en una determinada instalación. Se considera que, en caso de fallo total de la luminaria, ésta debe ser sustituida o reparada de modo inmediato con lo que no afectaría al nivel de iluminación.

LM 80: es el estándar de la Sociedad de Ingeniería de la Iluminación de Norteamérica (IESNA) aprobado para el mantenimiento del flujo luminoso de fuentes de luz LED. LM-80-08 se aplica al paquete de LED, matriz o módulo, no a un sistema completo (luminaria). El estándar no proporciona orientación para la extrapolación de los resultados de las pruebas.

TM 21: es el método estándar de la Sociedad de Ingeniería de la Iluminación de Norteamérica (IESNA) aprobado para tomar datos de LM-80 y realizar proyecciones de vida. Los estándares se aplican a la proyección de vida del paquete de LED, matriz o módulo. Los resultados suelen utilizarse luego para extrapolar la vida útil de una fuente LED dentro de un sistema (luminaria o lámpara LED) conociendo la temperatura de funcionamiento del LED en dicho sistema.

Vida útil de los componentes: viene determinada por la expectativa de vida útil indicada por el propio fabricante del componente en unas condiciones de funcionamiento y certificaciones concretas. El fabricante de la luminaria LED asume esta vida útil como propia siempre que dicho dispositivo tenga unas condiciones de funcionamiento análogas en dicha luminaria.

Certificados y marcados: los certificados y marcados a los que están sujetos los LED son los siguientes:

- ENAC/ Acreditación ENAC.
- ENEC.
- EN.
- UNE.

3.1.3.2. Tipos de lámparas sujetas al estudio.

A continuación, se procede a analizar las dos tecnologías implicadas en el estudio.

Inicialmente, se describe la tecnología actual de iluminación del alumbrado (Sodio), destacando sus principales características, posibles ventajas y desventajas.

Posteriormente, se analiza con más detalle la tecnología que se plantea como medida de mejora (LED) para el propio alumbrado.

3.1.3.2.1. Tecnología de la situación actual del alumbrado: VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN (HPS).

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión (HPS), son muy similares a las lámparas de vapor de sodio de baja presión (LPS). Ambas se basan en la emisión de luz mediante la descarga de gas. La principal diferencia entre estas es la presión de operatividad dentro de la propia lámpara, que como el propio nombre indica, las lámparas de vapor de sodio a alta presión operan a una presión interna más alta.

El tubo de descarga está construido de óxido de aluminio sinterizado. En el interior de este se introduce un gas inerte (normalmente xenón) y sodio, que se combina con varios elementos como, por ejemplo, el mercurio, que añadiendo una pequeña cantidad mejora

su IRC del conjunto. Su principio operacional busca elevar la presión del sodio (10-100 KPa) aumentando la temperatura en el tubo de descarga.

Geométricamente, la gran diferencia entre estos tipos de lámparas (HPS-LPS), es la forma del tubo de descarga, en cual en las lámparas de vapor de sodio a alta presión no tiene forma de “U”, debido a la alta presión producida en este.

Este tipo de tecnología necesita de arrancadores capaces de generar los picos de tensión necesarios para el encendido (3000–5000 V). Normalmente, en serie con el arrancador se conecta un balasto para limitar la corriente y en paralelo con el conjunto, un condensador para mejorar el factor de potencia. Ambos son conocidos como equipos auxiliares, los cuales se detallan en las siguientes páginas.

A continuación, se presenta a modo de esquema, las partes de la tecnología HPS:

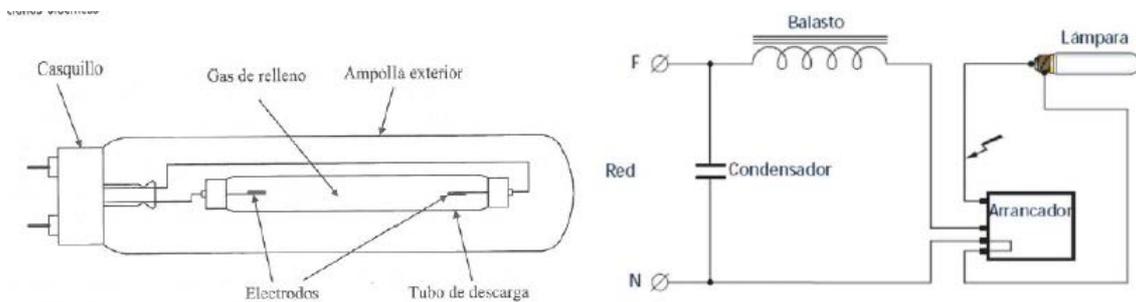


Imagen 3.4: Esquema HPS. Fuente: Transformación y uso eficiente de la energía; Carmela Oria Alonso.

El arranque de este tipo de lámparas es relativamente simple, pero en ocasiones puede requerir de una tensión significativa cuando alimenta lámparas de mayor tamaño. La iluminación con vapor de sodio necesita de un período de calentamiento para evaporar el gas interno en plasma. Además, a medida que la luz se calienta, requiere de una tensión adicional para funcionar, que se equilibra con un balasto. A medida que las lámparas de vapor de sodio envejecen, cada vez se requiere más tensión para producir la misma cantidad de luz, hasta que finalmente, la tensión aplicada excede la resistencia proporcionada por el balasto y la luz se apaga. Por ello, las luces se vuelven menos eficientes con el tiempo.

Esta tecnología genera una alta eficiencia al proporcionar iluminación en una amplia área. Las lámparas de sodio funcionan en un rango donde el ojo humano es muy sensible y, por lo tanto, requiere menos energía para lograr el mismo efecto de iluminación. Por esta razón son muy eficientes. Por otra parte, presentan un largo periodo de encendido entre 5-10 minutos.

Las luces LPS y HPS son mucho más eficientes y duraderas que las bombillas incandescentes, muchas bombillas fluorescentes, y la mayoría de las lámparas de descarga de alta intensidad generalmente. Solo recientemente, con la irrupción de la tecnología LED en la iluminación, se las ha superado en términos de eficiencia energética y vida útil.

Las aplicaciones más comunes para este tipo de iluminación son el alumbrado público y los estacionamientos, la iluminación de túneles donde, la reproducción del color no es

un problema importante. Normalmente, esta se utiliza en entornos al aire libre en colegios, grandes edificios comerciales, hospitales, etc [21].

3.1.3.2.2. Tecnología de la situación de mejora del alumbrado: LED (Light Emitting Diode).

Hablar de iluminación en la actualidad, prácticamente implica hablar del gran desarrollo de la tecnología LED, y de las ventajas que presenta frente a otras tecnologías de iluminación convencionales, esto se puede derivar a todos los campos de aplicación de esta. La incorporación de la tecnología LED en luminarias de alumbrado exterior supone el adiós de la iluminación convencional de nuestras calles. Actualmente, la totalidad de auditorías realizadas sobre un alumbrado público exterior plantean la inclusión de luminarias LED en las calles del propio municipio.

La innovación y actualización que supone aplicar esta tecnología en las calles trae consigo grandes beneficios si se verifica que se obtienen los resultados lumínicos estudiados con anterioridad y presuponándose como óptimos. Cuando la auditoría se realiza de manera adecuada, las instalaciones de alumbrado pasan a ser más eficientes energéticamente, la durabilidad de las instalaciones aumenta considerablemente y los costes, tanto de mantenimiento como de la propia explotación de la instalación, se reducen generando un ahorro económico.

En la mayoría de las aplicaciones de lámparas de este tipo, el LED se presentan estructurado de la siguiente forma:

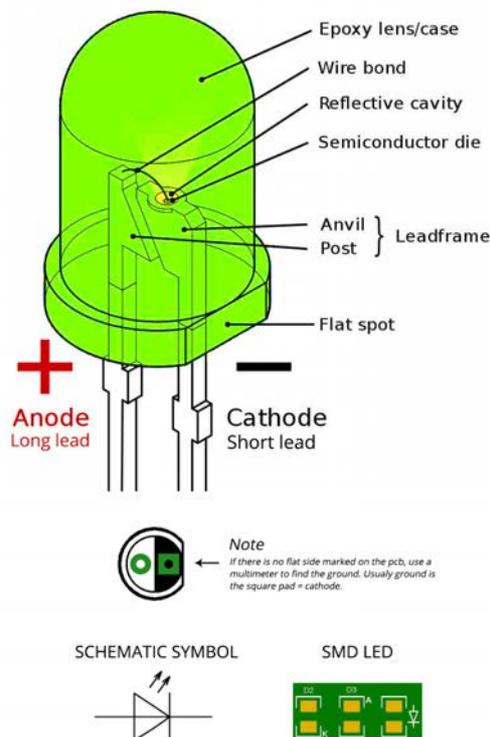


Imagen 3.5: Esquema LED. Fuente: web “tips.modularparts”.

Los principales aspectos técnicos que hacen de esta tecnología pionera en este sector son los siguientes:

- Presenta una vida útil mucho más elevada que el resto de las tecnologías. Actualmente los fabricantes garantizan más de 50000 horas de uso sin que la luz pierda sus propiedades.
- Posee una alta y creciente eficacia luminosa, lo que repercute en un bajo consumo energético. La tecnología LED actual cuenta con modelos cuyas prestaciones en este campo son cercanas a los 120 lm/W.
- El conjunto lámpara-luminaria presenta una alta eficiencia, ya que, al ser fuentes puntuales, la luz es sencillamente dirigible con ópticas hechas a medida para su función.
- Los LED son de tamaño pequeño, lo que facilita la instalación en cualquier tipo de lugar, desde dar luz en un parque público a crear rótulos o dibujos en lugares con geometrías complejas, pudiendo remplazar a cualquier tipo de las tecnologías competidoras, ya sean lámparas incandescentes, halógenas, etc.
- Tanto el encendido, como el reencendido son instantáneos y regulables. La programación es una aliada de esta tecnología, pues se presta a realizar efectos luminosos durante el encendido.
- Posee una alta gama de tonos o colores de luz sin la necesidad de disponer de filtros.
- Los niveles de IRC son excelentes en temperaturas de color en la totalidad del rango de blancos.
- No presenta pérdidas en forma de calor, ya que esta tecnología no emite infrarrojos.
- El consumo de energía reactiva se presenta como algo, normalmente, irrelevante.

Como aspectos más negativos de la tecnología, podemos señalar las siguientes:

- Estos sistemas funcionan en corriente continua, por lo que, para trabajar, necesitan el acoplamiento de equipos auxiliares. Aspecto destacable, el cual se analizará en sucesivas páginas de este anejo.
- Las variaciones de tensión pueden acabar con la integridad del sistema LED si le aplicamos tensiones que no puede soportar, por ejemplo, al producirse un aumento de potencia que sobrepase su rango de funcionamiento. Si la situación es la contraria, es decir, cuando se produce una disminución de potencia, se aprovecha como método de regulación del sistema.

- A la hora de la instalación del LED, lo más aconsejable es cambiar también la luminaria que lo va a adoptar, permitiendo aprovechar al máximo las propiedades por la que destaca, ya que, una instalación de la lámpara LED en luminarias viejas e inapropiadas no permitirá la disipación del calor adecuadamente o su iluminación será ineficiente. Entre otros aspectos negativos que la situación descrita generaría en el funcionamiento del propio LED sería la disminución de la vida útil del mismo.
- Por último, el precio, todavía más alto que las tecnologías competidoras. Pero lo innegable es que un sistema bien estudiado e instalado de LED da beneficios, como veremos a lo largo del presente estudio.

También es importante destacar que los parámetros proporcionados por los fabricantes del LED no son aplicables al funcionamiento de estos una vez instalados en la luminaria, estos parámetros variarán en función del propio diseño de la luminaria, produciéndose en ocasiones, variaciones considerables. Esta variación, fundamentalmente, es causada por que los fabricantes caracterizan y diseñan los LED en condiciones nominales, las cuales son diferentes de las condiciones de funcionamiento reales del LED en la propia luminaria. Para contrarrestar esta situación, lo que se busca es diseñar, en la medida de lo posible, los LEDs a medida para cada luminaria.

Este hecho fomentó la implantación de normativa en este aspecto, que definiera la forma de proceder de los fabricantes a la hora de proporcionar la información de las características y parámetros técnicos sus productos, de forma que esta deberá ser clara, concisa y realista, posibilitando la comparativa entre productos de diferentes fabricantes.

Por otro lado, los LEDs integran reguladores a fin de asegurar la que lámpara trabaja en su punto de funcionamiento nominal (tensión e intensidad óptimas), buscando que el rendimiento de la instalación sea lo mayor posible. Estos son los encargados de conseguir que todos los LEDs que integren una instalación trabajen bajo las mismas condiciones, propiciando una misma vida útil, una misma tonalidad de color, etc.

Todo dispositivo LED presenta una relación prácticamente lineal entre el flujo luminoso y la intensidad, lo que supone que para controlar una de las dos variables, debe ser controlada la otra, ya que ambas están directamente relacionadas. De manera que, para controlar el flujo luminoso con el regulador, análogamente se deberá controlar la intensidad que circula por el propio sistema LED [21].

A continuación, se muestra la estructura de un regulador con control de intensidad:

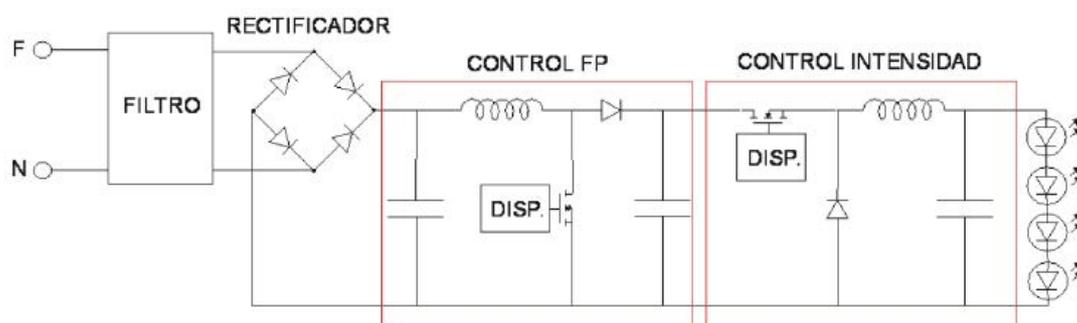


Imagen 3.6: Estructura regulador con control de intensidad. Fuente: Transformación y uso eficiente de la energía; Carmela Oria Alonso.

El regulador esquematizado, está compuesto por los siguientes equipos o sistemas:

- Filtro: evita que las perturbaciones electromagnéticas de la red afecten al equipo y viceversa.
- Circuito rectificador: transforma la corriente alterna en corriente continua.
- Circuito de control del factor de potencia: busca dotar al equipo de un elevado factor de potencia.
- Circuito de control de intensidad.

Tabla comparativa de propiedades de los distintos tipos de lámparas:

Tabla 3.1: Comparativa de las características por tecnología de iluminación. Fuente: Elaboración propia.

	Gama de potencias (W)	Vida útil (h)	Eficacia (lm/W)	Tª Color (K)	IRC (%)	Encendido y Reencendido	Equipo auxiliar
Incandescentes	25-2000	1000	8-21,5	2700	100	Instantáneo	No
Halógena	40-100	2000	15-27	2800	100	Instantáneo	Si
Tubos fluorescentes	16-65	5000-6000	48-80	2700-600	70-98	instantáneo	Si (balasto y cebador)
Fluorescente compacto	7,5-50	8000	57-65	2700-6000	85	instantáneo	Si (balasto electrónico)
Luz de mezcla	160-500	6000	19-28	3600	60	E:2min, R:5-10min	No
Mercurio A.P.	50-2000	24000	32-60	3500-4500	40-70	E:4-5min, R:3-6min	No
Halogenuro metálico	70-3500	10000	75-105	3000-6000	80-90	E:3-10min	Si (arrancador)
Inducción	70-150	60000	80	3000	>80	instantáneo	Si (balasto electrónico)
Sodio B.P. (LPS)	18-180	6000-8000	100-199	-	-	E:15min, R:3min	Si
Sodio A.P. (HPS)	35-1000	8000	60-130	2000-2200	25-50	E:5-10min, R:1min	Si
Sodio Blanco	35-150	12000-15000	40-50	2500	85	E:12min, R:3min	Balasto y unidad de control
LED	1,5-50	50000	60-120	2500-8000	70-98	instantáneo	Incorporado en la luminaria

3.1.3.3. Luminarias.

Se entiende por luminaria a todo sistema de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias fuentes de luz. Comprende todos los elementos necesarios para el soporte, la fijación, la protección de las fuentes de luz y, en caso de

que sean necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación, así como los elementos que permitan su fijación a soportes, de manera que la totalidad del conjunto cumpla con las especificaciones marcadas en la normativa vigente.

Toda luminaria, así como sus elementos integrantes, ha de cumplir unos requerimientos técnicos definidos en la normativa vigente.

El diseño técnico de una luminaria puede dar como resultado importantes diferencias de comportamiento, incluso si dos luminarias están basadas en el mismo tipo de LED su comportamiento puede ser muy diferente según la configuración y el diseño elegido.

La mayoría de las especificaciones iniciales como la potencia consumida, el flujo, espectro y características de color, así como la eficacia Lm/W y matriz de intensidad luminosa, se tienen que medir para el conjunto de la luminaria completa, especificándose la temperatura ambiente a las que se realizan las medidas normalmente estas mediciones se realizan a 25°C.

El motor fotométrico estará basado en un sistema de principio de óptica con PCB mediante el principio de adición fotométrica, con el uso de múltiples fuentes de luz tipo LED.

Cada uno de estos LEDs estará asociado a una lente específica, y la luminaria en su totalidad generará la distribución fotométrica de salida determinada. De esta manera la calidad y mantenimiento de la fotometría queda garantizada ante el fallo de uno o varios LEDs. El factor de potencia de la luminaria deberá ser como mínimo 0,9 a carga máxima.

Los datos fotométricos exigibles para la luminaria utilizada en el proyecto son:

- Curva fotométrica de la luminaria.
- Curva del factor de utilización de la luminaria.
- Flujo luminoso global emitido por la luminaria.
- Flujo hemisférico superior instalado (FHSINST) a 0 grados de inclinación.
- Temperatura de color en K de la luz emitida por la luminaria.

Componentes que forman la luminaria:

- *Fuente Luminosa LED:* Los LEDs utilizados para conformar el compartimento óptico de la luminaria, caracterizándose por regímenes de funcionamiento, reproducción cromática, temperatura de color, curva espectral a la temperatura de color empleada, y características eléctricas.
- *Módulo LED:* El módulo LED de la luminaria lo forman los LEDs anteriormente mencionados. La temperatura de color deberá ser de color blanco, de (2200 a 4000) K con una tolerancia de ± 300 K.
- *Dispositivo de Alimentación y Control (“Driver”):* dispositivo de alimentación y control empleado en luminarias para actuar sobre el módulo luminoso, deberá estar compuesto por elementos independientes y siempre con posibilidad de reemplazarlos independientemente.



- *Otros Dispositivos Eléctricos o Electrónicos:* El avance tecnológico de las luminarias de alumbrado exterior hace posible el hecho de que se integren otros módulos, ya sean de protección eléctrica o de control para su telegestión.

Cada componente instalado deberá disponer del Marcado CE de la luminaria (Declaración de Conformidad), así como presentar una ficha, definiendo marca, modelo, ficha técnica del producto, la cual recoja sus componentes y su régimen de funcionamiento, tal y como recoge y define la normativa vigente.

Otros aspectos técnicos:

- El grado de protección (IP) del compartimento óptico deberá ser de 66.
- El grado de protección (IK) mínimo de la luminaria, de 08.
- La luminaria contará con, al menos, 3 distribuciones fotométricas diferentes.
- El flujo hemisférico superior máximo (FHS) permitido será de un 5%, con excepciones.
- La eficacia mínima de la luminaria en función del tipo del LED queda descrita mediante la siguiente tabla:

Tabla 3.2: Eficacia mínima en función del tipo de LED. Fuente: Elaboración propia.

TIPO DE LED	lm/W
LED NEUTRO 4000ºK	80
LED CÁLIDO 3000ºK	70
LED CÁLIDO 2700ºK	65
LED CÁLIDO 2200ºK	60
LED PC-ÁMBAR (Phosphor-Converted)	55
LED ÁMBAR PURO (monocromático)	35

- La vida útil estimada de una luminaria se considerará como máximo en 100.000 horas, a una temperatura ambiente de 25°C, especificando en todo momento la Lxx y Byy.
- El Retrofit Kit sólo es aplicable a faroles clásicos que por su diseño, forma, características y materiales empleados en su construcción no puedan ser reemplazados y que requieran de esta solución.

Hay que tener siempre en cuenta que la modificación de una luminaria ya instalada y equipada con lámpara de descarga o de otra tecnología, adaptándolo a diferentes soluciones con fuentes de luz tipo LED (ya sea mediante “lámparas de reemplazo”, “sustitución del sistema óptico” o “sistema LED Retrofit”) implica operaciones técnicas, mecánicas y/o eléctricas. Esto compromete la seguridad y las características de la luminaria original y puede generar diferentes problemas en el ámbito de seguridad, compatibilidad electromagnética, marcado legal, distribución fotométrica, características de disipación térmica, flujo, eficiencia de la luminaria, consumo, vida útil y garantía.

En estos casos, el producto resultante de las modificaciones anteriormente mencionadas se convierte en una nueva luminaria; por tanto, quien efectúa dichas modificaciones pasa a convertirse en fabricante de esta, siéndole aplicable la totalidad de la Legislación y Normativa, así como la responsabilidad sobre el producto, sobre su correcto funcionamiento, sobre la seguridad eléctrica y mecánica tanto del producto como de la instalación eléctrica asociada. Todo fabricante de retrofits debe entregar una hoja de instrucciones que señalará como se debe instalar el kit en la luminaria en concreto.

Las luminarias en alumbrado exterior deberán estar protegidas contra sobretensiones transitorias a través de la red de hasta 6kV/3kA en modo diferencial (entre fase y neutro) en el caso de luminarias Clase II y de hasta 10kV/10kA en modo común (entre fase/neutro y tierra) en el caso de que exista un punto de la luminaria conectada a tierra.

Según el REBT todos los cuadros eléctricos en los que se instalen luminarias LED estén dotados de protección contra sobretensiones permanentes y transitorias. Debido a la carga electrostática, se recomienda que en las instalaciones que se realicen sobre postes de material aislante (plástico, hormigón, madera,) las luminarias estén dotadas de un dispositivo de protección contra descargas electrostáticas (excepto cuando las luminarias sean completamente de material aislante en cuyo caso esta protección no es necesaria).

3.1.3.4. *Equipos auxiliares.*

En este punto se describe los tres tipos de equipos auxiliares: balasto, condensador y arrancador, de vital importancia para la iluminación basada en la tecnología LED.

Balasto:

Como se hizo referencia en apartados anteriores, es necesario utilizar equipos auxiliares para controlar el crecimiento de la corriente y así evitar la destrucción de la lámpara cuando esta se encuentra encendida, ya que las lámparas, en general, poseen una relación tensión-corriente no lineal y negativa. En consecuencia, se necesita un sistema limitador de intensidad, conocido como balasto.

De modo, que los balastos son dispositivos limitadores y estabilizadores de corriente de arco o de lámpara, que controlan e impiden que la corriente aumente indefinidamente hasta la destrucción de la propia lámpara.

Estos equipos, se pueden dividir en dos grupos, por un lado, los balastos electromagnéticos, y por otro, los balastos electrónicos, siendo sus tipos más utilizados los descritos a continuación:

- *Balasto serie de tipo inductivo:* es el más utilizado, genera una baja regulación de corriente y de potencia frente a las oscilaciones de la tensión de la red de alimentación, su uso será adecuado siempre que la tensión no fluctúe más de un 5 %.
- *Balasto serie de tipo inductivo para dos niveles de potencia:* se utiliza cuando se prevén variaciones constantes o fijas a lo largo del tiempo superiores en la

tensión de la red, se generan dos tomas de tensión, para así aplicar la más conveniente.

- *Balasto autorregulador**: se utilizarán cuando la tensión oscile más del 10 %.
- *Balasto autotransformador**: Se utiliza cuando la tensión sea insuficiente para verificar un funcionamiento estable de la lámpara, su función es elevar la tensión y regular la corriente, y su uso se preverá generalmente cuando la tensión de la red de alimentación resulte inferior a 200 V.
- *Balasto electrónico**: equipo compacto sensible que hace las funciones del equipo auxiliar, estabilizando la potencia en la lámpara y, en consecuencia, el consumo en red frente a variaciones de tensión comprendidas entre 180-250 V. La vida media de la lámpara se mantiene constante. En las condiciones de funcionamiento, las pérdidas no superan el 4-5% de la potencia eléctrica consumida en la lámpara. Por otro lado, necesitan de una protección especial referente a las tormentas meteorológicas, elevadas temperaturas, perturbaciones eléctricas, etc.

*Referente a los tres últimos tipos de balastos; su utilización está enfocada a situaciones donde las oscilaciones de tensión son variables en el tiempo, resultando estas durante las horas de encendido diario, o bien, a lo largo del fin de semana y/o estacionales.

Condensadores:

Este debe ir acoplado al balasto, conexionado a la red de alimentación para corregir el factor de potencia, o bien instalado en serie con el balasto y la lámpara sirviendo como elemento regulador de corriente y compensación.

Ciertos balastos electrónicos no requieren dispositivos adicionales para la corrección del factor de potencia, al incluir un circuito electrónico diseñado a tal efecto.

Arrancadores:

Es un dispositivo eléctrico, electrónico o electromecánico que por si mismo o en combinación con el balasto, genera y superpone a la tensión de la red el impulso o los impulsos de alta tensión necesarios para el cebado o encendido de la lámpara.

Los tipos de arrancadores para lámparas de descarga, excepto las lámparas fluorescentes tubulares, son los siguientes:

- En serie con la lámpara (de impulsos independientes).
- En semiparalelo (de impulsos dependientes del balasto al que va asociado).
- En paralelo (independiente de dos hilos).

Obviamente, todo equipo auxiliar está sujeto a unas determinadas exigencias de obligatorio cumplimiento referentes a las calidades, tipos de materiales empleados, seguridad, prescripciones generales y de funcionamiento del propio equipo (eléctricas, térmicas, de terminales para el conexionado, geométricas, etc.) [7].

Su adecuada construcción garantiza la protección contra contactos eléctricos y el correcto funcionamiento de las lámparas.

Todo requerimiento a seguir se encuentra descrito punto por punto en las normas UNE-EN relativas a equipos auxiliares y las partes aplicables de la norma CEI-61347.

Para finalizar con esta breve introducción sobre los equipos auxiliares, se presenta la siguiente imagen a fin de ubicar donde va cada componente analizado anteriormente dentro de una instalación propia de alumbrado.

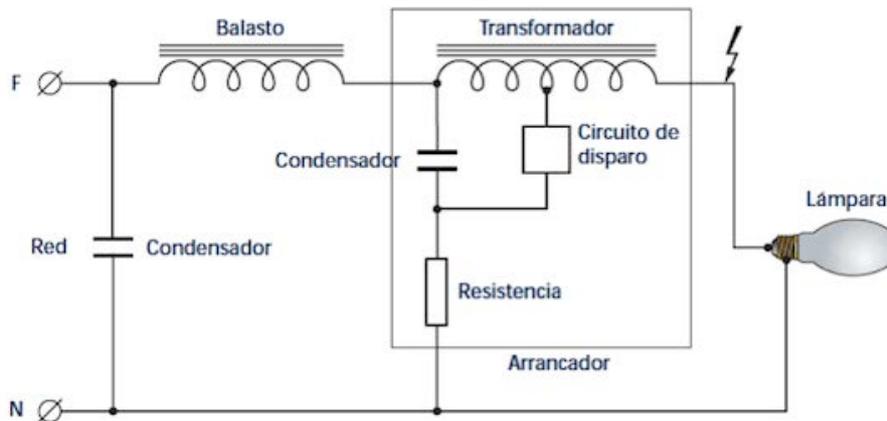


Imagen 3.7: Localización de los equipos auxiliares. Fuente: UPC.

3.2. ANÁLISIS CIENTÍFICO.

Durante este punto del estudio, se mencionan y analizan brevemente tres artículos/estudios publicados de interés [25].

3.2.1. Artículo I.

Título original:

Diseño de una metodología de evaluación técnico-económica de nuevas tecnologías para la iluminación de espacios exteriores de uso peatonal.

Autor/es:

Gerardo Antonio Cardozo Méndez, Luis Antonio Noguera Vega.

Revista/medio de publicación:

Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento, ISSN-e 0123-921X, Vol. 19, Nº. Extra 1, 2015 (Ejemplar dedicado a: Edición especial), págs. 25-40.

Fecha de publicación:

Agosto de 2015.

Resumen:

Este documento presenta una metodología propuesta de comparación técnico-económica entre luminarias de montaje horizontal para alumbrado público en las tecnologías de vapor de sodio de alta presión (HPS) y de estado sólido (LED) empleadas en instalaciones de uso peatonal llevado a cabo en Bogotá. En primer lugar, se formula un procedimiento para determinar la equivalencia entre luminarias de ambas tecnologías, y seleccionar luminarias de tecnología LED como remplazo de luminarias de HPS. Después, se presenta un caso de estudio en el que se aplica este procedimiento a un escenario real que corresponde a un parque público con áreas de recreación pasiva y circulación exclusiva de peatones. La utilidad del procedimiento se valida mediante cálculos fotométricos realizados con información de luminarias disponibles en el mercado local. Finalmente, se desarrolla un análisis económico del eventual remplazo de las luminarias existentes en el escenario del caso de estudio por luminarias LED seleccionadas a partir del procedimiento propuesto en la primera parte [27].

Conclusiones:

A modo de conclusión del referido artículo, se muestran los resultados mediante una comparativa entre la tecnología “Inicial” del estudio, frente a las dos propuestas planteadas (A y B).

Tabla 3.3: Comparativa de los resultados obtenidos del Artículo I. Fuente: Elaboración propia (datos extraídos del propio artículo).

Indicadores de evaluación	HPS-Inicial	LED-Propuesta A	LED-Propuesta B
Retorno simple de la inversión (años)	-	6,8	9,6
Valor presente neto (\$)	-	9.204.259	1.857.278
Tasa interna de retorno (%)	-	21,25	15
Coste anual equivalente (\$)	10.019.693	8.713.991	9.756.223
Coste total de la propiedad (\$)	465.825.755	316.414.941	336.503.968
Reducción en CPT (%)	-	32	28
Consumo de energía (kWh)	472.120	284.481	303.665
Coste de la energía (\$)	420.527.958	253.393.551	270.481.523
Emisiones (ton CO ₂)	72	44	46
Reducción en costes, consumo de energía y emisiones (%)	-	40	36

Como se puede apreciar, las dos alternativas estudiadas generan un ahorro económico respecto a la tecnología “Inicial”, siendo la “Propuesta A” la que mejor balance presenta, ya que cuenta con un tiempo de retorno de la inversión de 6,8 años en comparación con los 9,6 de la “Propuesta B”.

De la misma manera, los valores de VPN (Valor Presente Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno), CAE (Coste Anual Equivalente), CTP (Coste Total de la Propiedad), también son más favorables para la “Propuesta A”.

Respecto al consumo energético y emisiones de CO₂, las dos propuestas mejoran considerablemente la tecnología “Inicial”, siendo la “Propuesta A” la que alcanza las mejores cifras.

Luego, este estudio muestra que la tecnología LED correspondiente a la “Propuesta A” es la más eficiente de las tres tecnologías estudiadas.

3.2.2. Artículo II.

Título original:

Análisis de las instalaciones de alumbrado público en España a través de concursos públicos y tendencias de renovación y mejora en base a la eficiencia energética.

Autor/es:

Rubén Pérez Maldonado, Alfonso Gago Calderón.

Revista/medio de publicación:

WPS Review International on Sustainable Housing and Urban Renewal: RI-SHUR, ISSN-e 2387-1768, N°. 5, 2017, págs.21-49.

Fecha de publicación:

Junio de 2017.

Resumen:

El aumento de la conciencia medioambiental y la necesidad de optimizar los recursos públicos de los municipios están impulsando en la actualidad un proceso generalizado de mejorar las instalaciones de alumbrado público en un gran número de núcleos urbanos de todo el país. Esta tendencia coincide y encuentra su motivación y justificación esencialmente con el auge de la comercialización de equipos de iluminación basados en tecnología LED.

Las actuaciones de las instalaciones, a nivel público, se están planteando y ejecutando mediante la convocatoria paulatina de concursos públicos. En este trabajo se ha recopilado información de múltiples “Pliegos de Cláusulas Administrativas” y “Pliegos de Preinscripciones Técnicas”, algunos con proyectos o auditorias de ahorro energéticos externos anexos, publicados entre 2014 y 2016 de múltiples localizaciones geográficas, tamaños de población y objetivos a alcanzar, con los que hemos diseñado un boceto del estado general en el que se encontraban este tipo de instalaciones con tecnologías de iluminación convencionales y como se están actualizando para cumplir con:

- Los nuevos reglamentos vigentes, tanto de eficiencia energética vigente como, si existen para su Comunidad Autónoma, de protección de cielo nocturno contra la contaminación lumínica.
- Establecer nuevos criterios de seguridad y garantía de calidad en este tipo de instalaciones como los establecidos por el Comité Español de Iluminación (CEI).
- Conseguir los máximos ahorros energéticos y económicos posibles [28].

Conclusiones:

El estudio correspondiente al artículo II, realiza a modo general un análisis de las condiciones actuales de las instalaciones de alumbrado público del país, incidiendo en cómo se está planteando la renovación y mejora de estas instalaciones a través de los concursos públicos en base a la irrupción de la tecnología LED, ya que, actualmente, un alto porcentaje de las instalaciones del alumbrado público exterior presentan un estado deficiente según las normativas en vigor. Según los datos mostrados en el estudio, se ha elaborado el siguiente gráfico.

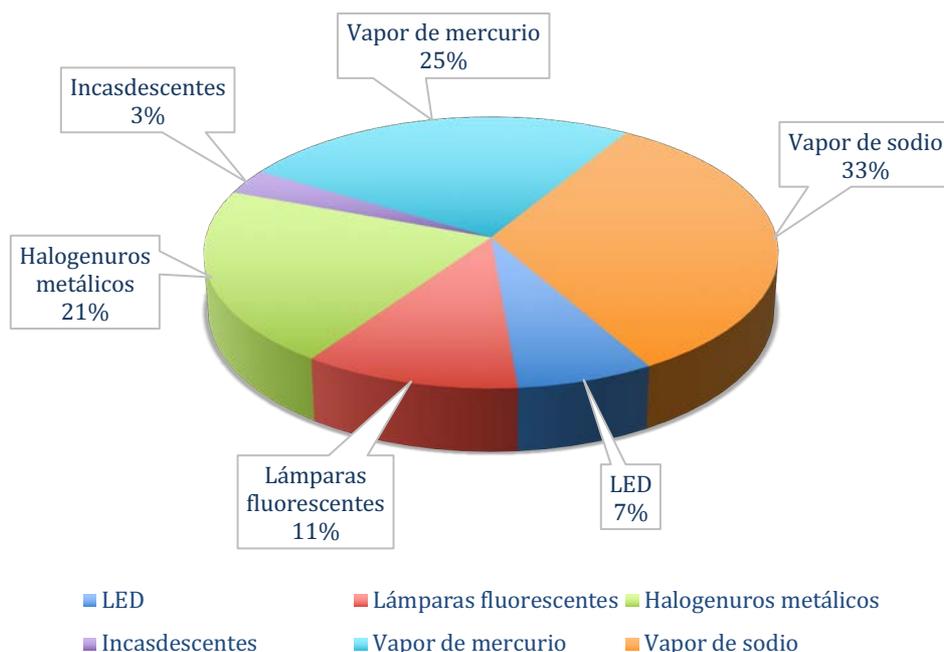


Gráfico 3.1: Tecnología de iluminación instalada. Fuente: Elaboración propia (datos extraídos del propio artículo).

En la actualidad, la tecnología predominante en los alumbrados de nuestro país es el vapor de sodio, sin embargo, entorno al 85% de los procesos de mejora que se pretenden llevar a cabo cuentan con tecnología LED, por lo que este porcentaje quedará obsoleto un breve periodo de tiempo.

Respecto a los sistemas de telegestión, solamente un 30% de las propuestas de mejora optan por incluir sistemas de control y regulación remota, optando el resto por instalaciones de sistemas más básicos.

Para cualquier tipo de renovación de las instalaciones de alumbrado público exterior, es necesario realizar una auditoría energética que verifique la situación de las instalaciones por personal cualificado.

3.2.3. Artículo III.

Título original:

Analysis energy efficiency of automated control system of LED lighting.

Traducción: Análisis de eficiencia energética del sistema de control automatizado de iluminación LED.

Autor/es:

S. Grigoryeva, A. Baklanov, D. Titov, V. Sayun, E. Grigoryev.

Revista/medio de publicación:

2017 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON).

Fecha de publicación:

Agosto de 2017.

Resumen:

El documento analiza el consumo actual de energía en Kazajstán y Rusia, y las perspectivas de introducción de la tecnología de iluminación LED en estos países. Los autores presentan el sistema de control de iluminación LED basado en contadores programables y un sistema de información para monitorear el consumo de energía. En el artículo se desarrollan sistemas de iluminación LED implantados en el edificio educativo de la Universidad y se muestra el análisis comparativo de las dos tecnologías de iluminación: lámparas LED y lámparas fluorescentes compactas [29].

Conclusiones:

El estudio muestra las ventajas que presenta una luminaria LED con sistema integrado de control automático y monitorizado, respecto a esta misma luminaria LED sin este sistema y a la lámpara fluorescente. Las mediciones llevadas a cabo durante el estudio, y mostradas en el artículo, muestran la estabilidad del sistema de control automático, además del siguiente ahorro económico.

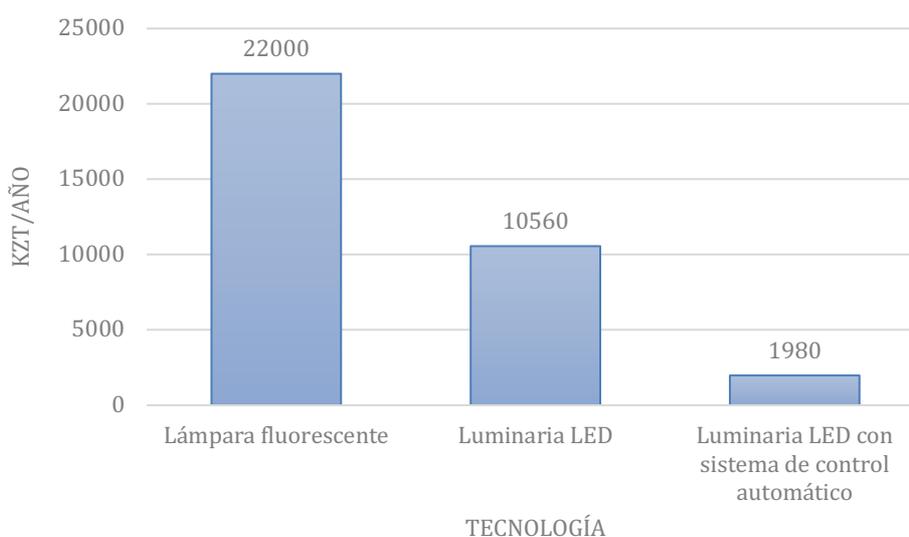


Gráfico 3.2: Costes de energía/operativos por tecnología. Fuente: Elaboración propia (datos extraídos del propio artículo).

*La unidad KZT (Tenge kazajo), corresponde a la moneda de Kazajistán, equivalente a 0,0024 euros.

Sobre el gráfico anterior, se pueden apreciar los ahorros aproximados en los costes de energía y operativos de los sistemas de iluminación LED respecto a la lámpara tradicional, siendo el ahorro del 91% integrando el sistema de control automático y del 52% sin él.

El sistema automático de control instalado y monitorizado ahorra de 10 a 12 veces en energía en comparación con las lámparas fluorescentes de bajo consumo disponibles actualmente. Por otra parte, las mediciones durante el estudio demuestran que los dispositivos de iluminación LED permiten ahorrar de 2 a 3 veces en electricidad, incluso sin sistemas de automatización.

Este artículo vuelve a incidir en la idea de que la tecnología LED es el presente y futuro de la iluminación, tanto de interior como de exterior.

3.3. METODOLOGÍA.

3.3.1. Información básica sobre la zona del estudio.

Antes de comenzar con el propio estudio técnico, la recopilación de datos fue el punto de partida de la auditoría energética, donde se recogieron datos e información de carácter importante para la elaboración del estudio. Algunos datos que se recopilaban fueron los siguientes:

- Información básica del de la zona a estudiar; número estimado de personas que la frecuentan diariamente, situación geográfica, km², etc.
- Información aportada por el propio ayuntamiento y que se considere relevante para el estudio.
- Información básica del alumbrado público exterior a estudiar.

3.3.2. Estudio del alumbrado público exterior de la zona del estudio.

La auditoría energética del alumbrado público exterior se ha realizado en siete fases bien diferenciadas:

1. Definición del objeto y el alcance de la auditoría.

El estudio se inició intentando dar una visión general de la propia auditoría que se iba a realizar intentando abarcar todos los ámbitos de ella de inicio a fin, definiendo así el objeto de esta, definiendo también el nivel de profundización del estudio, quedando así también definido el alcance de la auditoría.

2. Recogida de datos.

La siguiente fase, se basó en la recopilación de datos e información de interés que nos fueron de utilidad a lo largo de todo el estudio del alumbrado público exterior, información fue facilitada, en su mayor medida, por personal del ayuntamiento de Reocín. Los datos e información recogida en esta primera fase es la siguiente:

- Identificación y definición de cada uno de los puntos de suministro (Cups) dentro del área a estudiar; consumo, tarifa contratada, área de actuación de cada uno de ellos, puntos de luz de cada uno, etc.
- Identificación de los centros de mando existentes dentro del área a estudiar, su ubicación, elementos, estado, etc.
- Recopilación de facturas energéticas de cada uno de los puntos de suministro (Cups) intervinientes en el estudio, las cuales aportan gran información sobre los Cups.

3. Toma de datos de campo y análisis de los datos.

Esta fase posee un carácter de investigación individual del Auditor, en ella se realiza una revisión/inspección visual de las instalaciones y equipos de interés para el estudio con el fin comprobar el estado actual de estas, y así poder identificar deficiencias o problemas a tener en cuenta. El electricista responsable de la instalación me acompañó en gran parte de esta fase, mostrándome las propias instalaciones, siendo esta una fase muy enriquecedora en cuanto a aprendizaje personal.

Durante esta fase, se recogen los siguientes datos:

- Información referente a los cuadros de mando y control:
 - Identificación de los componentes.
 - Características eléctricas y mecánicas.
 - Protecciones.
 - Líneas de salida.
 - Puntos de luz por línea.
 - Características de los puntos; distribución, número de puntos, etc.
 - Características y/o condicionantes a tener en cuenta de la propia instalación.
- Información referente a los puntos de luz:
 - Ubicación.
 - Disposición.
 - Número de puntos por punto de suministro eléctrico.
 - Tipología de cada punto de luz; definición íntegra de la totalidad de luminarias y lámparas de la instalación.
 - Características y/o condicionantes a tener en cuenta de la propia instalación.
- Información referente a la gestión, mantenimiento, estado, horarios de funcionamiento, historial de averías, etc. Es trascendental tener estos datos para saber bajo que condiciones se gestiona las instalaciones que integran el alumbrado público exterior de la zona sujeta al estudio.

4. Análisis de la situación energética actual del alumbrado público.

Mediante la información ya recopilada en procesos anteriores, en esta fase se realiza un estudio de carácter inicial y genérico de los costes energéticos y económicos que presentan las instalaciones a fecha de estudio. Para ello se definirá la situación actual de cada suministro; detallando el consumo energético (kWh/año), potencia contratada (kWh/año), tarifa de acceso y consumo económico (€/año) de cada punto de suministro.

Analizando y estudiando esta información, es posible obtener el coste energético y la repercusión económica de cada uno de los suministros.

*Todos los datos e información referente a los puntos de suministro quedan definidos en el anejo 5.

5. Estudio de propuestas de mejora.

Mediante los datos recopilados es posible identificar los puntos concretos de ineficiencia de la instalación que producen un exceso o incremento de consumo de energía, lo que repercute directamente en un aumento en la facturación mensual. Uno de los objetivos de nuestro estudio es paliar y corregir estos sucesos, para ello se analizan todas y cada una de las posibles mejoras que pueden realizarse.

El estudio de eficiencia energética principalmente pone el foco de actuación en el diseño de las instalaciones, basándose en aspectos referentes a la definición de los espacios iluminados, implantación de sistemas de iluminación y control, optimización de las potencias contratadas, limitación del resplandor luminoso, etc.

Principalmente, se busca reducir el coste económico de la explotación del alumbrado público exterior y la reducción de emisiones contaminantes, lo cual va ligado a la calidad de las propias instalaciones, para lograrlo

La calidad y eficiencia energética que se pretende alcanzar en este estudio se basa en reducir el consumo energético y la contaminación lumínica, mediante la actuación sobre la tecnología de alumbrado, analizando la propia luz, lámparas, luminarias, equipos auxiliares, sistemas de encendido y apagado, sistemas de regulación de flujo luminoso, etc.

También es importante mejorar los procesos de gestión y mantenimiento, los cuales deben ir acompañados de su correspondiente descripción y definición técnica básica y un estudio económico, incidiendo en la inversión necesaria y periodo de retorno en relación con el ahorro económico asociado a la auditoría energética realizada.

6. Optimización de la factura eléctrica.

La optimización de la factura eléctrica es una de las partidas más importantes dentro de nuestro estudio. El objeto de este estudio es el ahorro económico mediante las propuestas de mejoras presentadas en todos los ámbitos estudiados, comparando la situación inicial con la situación final (situación supuesta con mejoras).

7. Presentación de los resultados.

La presentación de los resultados refleja las mediciones realizadas sobre equipos, instalaciones y espacios iluminados, consumos específicos obtenidos, así como la evaluación del grado de eficiencia de aquellos sistemas o subsistemas que se considere que afectan de forma propia al consumo global de las instalaciones.

También se incluye una evaluación técnica del funcionamiento de cada instalación, con observaciones referentes a las medidas correctoras que se deberían adoptar para la perfecta explotación de esta.

Por otro lado, se definen las reformas o actuaciones que fueran precisas para alcanzar el máximo ahorro energético en la explotación de las instalaciones y el cumplimiento de los parámetros de calidad de estas, en función del análisis de todos los datos obtenidos del estudio de la instalación.

Las posibles mejoras se valoran en términos energéticos y económicos como se ha señalado anteriormente. El documento final incluye el escenario de la situación actual del alumbrado en el municipio mediante un cuadro resumen donde se refleje el número de puntos de luz, la potencia contratada, las horas de funcionamiento anuales y su consumo y coste anuales de energía. Este mismo cuadro se elaborará para el supuesto situación futura, asumidas las reformas propuestas, y con las consecuencias energéticas y económicas derivadas de su implantación. La evaluación económica incluirá el alcance de la realización de las medidas propuestas.

El informe final será complementado, en sus distintos capítulos, con información descriptiva de aquellas técnicas o nuevas tecnologías que le fueran de aplicación, puestas en el mercado para la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones y la reducción de su impacto ambiental: lámparas de menor consumo específico, luminarias con limitación de flujo al hemisferio superior, sistemas de regulación y control, etc. El Auditor presentará la documentación en soporte gráfico y en soporte informático, lo que permitirá la posterior utilización por parte del Ayuntamiento. Asimismo, realizará la preparación técnica suficiente del personal encargado de la explotación y gestión de las instalaciones para la utilización de esta Auditoría [10].

3.3.3. Conclusiones.

Al tratarse de una auditoría energética del alumbrado público exterior de la zona de La Robleda (Puente San Miguel), al final del presente estudio se añade un capítulo que recoge las conclusiones, donde se muestran los resultados obtenidos en el capítulo 5, referente a las propuestas de mejora, la financiación de estas y el ahorro producido.

Toda mejora es consecuencia de otra, todo proceso de eficiencia energética cuenta con muchos factores, energéticos, económicos, sociales, y todos se relacionan entre sí.

4. CAPÍTULO 4: EMPLAZAMIENTO Y ESTUDIO DEL MEDIO.

4.1. LOCALIZACIÓN.

A continuación, se define la localización del propio estudio.

4.1.1. Localización del municipio.

Reocín es un pequeño municipio de la comunidad autónoma de Cantabria, situado al norte del territorio nacional.



Imagen 4.1: Localización de Reocín (España). Fuente: Google Maps.

Este municipio se encuentra en la zona norte de Cantabria, siendo territorio de interior es considerado de zona costera, dada su cercanía a esta. Se encuentra limitado por Santillana del Mar, Alfoz de Lloredo, Cabezón de la Sal, Mazcuerras, Cartes y Torrelavega, y pertenece a la comarca Saja-Nansa.



Imagen 4.2: Localización de Reocín (Cantabria). Fuente: Wikipedia.

Reocín cuenta con una extensión total de 32,12 km², integra a una población de 8.312 habitantes y su densidad de población es de 258,78 hab/km² (actualizado a: 15/11/2.018, por el Ministerio de Hacienda y Administración Públicas).

Principalmente, este municipio es conocido a nivel nacional e internacional por la mina. Descubierta en el año 1856, fue el mayor yacimiento de zinc en Europa durante muchos años. Inicialmente, esta perteneció y fue explotada por la sociedad belga Compagnie Royale Asturienne des Mines (CRAM), y posteriormente, en 1.981, pasó a pertenecer a Asturiana de Zinc, S.A. hasta su cierre en 2.003.

En 2.017, el Gobierno inició a proyectar la posible reapertura de la mina, pero expertos en la materia lo pronostican como “poco probable” e “inapropiado”, ya que, por ejemplo, una posible consecuencia de una segunda explotación de esta sería la alteración del acuífero de Santillana del Mar, perjudicando la estabilidad, dada la cercanía, de las Cuevas de Altamira, Patrimonio Mundial.

El municipio de Reocín está compuesto por nueve valles, integrando a doce pueblos, los cuales son: Barcenaciones, Caranceja, Cerrazo, Helguera, Golbarado, La Veguilla, Puente San Miguel, Quijas, Reocín, San Esteban de Cerrazo, Valles y Villapresente.



Imagen 4.3: Extensión de Puente San Miguel. Fuente: Google Maps.

Puente San Miguel, capitaliza el municipio de Reocín, concentrando al núcleo de población más significativo del mismo. La cifra de habitantes pertenecientes a esta capital de municipio se eleva hasta los 3.120 habitantes aproximadamente. Antiguamente conocido como Bárcena la Puente, Puente San Miguel es un pequeño pueblo con cierta importancia histórica, pues en él, el 28 de julio de 1.778, se constituye la Junta General de Cantabria.

A continuación, se recoge la información cartográfica, coordenadas GPS, de Puente San Miguel:

Tabla 4.1: Información cartográfica, coordenadas GPS de Puente San Miguel. Fuente: Elaboración propia.

Información cartográfica	
Municipio	Reocín
Comarca	Costera
Provincia	Cantabria
CCAA	Cantabria
Altura media del municipio	107
Latitud en grados decimales	43.367
Longitud en grados decimales	-4.083
Coordenadas X UTM Huso 30	412222
Coordenadas Y UTM Huso 30	4802190.7
Huso UTM	30
Cuadrícula UTM	VP10
Latitud en grados, minutos y segundos	43, 22, 0
Longitud en grados, minutos y segundos	-4, 5, 0
Código Ine	39060
Hoja del MTN 1:50000	34

*Datos recogidos y proporcionados por el Directorio Cartográfico de España.

4.1.2. Dependencias municipales.

Como bien se ha señalado con anterioridad, las dependencias municipales sujetas a análisis durante el presente estudio se corresponden a al alumbrado público exterior de La Robleda.

La Robleda es la zona más transitada y con más ambiente de Puente San Miguel, esto es consecuencia a que prácticamente, la totalidad de aspectos de interés y de ocio del propio pueblo, están integradas en esta zona. La Robleda está integrada por:

- Ayuntamiento de Reocín.
- La Casa de Cultura.
- La Casa de Juntas de los “Nueve Valles”.
- Complejo de pádel “Jose Ramón Mendaro”.
- Pista de tenis.
- Bolera municipal.
- Instalación multideporte.
- Auditorio “La Robleda”.
- Dos parques públicos.
- Restaurantes y bares.
- Sede de la policía local.



Imagen 4.4: La Robleda (zona de estudio). Fuente: Google Maps.

4.2. CLIMATOLOGÍA.

El sistema para la clasificación del clima más utilizado, y prácticamente normalizado, fue desarrollado por el alemán Wladimir Köppen. Los principales tipos climáticos se basan en patrones de precipitación y temperatura promedio y vegetación natural.

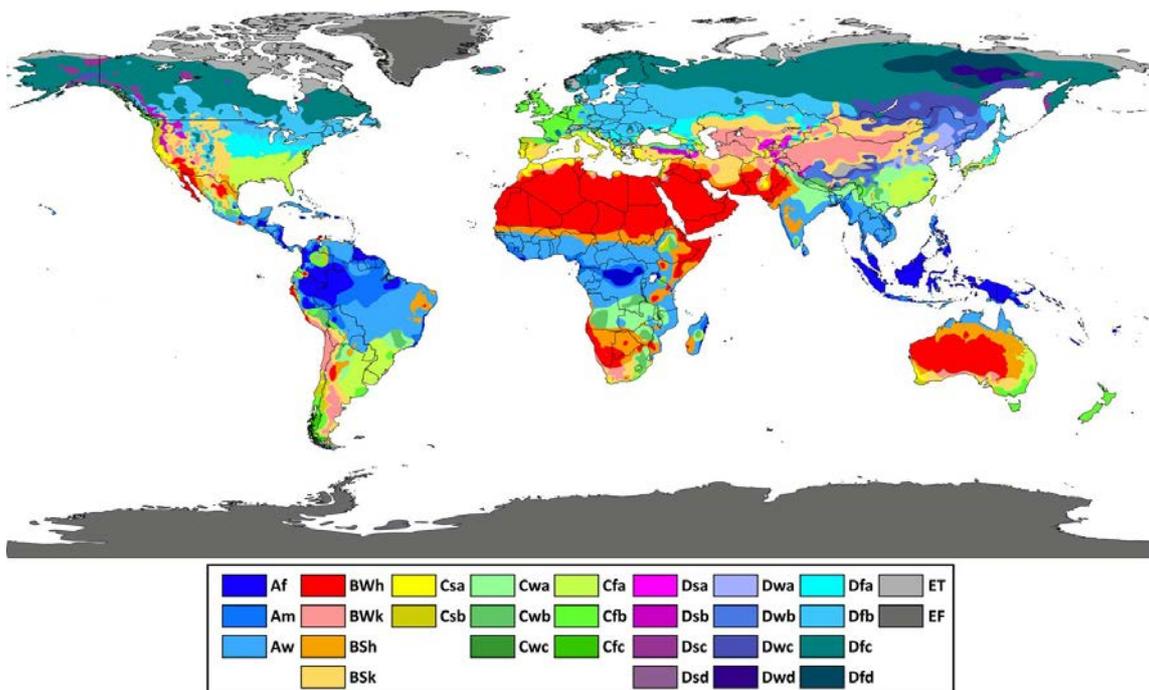


Imagen 4.5: Clasificación climática mundial de Köppen. Fuente: web "britannica".

El mapa anterior, muestra la distribución mundial de los tipos de clima según Köppen. El objetivo de este fue establecer criterios matemáticos que relacionasen directamente los límites climáticos con las zonas de vegetación. Köppen publicó su primer esquema en 1900 y una versión revisada en 1918. A lo largo del tiempo, otros climatólogos han ido revisando y modificando partes de esta propia teoría.

Como se observa en la imagen, la clasificación de Köppen se basa en una subdivisión de los climas terrestres en cinco tipos, los cuales se representan por las letras A, B, C, D y E (mayúsculas). Cada uno de estos tipos de clima, exceptuando el clima B, se definen por criterios de temperatura. El clima tipo B, presenta la peculiaridad de designar climas en los que el factor que controla la vegetación es la sequedad.

- Grupo A: Clima Tropical.
- Grupo B: Clima seco.
- Grupo C: Clima templado.
- Grupo D: Clima continental.
- Grupo E: Clima polar.
- Grupo H: Clima de montaña.

Cada grupo se divide en subgrupos, y cada uno de estos, en diferentes tipos de clima, tal división da lugar a la definición del propio clima mediante 2 o 3 letras, de la siguiente manera:

Tabla 4.2: Clasificación climática de Köppen. Fuente: Elaboración propia.

Letras	Tipo de Clima	Especificaciones
Af	Clima de selva tropical lluviosa	El mes más seco caen más de 60 mm de lluvia
Am	Clima monzónico	El mes más seco caen menos de 60 mm de lluvia
Aw	clima de sabana tropical	Por lo menos hay un mes en el que caen menos de 60 mm de lluvia
BS	Clima de estepa	Clima árido continental
BW	Clima desértico	Clima árido con precipitaciones inferiores a 400 mm
Cf	Clima templado húmedo sin estación seca	Las precipitaciones del mes más seco son superiores a 30 mm
Cw	Clima templado húmedo con estación invernal seca	El mes más húmedo del verano es diez veces superior al mes más seco del invierno
Cs	Clima templado Húmedo con veranos secos	Las precipitaciones del mes más seco del verano son inferiores a 30 mm y la del mes más lluvioso del invierno tres veces superior
Df	Clima boreal de nieves y bosque con inviernos húmedos	No hay estación seca
Dw	Climas boreales o de nieve y bosque con inviernos secos	Con una estación seca en invierno
ET	Clima de tundra	La temperatura media del mes más cálido es inferior a 10°C y superior a 0°C
EF	Clima de los hielos polares	La temperatura medio del mes más cálido es inferior a 0°C
H	Clima de alta montaña	

Los climas C y D, de latitud media, reciben una tercera letra (a, b, c o d) que indica el calor del verano o la frialdad del invierno.

- a: La temperatura media anual del mes más cálido es superior a 22°C.
- b: La temperatura media del mes más cálido es inferior a 22°C, pero con temperaturas medias de al menos cuatro meses superiores a 10°C.
- c: Menos de cuatro meses con temperatura media superior a 10°C.
- d: La temperatura media anual del mes más frío es inferior a -38°C.

4.2.1. Clima predominante.

Dada la clasificación anterior y poniendo el foco en el lugar del propio estudio, se procede a analizar el clima de Puente San Miguel.

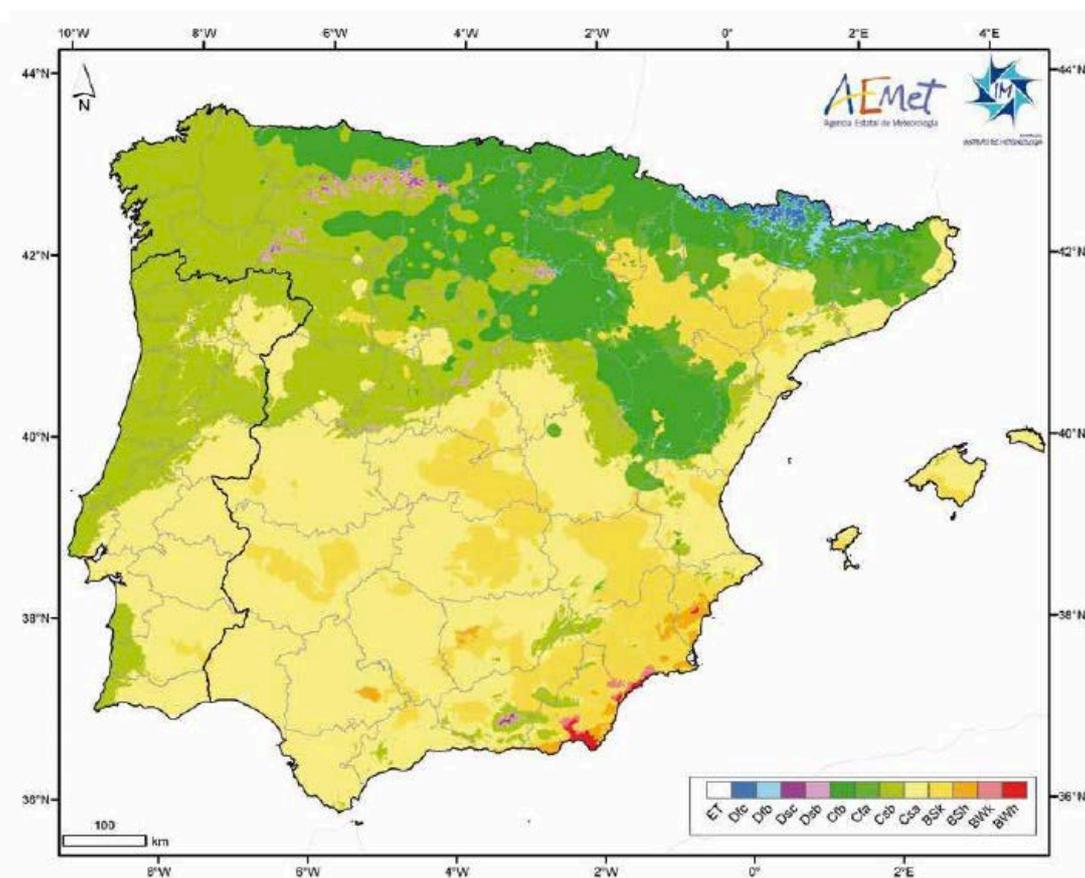


Imagen 4.6: Clasificación climática de Köppen en la península Ibérica. Fuente: AEMET.

Tal y como se observa en la imagen anterior facilitada por AEMET (Agencia Estatal de Meteorología), en que la clasificación de Köppen queda representada por toda la península Ibérica e islas Baleares, el municipio de Reocín se encuentra definido por la región Cfb, esta nomenclatura representa un clima templado (letra C), húmedo sin estación seca (letra f), cuya temperatura media del mes más cálido es inferior a 22°C, pero con temperaturas medias de al menos cuatro meses superiores a 10°C (letra b).

4.2.2. Termometría y humedad.

Referente a la temperatura, la zona climática en la que se sitúa el estudio se caracteriza por gozar de una suavidad térmica durante todo el año, tanto en verano como en invierno. Las temperaturas no sufren picos pronunciados en su línea de tendencia, la cual se representa en el siguiente gráfico, cuyos valores corresponden a las temperaturas registradas durante los últimos años.

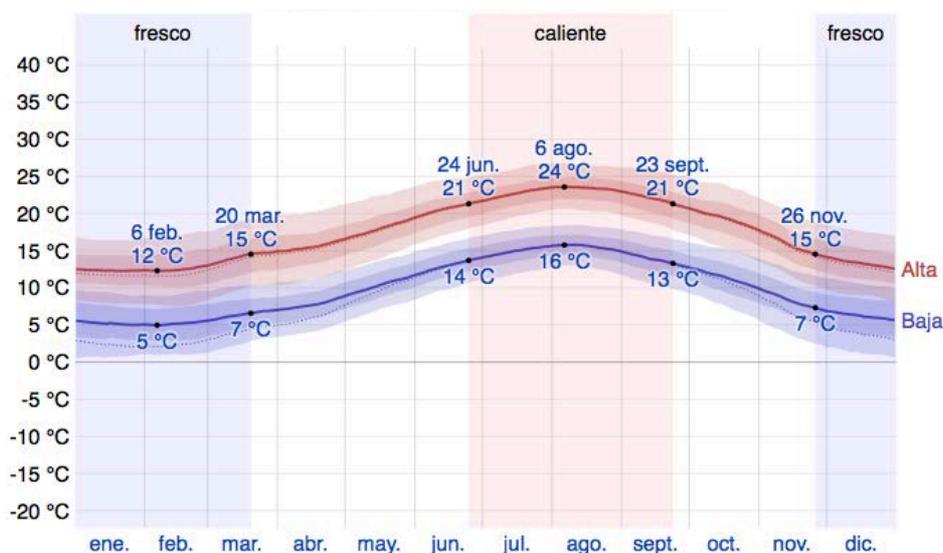


Imagen 4.7: Histórico de temperaturas de Puente San Miguel. Fuente: web “weatherspark”.

Los datos del histórico sobre la termometría de Puente San Miguel reflejan que el mes con las temperaturas más bajas es febrero, con 5°C de media de temperatura más fría, mientras que el mes más caluroso es agosto, con una temperatura media de 24°C como temperatura más alta. El histórico refleja la suavidad de las temperaturas a lo largo de todo el año.

Los veranos se sitúan entorno a los 23-24°C de media de máximos registrados, y sobre 16-14°C de mínimos, lo que genera veranos agradables y cómodos, sin calor agobiante. Similares en cuanto a suavidad térmica son los inviernos, cuyos registros máximos medios rondan los 12°C y sus mínimos medios entorno a 5°C.

Las temperaturas promedio presentan una variación de aproximadamente 10°C durante el año. Esta amplitud de temperatura corrobora la suavidad térmica de la zona de estudio.

La humedad también es un aspecto muy importante a tener en cuenta, y más en la zona norte del país. Por humedad se entiende el nivel de comodidad de la propia persona, el cual se basa en el punto de rocío, ya que este establece si el sudor se evapora o no de la piel de la propia persona. Cuando el punto de rocío es bajo, la sensación térmica es seca, mientras que, si el punto de rocío es elevado, la sensación es más húmeda.

La variación del punto de rocío entre la noche y el día suele ser mínima, es un factor que varía lentamente en el tiempo, todo lo contrario que la temperatura, que puede pasar de un día caluroso a una noche fría o viceversa.

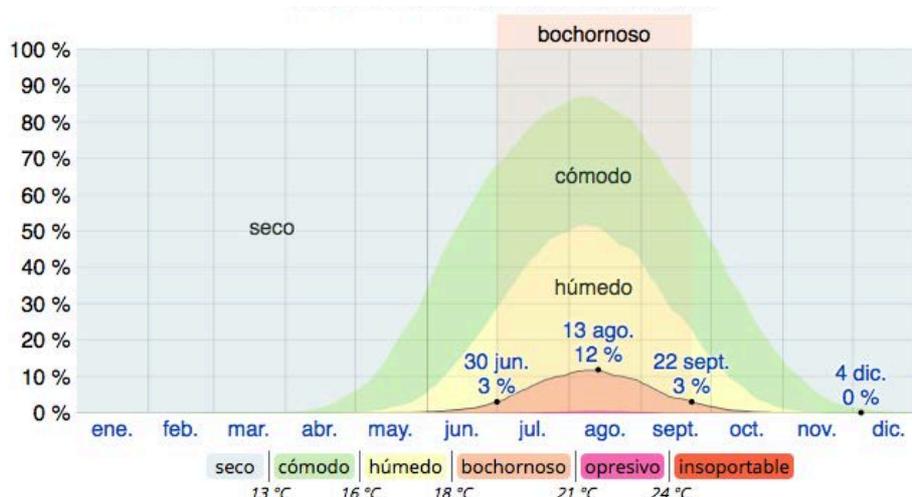


Imagen 4.8: Niveles de comodidad de humedad en Puente San Miguel (%). Fuente: web “weatherspark”.

En Puente San Miguel, la humedad relativa varía lentamente, el periodo más húmedo del año suele ir de junio a septiembre, como media histórica este periodo suele durar 2,7 meses. Además, el día más húmedo del año suele estar localizado a mediados de agosto. Por otro lado, el día menos húmedo del año se encuentra en diciembre, cuando básicamente no existen condiciones húmedas.

4.2.3. Pluviometría.

La probabilidad de que Puente San Miguel presente días mojados varía durante todo el año. Por día mojado se entiende la precipitación de, al menos, 1 milímetro de líquido.

Los históricos recogen que la época con mayor índice de precipitaciones dura 7,6 meses, extendiéndose de septiembre a mayo, con una probabilidad del 24% de que un día en este rango de tiempo llueva. Por el contrario, la época más seca dura 4,4 meses, siendo la probabilidad de que un día llueva en torno a un 10%.

La menor cantidad de lluvia se registra en julio, con 17 milímetros de acumulación promedio y el mes con mayor índice de precipitaciones es noviembre, con una acumulación promedio de 81 milímetros.

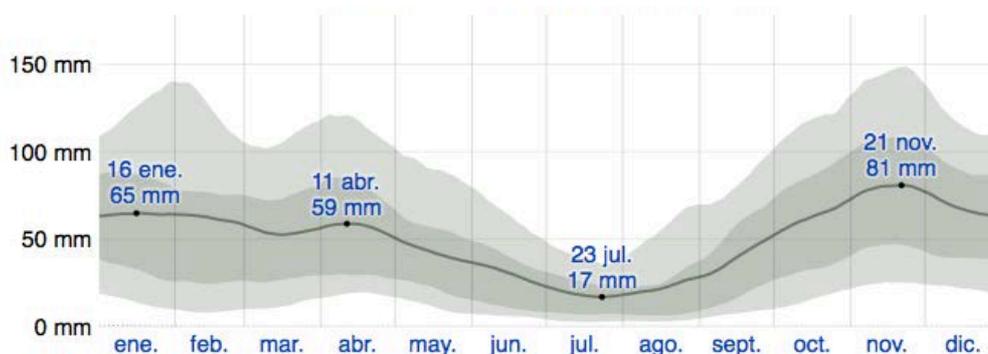


Imagen 4.9: Precipitación de lluvia mensual de Puente San Miguel. Fuente: web “weatherspark”.

La lluvia promedio se corresponde a la línea sólida, la cual representa la lluvia acumulada diariamente durante el año. Además, se representan los percentiles 25-75% (banda gris oscura) y el percentil 10-90% (banda gris clara).

Referente a lo meteoros, las precipitaciones en Puente San Miguel, casi en su totalidad, son en forma de lluvia. En la época invernal, puntualmente estas caen en forma de granizo, y prácticamente nunca en forma de nieve. El invierno se caracteriza por recoger heladas prácticamente a diario y ocasionalmente se divisa niebla en el municipio, lo más usual es que estas apariciones suelen estar concentradas durante los meses de octubre y noviembre.

4.2.4. Vientos.

El viento depende considerablemente de la orografía del lugar y para su correcta definición, hay que valorar y analizar dos variables: la velocidad y la dirección.

El viento en Puente San Miguel se caracteriza por presentar claras variaciones respecto a su velocidad promedio, correspondiéndose estas con las diferentes estaciones temporales, localizándose la época más ventosa durante el otoño-invierno, la velocidad promedio más alta registrada en este periodo de tiempo es de 19,7 km/h. y se corresponde a un día del mes de diciembre.

De abril a octubre, el tiempo en lo que se refiere al viento es más calmado, el día con menos velocidad de viento promedio es de 12,5 km/h y se registra en agosto.

El gráfico mostrado a continuación, representa la velocidad promedio del viento por hora (línea sólida). Además, como en el caso de las precipitaciones, también se representan los percentiles 25-75% (banda gris oscura) y el percentil 10-90% (banda gris clara).

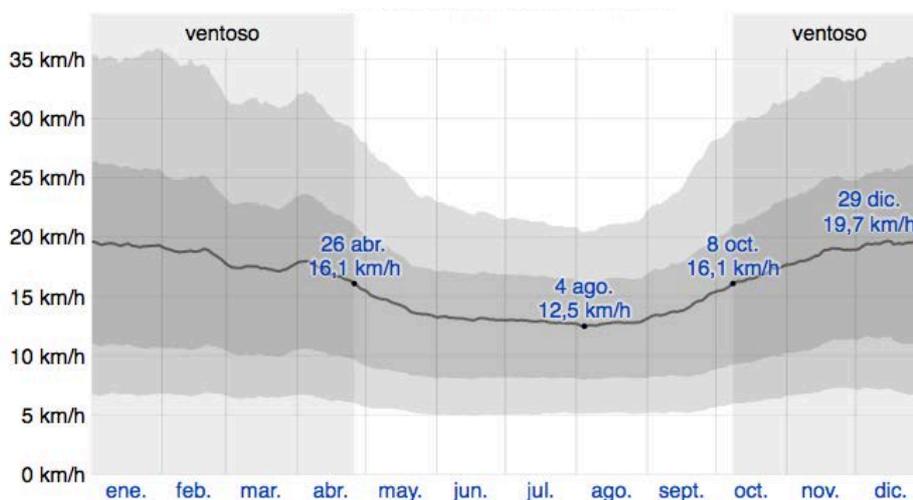


Imagen 4.10: Velocidad promedio del viento en Puente San Miguel. Fuente: web “weatherspark”.

Referente a la distribución media del viento, la dirección del viento a lo largo del año también varía, durante el transcurso del año se registran vientos provenientes de todas las direcciones posibles, pero su dirección más frecuente oscila entre el norte y el oeste.

Seguidamente, se presentan los datos registrados del día 20/11/2018 al 27/11/2018. Como se aprecia en el gráfico, y los habitantes de este municipio saben, el noroeste sopla con fuerza en esta zona durante todo el año.

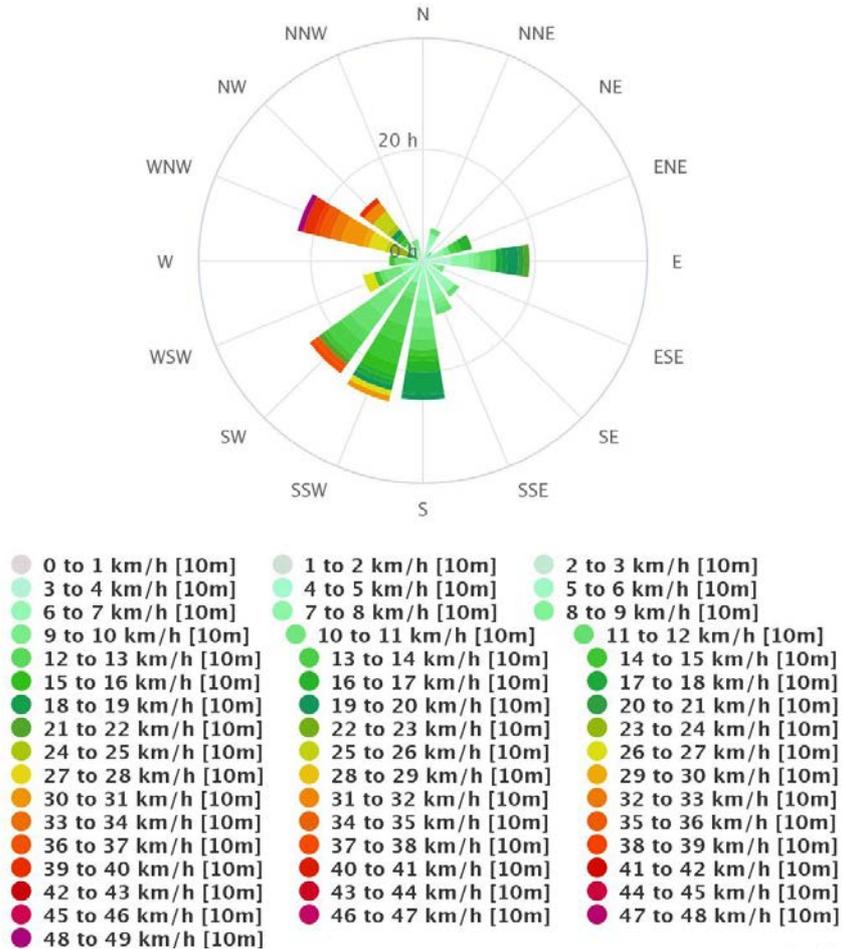


Imagen 4.11: Distribución media del viento (20/11/2018-27/11/2018). Fuente: meteoblue.

4.2.5. Radiación solar.

Situándose el municipio en cuestión en la zona norte del país, este cuenta con un índice bajo de radiación solar. El siguiente mapa de la península Ibérica y Baleares refleja los valores medios de irradiancia global media, cuyos niveles registrados van desde el año 1.983 al 2.005.

El flujo de irradiancia media global, mediciones aportadas a la derecha de la imagen, se expresa en kWh m⁻² día⁻¹.

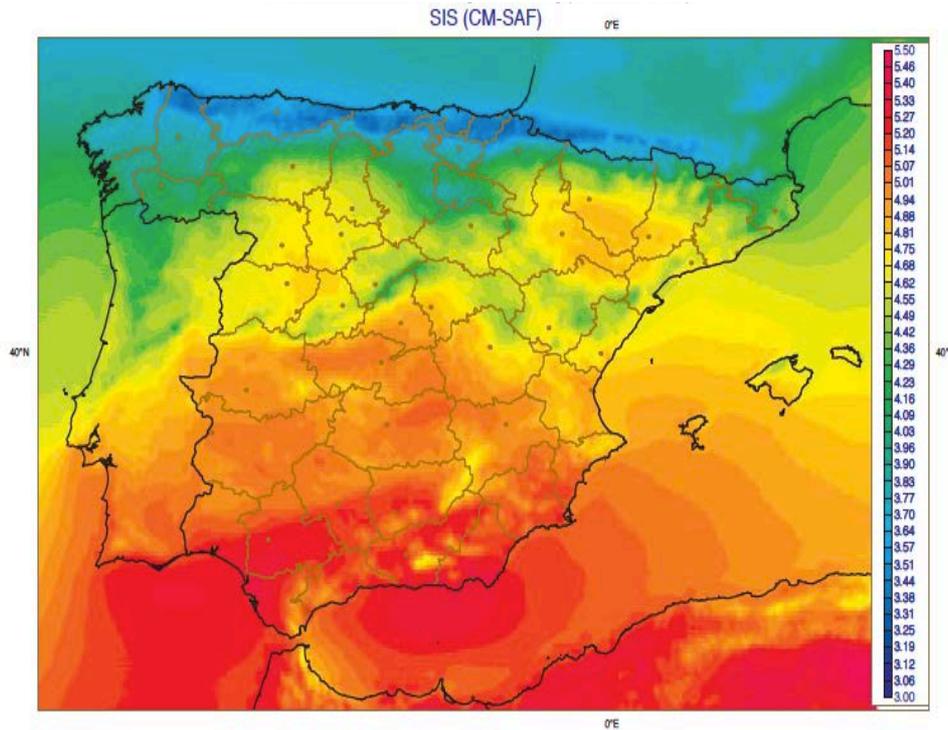


Imagen 4.12: Irradiación Global media sobre la península Ibérica y Baleares. Fuente: AEMET.

Estadísticamente, y tal y como se verifica en nuestra localización, Puente San Miguel cuenta con un mayor índice de radiación durante los meses de verano, disminuyendo considerablemente durante los meses de invierno. El mes con mayor índice de irradiación es junio ($5,80 \text{ kWh m}^{-2} \text{ día}^{-1}$), y mes con el menor índice es diciembre ($1,36 \text{ kWh m}^{-2} \text{ día}^{-1}$).

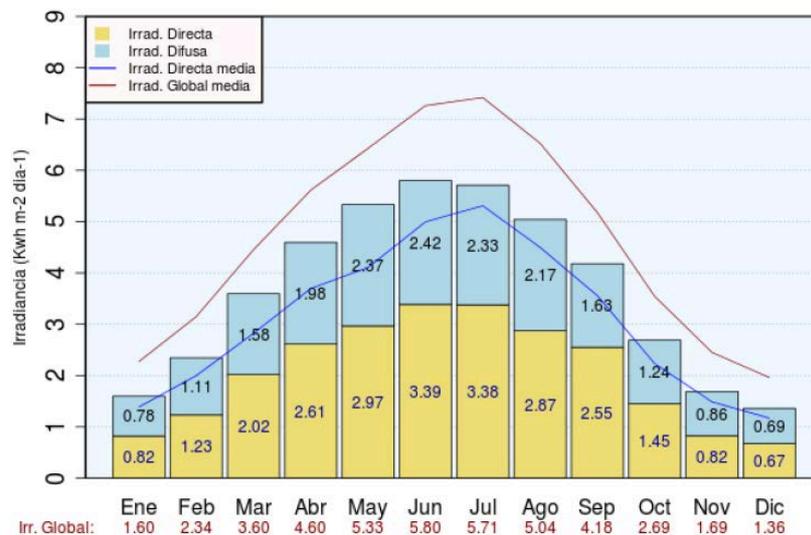


Imagen 4.13: Irradiación media anual (Estación de medición: Santander). Fuente: AEMET.

4.3. MEDIO ABIÓTICO, BIÓTICO Y SOCIOECONÓMICO.

A lo largo de este apartado del estudio, se define el medio abiótico, biótico y socioeconómico de Puente San Miguel, definiendo así el ecosistema del estudio.

4.3.1. Medio abiótico.

El término Abiótico se emplea para categorizar cualquier elemento que no derive directamente de organismos vivos, se usa generalmente para describir cosas físicas, en lugar de biológicas.

En el medio ambiente, hay factores externos que realmente afectan a los organismos que viven en él. Uno de estos, son los propios factores abióticos, factores inertes que constituyen las características fisicoquímicas de un ecosistema.

Los factores abióticos más importantes son:

- La luz; duración del día.
- La atmósfera y el aire; temperatura, viento, humedad, etc.
- El agua; precipitaciones, océano o cercanía a este, etc.
- Geología; suelo, superficie, composición, etc.

4.3.1.1. Luz.

Como es bien sabido, el sol es la principal fuente de energía en nuestro planeta. La luz solar es fundamental a la hora de establecer de las condiciones de un ecosistema.

Inicialmente se procede a definir el rango de visibilidad del ojo humano, de manera que, la luz visible es la parte del espectro electromagnético a la que el ojo humano es más sensible. Por espectro electromagnético, se conoce a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas emitidas por el sol.

La luz visible generalmente es absorbida y emitida por electrones en moléculas y átomos que se mueven de un nivel de energía a otro.

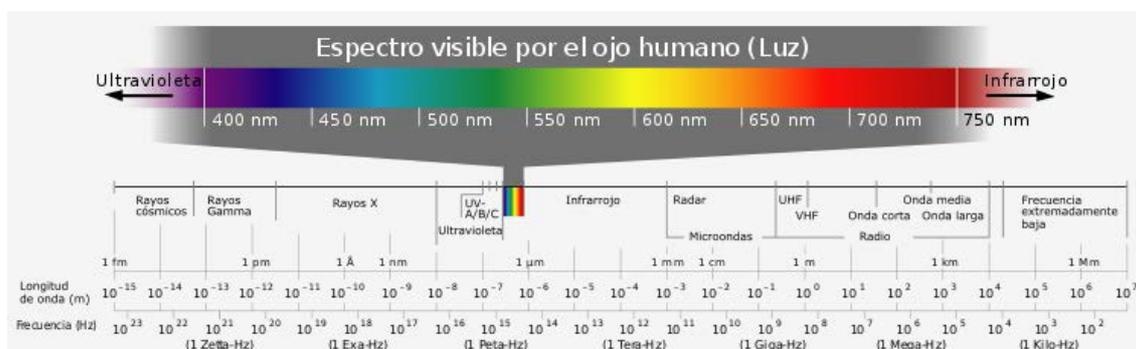


Imagen 4.14: Espectro visible por el ojo humano. Fuente: Wikipedia.

La luz que excita el sistema visual humano es una parte mínima del espectro electromagnético que se produce. El ojo humano detecta la radiación electromagnética

con una longitud de onda entre 400 nm y 700 nm. Los valores de radiación solar de Puente San Miguel se detallan en el punto “4.2.5. Radiación solar” anterior.

La luz visible y la propia energía solar, ya sea reflejada o absorbida por la atmósfera, es esencial para las plantas, ya que son necesarias para la fotosíntesis, proceso en el cual las plantas fabrican sustancias orgánicas mediante sustancias inorgánicas.

Factores como la calidad, la intensidad y la duración del período de luz poseen un papel importante dentro de un ecosistema. A continuación, estos factores se detallan brevemente.

- **Calidad de la luz (longitud de onda o color):** Las plantas absorben tanto la luz azul como la roja durante la fotosíntesis. En los ecosistemas terrestres la calidad de la luz no cambia mucho. Sin embargo, en los ecosistemas acuáticos, la calidad de la luz puede ser un factor limitante, es decir, tanto la luz azul como la roja se absorben y, como resultado, no penetran profundamente en el agua, generando que la mayor vida acuática se establezca en las capas superficiales del medio. Para compensar esto, algunas algas tienen pigmentos adicionales que también pueden absorber otros colores.
- **Intensidad de la luz:** La intensidad de la luz que llega a la tierra varía según la latitud y la estación del año. Por ejemplo, el hemisferio sur recibe menos de 12 horas de luz solar durante el período de tiempo comprendido entre el 21 de marzo y el 23 de septiembre, pero recibe más de 12 horas de luz solar durante los siguientes seis meses.
- **Duración del periodo de luz (horas de sol o fotoperiodo):** varía en función de las estaciones temporales y de la latitud del medio, debido a los movimientos de rotación y traslación de la Tierra. Tal y como se aprecia en la siguiente imagen, esta localización cuenta con que el mes con más horas de luz es junio, con 15,24 horas, y el mes con menos horas de luz es diciembre, con 8,58 horas. Suponiendo una variación máxima de 6,6 horas de luz durante el año.



Imagen 4.15: Histórico de luz diurna de Puente San Miguel. Fuente: web “weatherspark”.

La luz diurna es un factor importante que repercute, de cierta manera, en la temperatura media de un lugar. Analizando el gráfico con relación a la “Imagen 4.7: Histórico de temperaturas de Puente San Miguel”, se aprecia que la línea de

tendencia es muy similar. La luz diurna es solamente un factor de los muchos de los que depende la temperatura, por lo que no existe una correspondencia 100% directa entre ambas. Respecto al gráfico anterior, la cantidad de horas durante las cuales el sol se encuentra visible se define por la línea negra. De abajo hacia arriba las bandas de color indican la luz natural total, crepúsculo, y noche total.

4.3.1.2. *Atmósfera y aire.*

La atmósfera es otro factor muy importante del medio abiótico. Esta se compone de varias capas; troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera, ionosfera, exosfera, definiéndose en función de su temperatura.

Es importante hacer hincapié en que este factor abiótico lleva años sufriendo un constante deterioro. Las actividades humanas han aumentado la concentración natural de dióxido de carbono en la atmósfera, incrementando el efecto invernadero natural de la propia Tierra.

La cantidad promedio mundial de dióxido de carbono alcanzó un récord en abril de 2018, registrando los mayores niveles de la historia a escala mundial. Por otro lado, la tasa anual de aumento del dióxido de carbono en la atmósfera durante los últimos 60 años es aproximadamente 100 veces más rápida que los aumentos naturales anteriores, como los que ocurrieron al final de la última era glacial.

Este histórico, generó que los Gobiernos y/o Autoridades responsables elaborasen programas de actuación y control sobre la calidad del aire.

Por ello, la Red de Control y Vigilancia de la Calidad del Aire de Cantabria, creada en 1.991, cuenta con 11 estaciones fijas de vigilancia repartidas por su territorio, además de una estación móvil. Estas miden los niveles de concentración en el aire de cada contaminante, traduciéndose posteriormente en índices más representativos, como, por ejemplo, el Índice de Calidad del Aire (ICA). Estas medidas se efectúan mediante métodos normalizados que producen resultados comparables.

Para establecer la red de control, Cantabria se ha dividido en 4 zonas, incorporando cada una las siguientes estaciones de medición:

- *Zona 1: Bahía de Santander.*
 - Dos en Santander (Calle Tetuán y Plaza de las Estaciones).
 - Una en Camargo (Parque de Cros, en Maliaño).
 - Una en Astillero (Calle Ballestas).
- *Zona 2: Comarca de Torrelavega.*
 - Tres en Torrelavega (Parque del Zapatón, Barreda y complejo deportivo próximo a La Lechera, junto a la antigua Escuela Universitaria de Minas).
 - Una en Los Corrales de Buelna (centro urbano).
- *Zona 3: Zona litoral.*
 - Una en Castro Urdiales (centro urbano).
- *Zona 4: Zona Interior.*
 - Una en Reinosa (centro urbano).
 - Una en Los Tojos (carretera a Colsa).

Por cercanía a Puente San Miguel, apenas 3 km, la estación de vigilancia tomada de referencia es la situada en el complejo deportivo próximo a La Lechera, junto a la antigua Escuela Universitaria de Minas. A continuación, se presentan las medidas a fecha del 26/11/2018, registradas a las 20:00 horas.

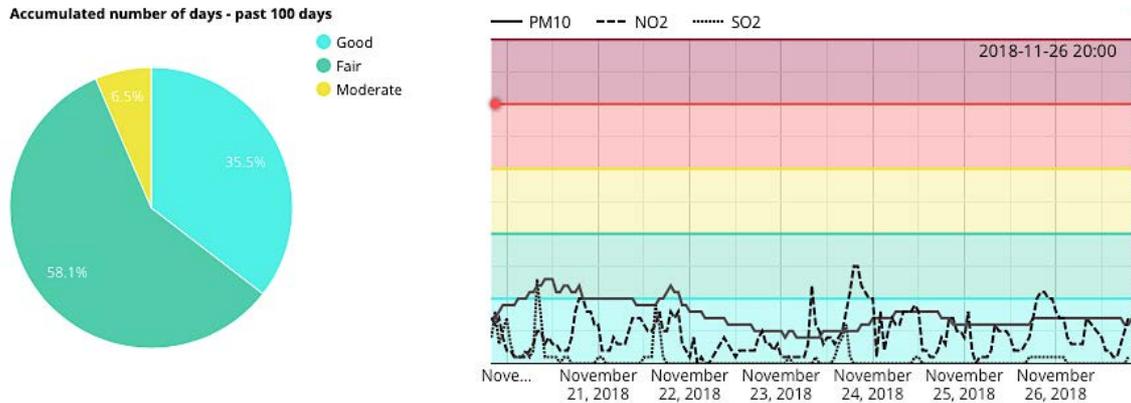


Imagen 4.16: Índice de calidad del aire (ICA). Fuente: European Air Quality Index.

La gráfica de la derecha recoge los niveles de PM₁₀, NO₂ y SO₂ medidos en el aire y los gráficos respecto a los niveles de calidad del aire y al tiempo. Por otro lado, el diagrama circular de la izquierda agrupa todos los niveles de calidad registrados durante los últimos 100 días proporcionando un porcentaje que refleje la calidad del aire media.

Esta ubicación disfruta de una calidad del aire media “fair”, justa, calificándose así un 58,1% del tiempo graficado (diagrama de la izquierda). Teóricamente, este índice no tiene repercusiones negativas sobre la salud de los ciudadanos.

Al día siguiente de tomar las anteriores medidas, se fue a la estación de vigilancia de la antigua Escuela Universitaria de Minas a observar el panel indicador de la calidad del aire en ese momento, mostrándose de la siguiente manera:



Imagen 4.17: Indicador ICA de la estación de vigilancia correspondiente a la antigua Escuela Universitaria de Minas. Fuente: Elaboración propia.

Para Puente San Miguel, dada la proximidad respecto la estación seleccionada, se supone el mismo índice de calidad del aire.

Dada esta situación, las propuestas de mejora determinadas en el estudio sobre el alumbrado público exterior contribuyen a disminuir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera y a mejorar la calidad del aire, entre otras.

4.3.1.3. Agua.

El agua se puede considerar como uno de los componentes más importante de un ecosistema. Todos los organismos vivos necesitan de agua para crecer y sobrevivir. En cualquier ecosistema, el agua recorre la atmósfera, el suelo, los ríos, los lagos y los océanos, depositándose una mínima parte de esta, en lo profundo de la corteza terrestre. El agua, al pasar por todos los diferentes medios, establece el conocido ciclo del agua.

Puente San Miguel, se encuentra dividido en dos por el río Saja. Su nacimiento tiene lugar en la Sierra de Cordel, y desemboca en el Mar Cantábrico. En total, el río Saja tiene un recorrido de aproximadamente 55 km, desde su nacimiento hasta que confluye con el río Besaya en Torrelavega. La cuenca hidrográfica del río Saja tiene una extensión total de 442 km². Normalmente esta se refiere junto a la cuenca hidrográfica del río Besaya.

La cuenca hidrográfica del río Saja-Besaya integra a más de 100.000 habitantes, y su extensión aproximada es de 1025 km². A continuación, se presenta un mapa físico de esta misma. Como se puede observar, Reocín se localiza al norte. Para su rápida localización, se rodea de rojo y se señala concretamente la zona en la que se ubica.



Imagen 4.18: Mapa físico de la cuenca hidrográfica del río Saja-Besaya. Fuente: web dmacantabria.cantabria.

El río Saja, en su transcurso por Puente San Miguel, cuenta con un caudal medio de 12,024 m³/s actualmente, siendo el caudal medio total del río de 26,033 m³/s. A continuación, se presenta un gráfico que recoge el caudal medio del río Saja en Puente San Miguel desde el año 1.970 al 2.003.

Los datos del gráfico no son muy actuales, pero sirven para generar una idea del caudal que transporta el río.

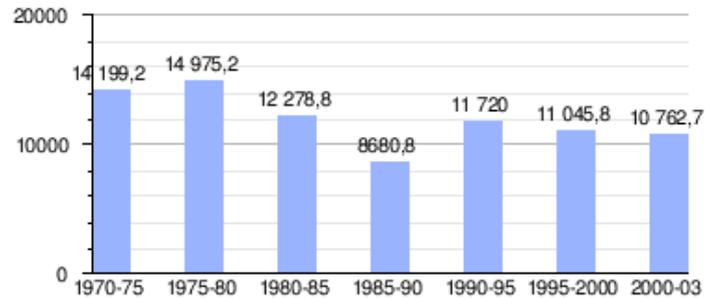


Imagen 4.19: Caudales medios del río Saja en Puente San Miguel. Fuente: Wikipedia.

Por otra parte, el pueblo cuenta con un centro del Saneamiento Saja-Besaya, concretamente situado en la otra orilla del río Saja respecto a la zona de La Robleda, emplazamiento del estudio. En la siguiente imagen se muestra donde se encuentra ubicado el centro mediante un círculo rojo.



Imagen 4.20: Localización del centro de saneamiento Saja-Besaya de Puente San Miguel. Fuente: Google Maps.

4.3.1.4. *Sustrato rocoso.*

La cartografía geológica del municipio de Puente San Miguel se encuentra recogida en la “Hoja Magna 1:50.000 número 34 (Torrelavega)”, realizada por el Instituto Geológico y Minero de España (1.976), la cual ha sufrido un proceso de revisión y actualización durante los siguientes años a su publicación. Esta hoja proporciona información geológica detallada, de calidad y homogénea.

La siguiente imagen muestra la hoja citada reducida de tal manera que pueda presentarse en el presente documento.

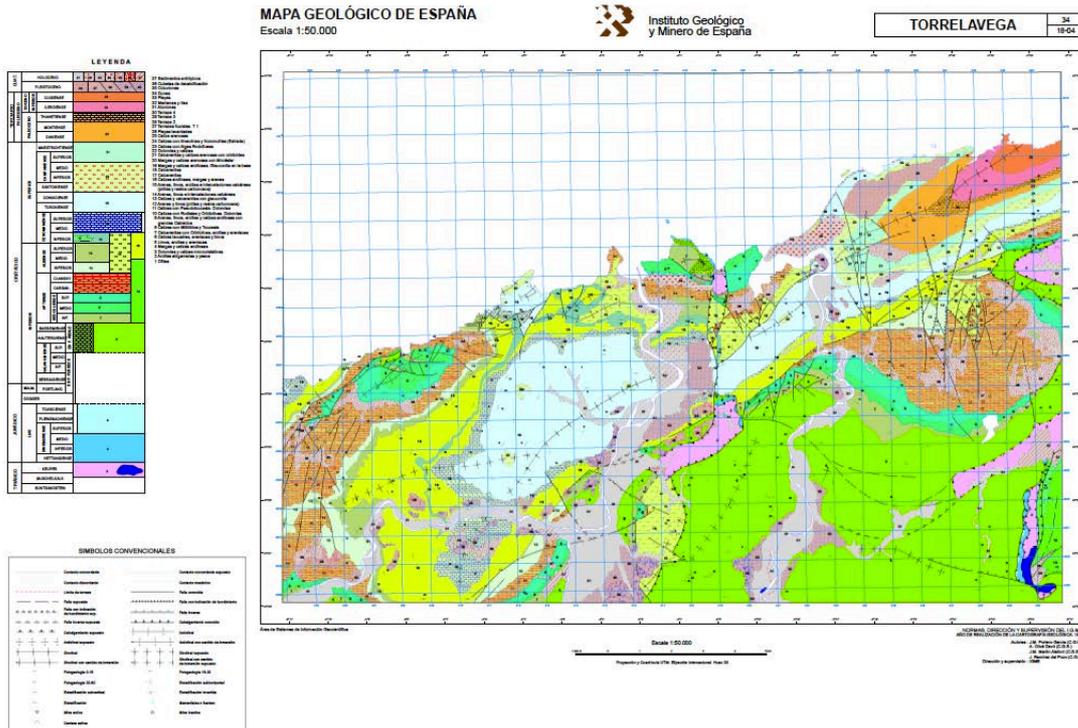


Imagen 4.21: Hoja Magna 1:50.000 número 34 (Torrelavega). Fuente: IGME.

A continuación, se realiza una ampliación sobre la zona de interés de nuestro estudio, para poder determinar con mayor detalle el dibujo y la gama de colores representados sobre La Robleda, y así, poder relacionar con la leyenda del propio mapa.

LEYENDA

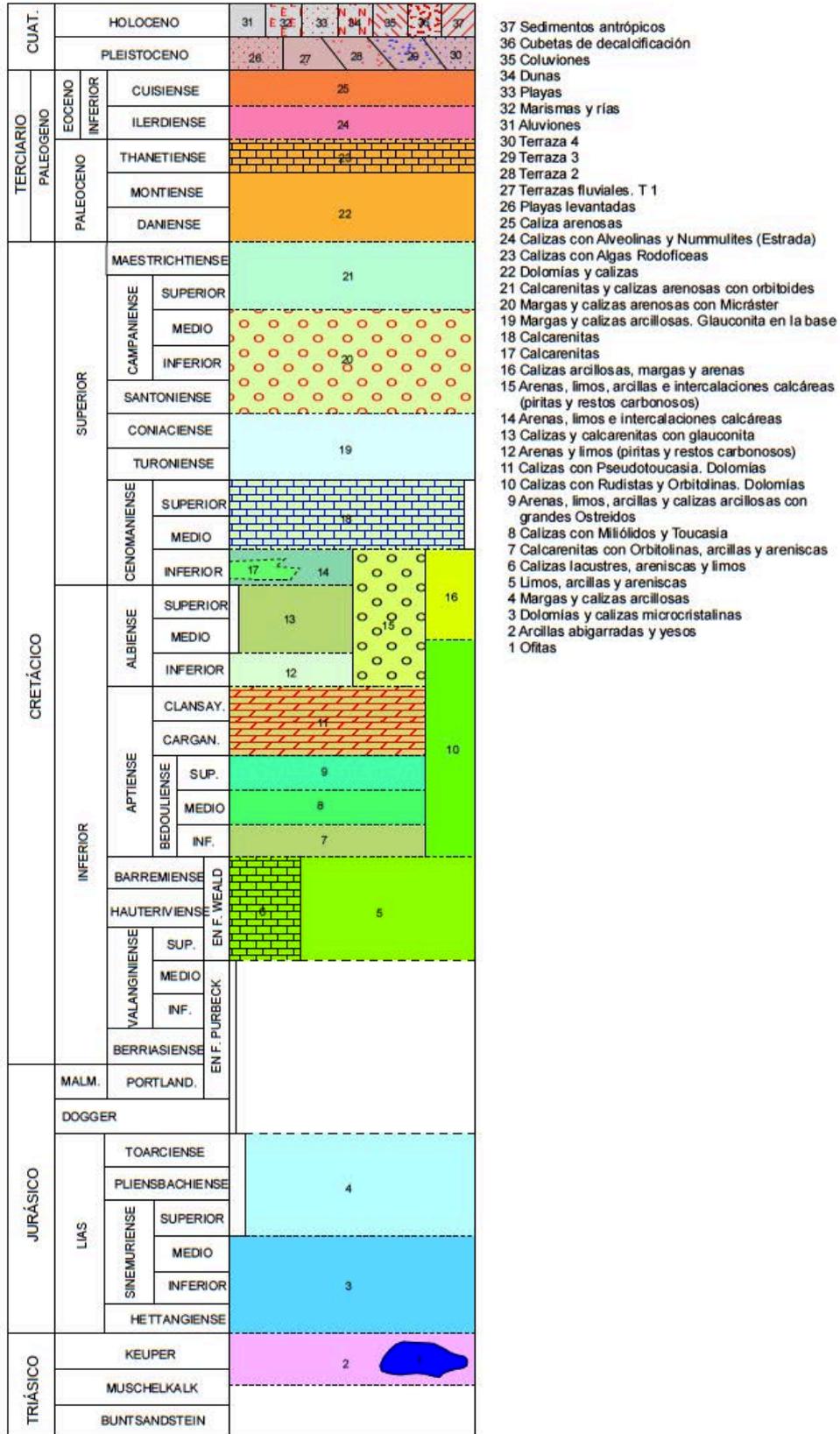


Imagen 4.23: Leyenda - Hoja Magna 1:50.000 número 34 (Torrelavega). Fuente: IGME.

Como se puede observar, los materiales Cretácicos del sustrato rocoso corresponden a Calizas arcillosas, margas y arenas formadas desde el Albiense Medio al Cenomaniense Inferior, y calcarenitas pertenecientes al Cenomaniense Medio-Superior. Sobre estas sobreyacen depósitos de terrazas fluviales del Pleistoceno depositados en el antiguo cauce del río, compuestos por cantos de cuarcita en una matriz arenosa.

Directamente sobre los materiales Cretácicos mencionados se depositan los sedimentos actuales del río Saja, constituidos por gravas con matriz arenosa-arcillosa y abundante materia orgánica. Sobre estos últimos materiales del Holoceno es donde se encuentra emplazada la zona de estudio de La Robleda.

A modo de conclusión, hay que destacar que el suelo desempeña un papel muy importante en todos los ciclos ecológicos naturales, están compuestos tanto de materia viva como de materia inerte, produciéndose multitud de interacciones entre ambos tipos de materia, además se encargan desde la descomposición de los desechos, hasta actuar como un sistema de filtración de agua y degradar los contaminantes ambientales.

La diversidad y abundancia de vida que existe dentro del suelo es mayor que en cualquier otro tipo de ecosistema. Un metro cuadrado de suelo puede contener millones de organismos diferentes desempeñando un papel fundamental en la calidad del suelo.

Por otro lado, la sismicidad es otro factor que se ha de analizar y tener en cuenta durante los estudios del sustrato rocoso. La actividad sísmica de Puente San Miguel, tal y como se observa en la siguiente imagen proporcionada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) es prácticamente inexistente.

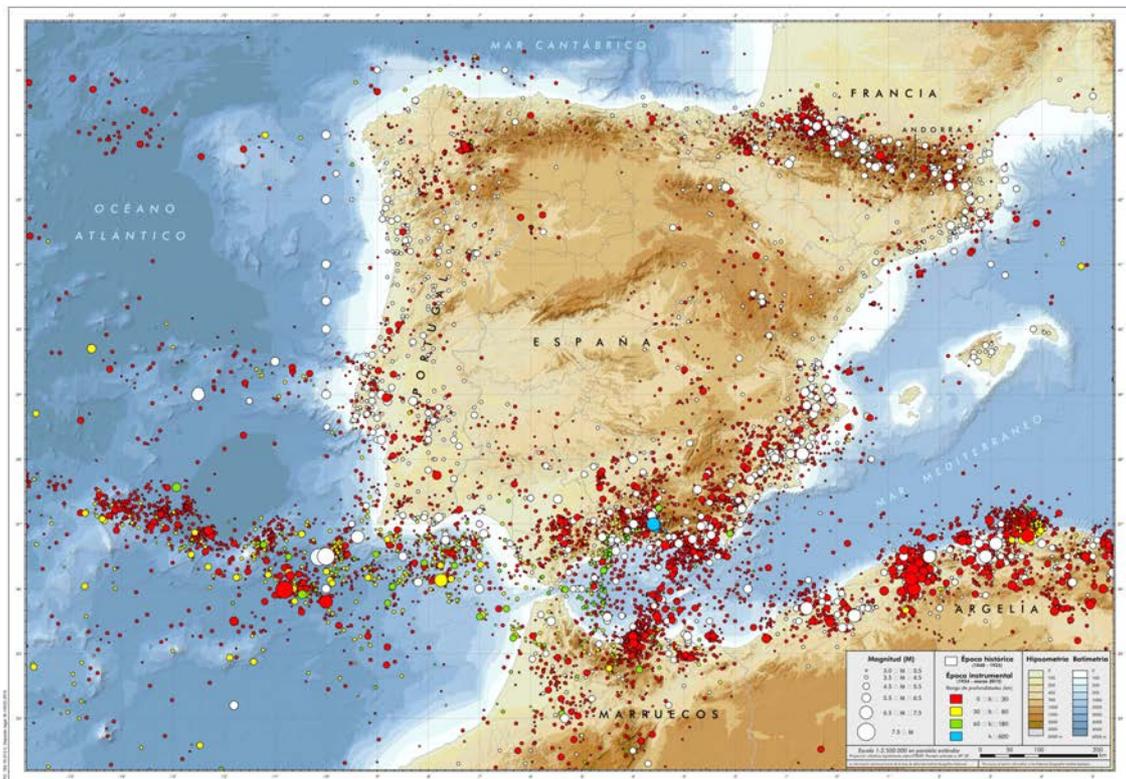


Imagen 4.24: Sismicidad de la península Ibérica y zonas próximas. Fuente: IGN.

4.3.2. Medio biótico.

El medio biótico integra a todos y cada uno de los seres u organismos que disponen de vida. Las interacciones entre la flora y la fauna de un paraje también se contemplan en este medio.

4.3.2.1. Flora y fauna.

Entrar a describir la flora y la fauna de una localización geográfica cualquiera requiere mucha dedicación, ya que abarca gran cantidad de sistemas, subsistemas, medios, etc.

Por ello, se procede a destacar los aspectos y especies que se consideran más representativos del municipio de Reocín.

Para comenzar, hay que destacar que Reocín acoge relativamente la flora y la fauna típica de Cantabria, concentrándose esta en los alrededores del río Saja, el cual actúa como eje vertebrador del propio municipio. A partir del río Saja se ramifica toda forma de vida, asentándose todo tipo de ser vivo autóctono de Cantabria sobre estas zonas. Los seres vivos se clasifican en cinco reinos:

- Reino Plantae; plantas y vegetales.
- Reino Animalia; animales.
- Reino Fungi; setas, mohos y levaduras.
- Reino Protista; protozoos y algas.
- Reino Monera; bacterias.

En cuanto al grado de humanización, Reocín es un municipio el cual presenta un alto grado de explotación humana; la mina, la gran variedad de campos de cultivo, la ganadería..., son claros ejemplos de esta actuación. Además, todos los pueblos de este municipio están asentados a las orillas de transcurso del río Saja.

En Reocín, el hábitat donde podemos encontrar más variedad es en el medio aéreo. La zona cuenta con gran cantidad de ejemplares de diferentes familias de las aves, entre estos, destacamos las siguientes especies: el mochuelo, el gavián común, además esta localización cuenta con gran variedad de paridos, por otra parte, encontramos al mito, el reyezuelo listado, el pito real, la corneja negra, la chopa petirroja y el petirrijo, el pájaro carpintero. El desmán de los pirineos y el cuervo no son especies muy comunes de esta zona, pero se pueden ver ocasionalmente.



Imagen 4.25: Mochuelo. Fuente: web “alejiga”.



Imagen 4.26: Reyezuelo listado. Fuente: web “juankarandres”.

Si analizamos el medio terrestre, el corzo, el jabalí y el zorro son especies muy típicas de esta zona. No es muy frecuente pero alguna vez se pueden observar liebres por las praderas. El ratón de campo y el topillo gris también son especies frecuentes de ver.

El tejón se localiza entorno al río Saja. La marta, la guarduña, el turón y la musaraña (especie perteneciente a los micromamíferos) son especies muy comunes en Reocín.



Imagen 4.27: El tejón común. Fuente: web “quecome”.



Imagen 4.28: La marta. Fuente: web “proyectogeo”.

En el transcurso del río Saja, podemos encontrar a los tres tritones más representativos de todo el país: el tritón alpino o alpestre, el gigante y el helvético. Además, la trucha adquiere una gran importancia en esta zona.

Por otro lado, hay que poner sobre alerta que una especie de caracol propio de esta zona está en peligro de extinción, su nombre es caracol quimper o moteado, científicamente conocido como “Elona quimperiana”. Es una especie protegida en España y Francia, y su hábitad característico son zonas forestales, húmedas y sombrías.



Imagen 4.29: Elona quimperiana. Fuente: web “caracoles”.

En cuanto a la vegetación, esta se expande desde el propio río, siendo los más característicos de la localización los bosquetes fluviales, el sauce, el avellano, el chopo, el roble y el castaño. Desde hace unas décadas, el monocultivo de eucalipto se ha extendido por estas tierras, localizándose principalmente en los montes.

La zona donde se encuentra emplazada la zona de estudio recibe el nombre de La Robleda por la multitud de robles que dan sombra a sus parques y zonas de ocio.

La iluminación exterior ha de tener siempre en cuenta la vida de las especies que transiten o habiten la zona donde se implante el alumbrado. Referente al presente estudio, La Robleda cuenta con gran cantidad de ejemplares de quirópteros, comúnmente conocidos como murciélagos. Durante todo el estudio se ha tenido especial consideración con estos seres y otros más que habitan en esta área.

4.3.2.2. Jardín Histórico de Puente San Miguel.

Puente San Miguel cuenta con un jardín botánico, propiedad de la familia Botín, declarado “Bien de Interés Cultural”, mediante la categoría de Jardín Histórico en 1986.

El jardín botánico cuenta con una gran masa de árboles, entre sus especímenes destacan los importados desde el extranjero, como, por ejemplo:

- La metasequoia de origen chino.
- Las secuoyas americanas.
- Los castaños de indias.
- Los cedros del Líbano.
- El tejo irlandés.

Por otro lado, y no menos llamativos, el jardín también cuenta con árboles centenarios autóctonos de Cantabria y del territorio nacional, como:

- Las encinas.
- Las magnolias.
- Los pinsapos.
- Los abetos.
- Los robles.

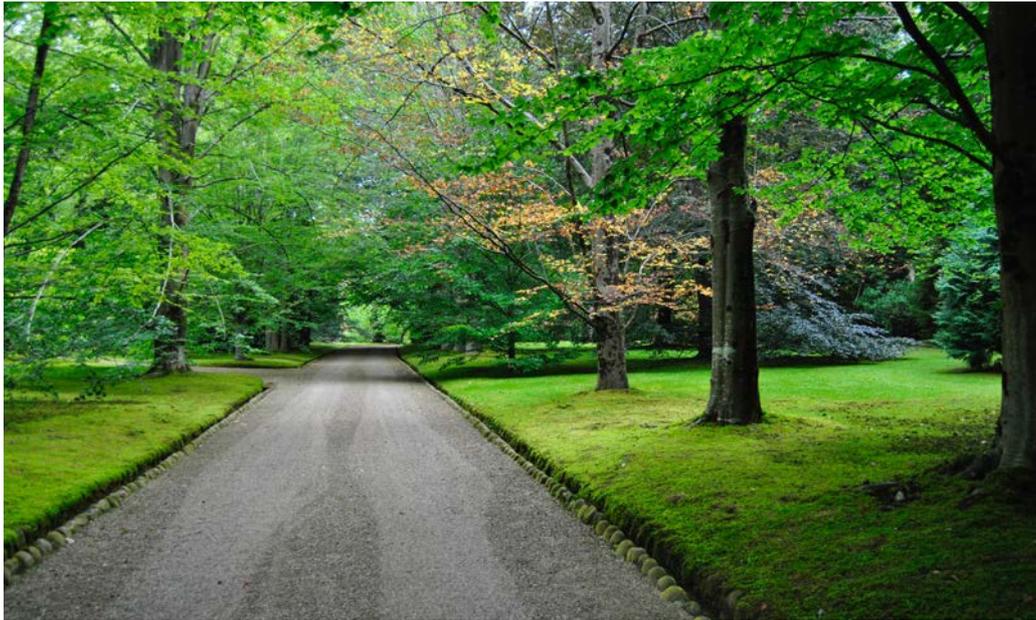


Imagen 4.30: Jardín Histórico de Puente San Miguel. Fuente: web Ayuntamiento de Reocín.



Imagen 4.31: Jardín Histórico de Puente San Miguel. Fuente: web Ayuntamiento de Reocín.

Dentro de este recinto se encuentra la residencia histórica de la familia Botín, descendiente de Puente San Miguel. El jardín es visitable mediante reserva anticipada.

4.3.3. Medio socioeconómico y cultural.

El medio en el que vivimos, el ambiente en el que nos movemos, integra una serie de factores que afectan a la salud humana.

Para comprender todo lo que afecta a un individuo y, en consecuencia, a la propia sociedad, es importante entender que toda sociedad humana, está principalmente determinada por su relación, es decir, como individuos con otros hombres, y todo factor externo, ya sea económico, geográfico, político, laboral, influye en la conducta y forma de comportarse de cada persona.

Entre todos estos factores existe una evidente conexión que repercute directamente en el ciudadano, los cuales se relacionan con complejos sistemas económicos y con las estructuras sociales. Estos sistemas y estructuras impactan directamente en la distribución de recursos, dinero y poder de cualquier sociedad.

Esta distribución o relación de factores se conoce como medio socioeconómico. El estudio de este medio determina de que manera las sociedades e individuos pueden llegar a obtener los recursos necesarios para satisfacer sus necesidades humanas básicas.

Luego el estatus socioeconómico de una persona se compone de la educación recibida, los ingresos y el nivel de poder, es decir, posición social, condiciones de trabajo, toma de decisiones y demandas psicológicas.

4.3.3.1. Factores sociales y económicos.

Tal y como recogen los datos aportados por el INE (Instituto Nacional de Estadística), actualizado a 1 de enero de 2.017, el número de habitantes registrados en todo el municipio de Reocín fue de 8.312 habitantes. En 2.007, se registraron 7.959 habitantes, luego en un periodo de diez años el municipio aumentó su población en 353 personas.

A continuación, se grafica la citada evolución demográfica del municipio.

Todos los datos de las siguientes gráficas han sido extraídos de la base de datos pública del Instituto Nacional de Estadística (INE) [12].

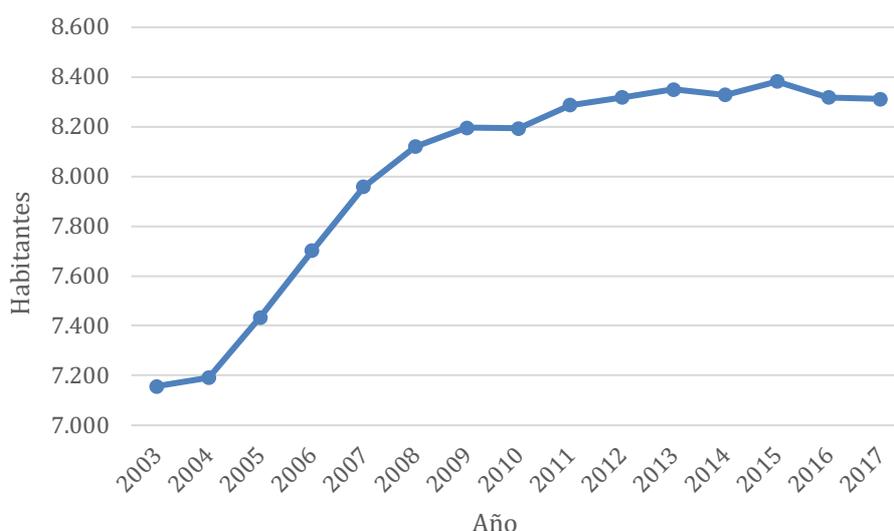


Gráfico 4.1: Evolución demográfica del municipio de Reocín (2.003-2.017). Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el gráfico anterior, la línea de tendencia que representa el crecimiento demográfico del municipio muestra que desde el año 2.011 hasta la actualidad, el crecimiento ha sido mínimo. Sin embargo, del año 2.003 hasta el 2.009, la población de Reocín aumentó considerablemente.

Además, gracias al INE, se conocen los datos necesarios para poder representar la población del municipio de Reocín (2.017) diferenciando entre sexos y rangos de edad, siendo estos cada 4 años, de la siguiente manera:

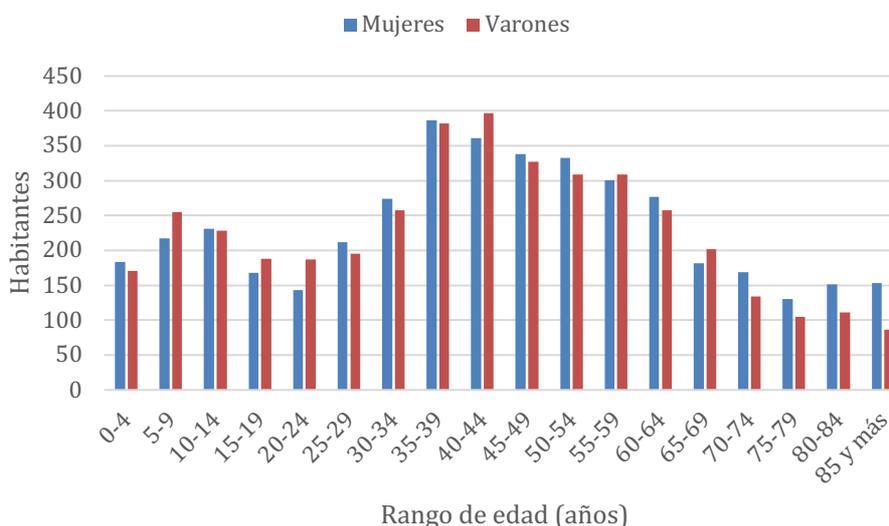


Gráfico 4.2: Distribución demográfica por sexo y edad (2.017). Fuente: Elaboración propia.

Durante el año 2.017, el grueso de la población tiene una edad comprendida entre los 35 y los 69 años. Llama la atención los bajos índices de juventud en el municipio, ya que, el número de habitantes dentro del rango de los 20-24 años, es similar a los pertenecientes al rango 70-74 años.

En cuanto a la distribución por sexo de la sociedad en Reocín, del total registrado de 8.312 habitantes, el 50,65% de la población es de género femenino, y, por consiguiente, el 49,46% pertenece al género masculino.

Durante el año 2017, último año registrado, la población de Reocín se distribuyó de la siguiente manera según los pueblos que integran el propio municipio [2].

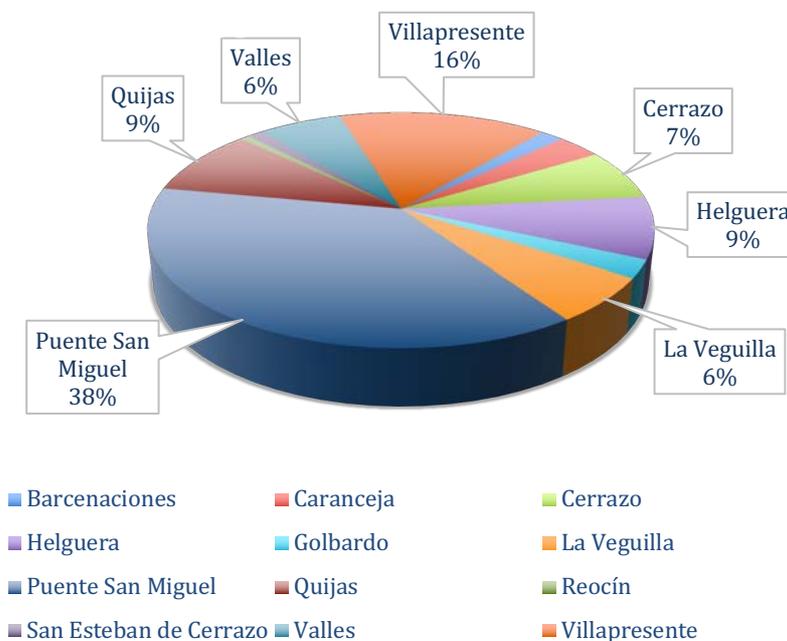


Gráfico 4.3: Distribución de la población del municipio de Reocín por localidades (2.017). Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, si analizamos la situación socioeconómica de una sociedad, hay que valorar la situación actual del IPC (Índice de Precios al Consumidor), pudiendo ser analizado por grupos, subgrupos y tipos de gastos, en función de lo que se desee. El IPC es un indicador que establece la variación de precios de una canasta de bienes y servicios característicos del gasto de las viviendas de España.

Gracias al INE (Instituto Nacional de Estadística), disponemos de la variación mensual que ha sufrido este índice durante los últimos meses en Cantabria, la cual se representa en el siguiente gráfico.

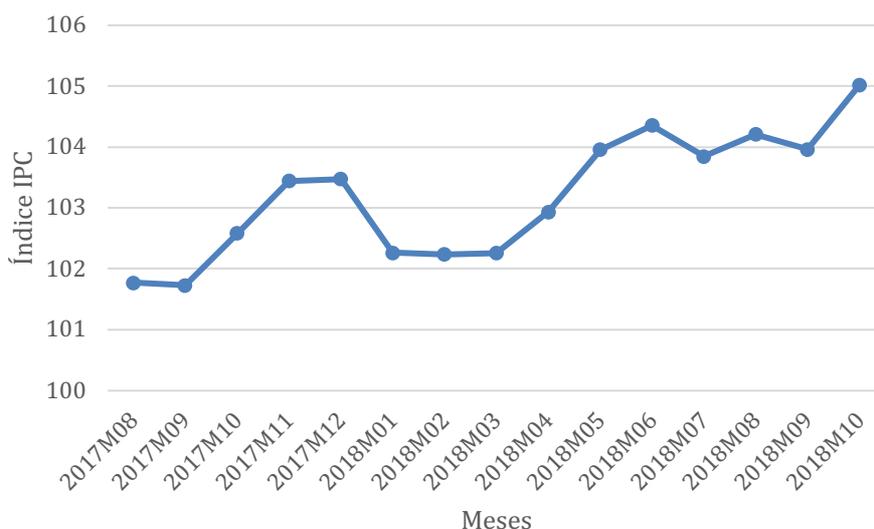


Gráfico 4.4: Índice IPC en Cantabria (mensual). Fuente: Elaboración propia.

La tendencia del IPC durante el último año es claramente ascendente, en agosto de 2.017 obtuvo un valor de 101,7, siendo el valor más bajo del periodo de tiempo graficado. El valor más alto corresponde a octubre de 2.018, correspondiente al último valor del registro [26].

Además, dado los tiempos que corren, la tasa de paro (%) es un factor importante a valorar en una sociedad, el cual se está intentado reducir por y para el bien de la propia sociedad.

Actualmente Cantabria cuenta con una tasa de paro del 8,99%, valor correspondiente al tercer trimestre del 2.018. Durante el primer trimestre de 2.015 esta se registró en un 18,54%, sufriendo una disminución desde entonces hasta la actualidad del 9,55%. Esta tendencia se refleja en el siguiente gráfico.

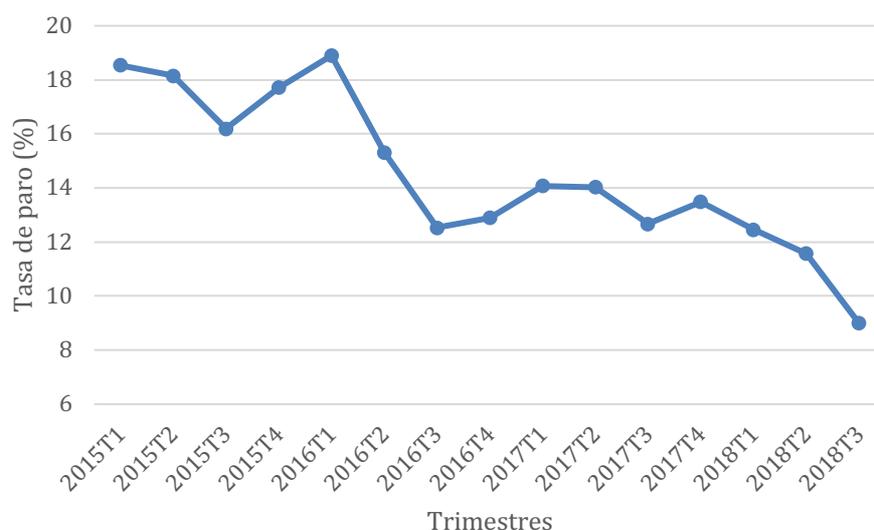


Gráfico 4.5: Tasa de paro (%) en Cantabria (trimestral). Fuente: Elaboración propia.

Relacionado al paro, existe una estadística que recoge los demandantes de empleo por sector de actividad. En el año 2.017, el municipio de Reocín registró a 732 habitantes demandantes de empleo, un 8,81% de la población total, distribuyéndose de la siguiente manera según el sector de actividad.

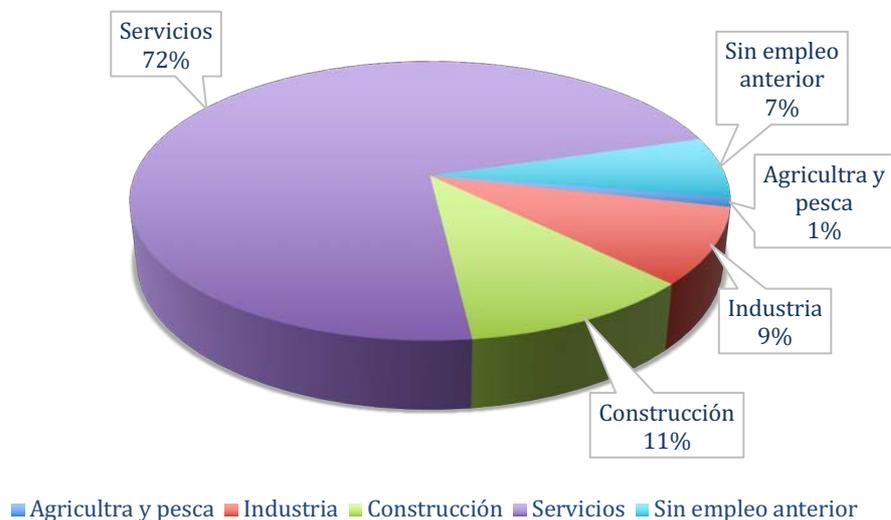


Gráfico 4.6: Demandantes de empleo por sector de actividad. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3.2. Patrimonio cultural.

El municipio de Reocín posee ocho bienes de interés cultural catalogados como tal, siendo estos los siguientes:

- Cueva de La Clotilde o La Lora (Santa Isabel de Quijas).
- Cueva de la Estación (Santa Isabel de Quijas).
- Torre y Palacio de Bustamante (Quijas).
- Jardín Histórico de Puente San Miguel, detallado a anteriormente.
- La Casona de Cerrazo.
- Puente de Golbaro, uno de los primeros puentes de hormigón armado construidos en España.
- Locomotora de vapor “Udías”, ubicada en el Pozo de Santa Amelia (Reocín).
- Laberinto de Villapresente, de 5.625 m² de superficie.

4.3.3.3. Situación energética del municipio.

Evidentemente, la energía es fundamental para el desarrollo de la vida, constituyendo un factor primordial en cualquier sociedad, sea esta del tipo que sea. Este hecho es consecuencia de dos aspectos claves:

1. La actividad económica que el sector trasciende a la sociedad y su carácter estratégico para el resto de los sectores de la economía.
2. Los servicios vitales que ofrece para la calidad de vida de la sociedad.

Todo municipio necesita de una planificación interna que gestione su territorio de tal manera que se logren los objetivos energéticos aprobados en junta y así, obtener un proceso energético eficiente y equilibrado. Normalmente, el municipio también debe de responder a las exigencias de la comunidad autónoma a la que pertenezca, y esta a su vez al país, como es el caso de Reocín, que acata las exigencias energéticas de Cantabria y a su vez, de España.

Reocín, como municipio perteneciente a la comunidad autónoma de Cantabria, ha de acatar el “Plan de Sostenibilidad Energética de Cantabria 2.014-2.020”. A continuación, se recoge un pequeño fragmento extraído de la página del Gobierno de Cantabria, en el que la Dirección General de Industria, Comercio y Consumo define a grandes rasgos este plan.

“El Plan de Sostenibilidad Energética de Cantabria 2.014-2.020 analiza la actual situación energética de Cantabria, estableciendo escenarios de actuación con arreglo a los cuales se describen objetivos y programas de actuación, a financiar mayoritariamente por la iniciativa privada. El Plan establece igualmente un sistema de seguimiento y evaluación, fomentando, en definitiva, un adecuado equilibrio entre la eficiencia del sistema, la seguridad del suministro y la protección del medio ambiente.

El dilatado proceso de elaboración del mencionado Plan de Sostenibilidad no ha sido sino consecuencia directa de la necesidad de guardar un escrupuloso respeto de los trámites previstos para la evaluación ambiental de planes y programas en la Ley de Cantabria 17/2.006, de 11 de diciembre, de Control Ambiental Integrado y normativa de desarrollo, así como de la asunción por la Consejería de Innovación, Industria, Turismo y Comercio de un importante número de alegaciones de entre todas las realizadas, circunstancia que, en la medida que ello implicaba incorporar cambios considerados sustanciales, ha obligado a someter el Plan a dos nuevos trámites de información pública después del primero articulado.

Es de esta manera como se ha llegado a disponer de un documento que, enriquecido por las distintas alegaciones formuladas tras los sucesivos trámites de información pública, apuesta, en sintonía con los principios y criterios de las políticas europea y nacional en esta materia, por la diversificación de fuentes de energía seguras y con bajas emisiones de carbono, la descentralización de la generación y la mayor eficiencia energética.

Debe hacerse notar también que, de acuerdo con el informe emitido por el Dirección General del Servicio Jurídico sobre este Plan, el mismo tiene carácter orientativo, indicativo, de conformidad con lo establecido en la Ley 24/2.013, de 26 de diciembre, de Sector Eléctrico y de acuerdo con lo previsto en la Sentencia del Tribunal Constitucional 18/2.011, de 3 de marzo.

Importa destacar finalmente que en aplicación de lo previsto en la disposición final segunda de la Ley 7/2013, de 25 de noviembre, por el que se regula el aprovechamiento eólico en la Comunidad Autónoma de Cantabria, con el inicio de los efectos del Plan de Sostenibilidad Energética de Cantabria 2.014-2.020 se producirá la entrada en vigor de la citada ley” [8].

Referente a la propia iluminación exterior, sector sujeto del presente estudio, se adjunta un gráfico extraído del propio Plan de Sostenibilidad Energética de Cantabria 2.014-

2.020, en el cual se recoge el consumo total de energía eléctrica por usos en Cantabria, datos interesantes para el estudio.

El alumbrado público representa un 2% del consumo total de energía en Cantabria. Mientras que los usos domésticos generan un 18% del consumo total y los usos industriales y otros un 79%.

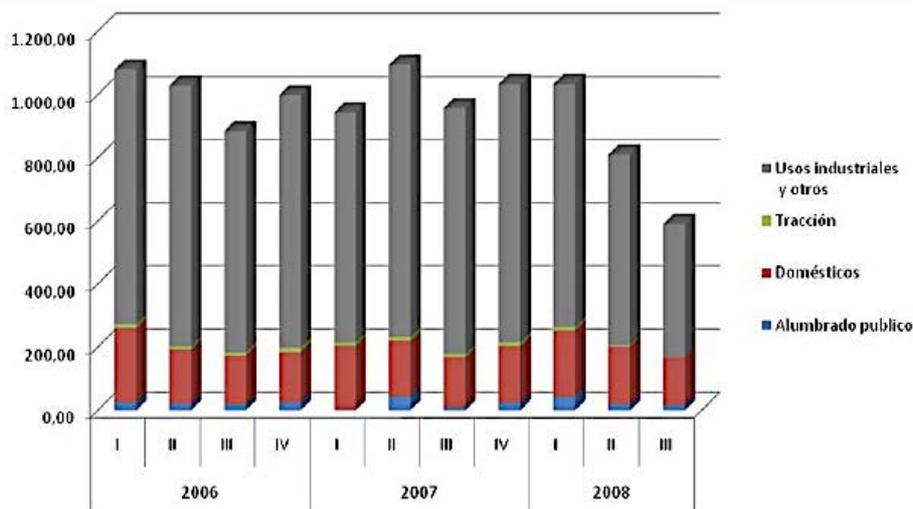


Imagen 4.32: Consumo de energía eléctrica por usos en Cantabria 2.006-2.008. Fuente: Plan de Sostenibilidad Energética de Cantabria 2.014-2.020.

Como se observa, el porcentaje de energía consumida por los alumbrados públicos es mínimo comparándolo con otros tipos de consumidores, pero este sector, bien planificado y gestionado por los responsables puede repercutir en un gran ahorro para la entidad pública y contribuir a preservar el medio ambiente.

5. CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA Y ESTUDIO.

5.1. INTRODUCCIÓN.

El capítulo número 5 del presente estudio, se centra en el análisis energético del alumbrado público exterior de La Robleda, Puente San Miguel.

5.1.1. Instalaciones de estudio.

A continuación, se detallan los puntos de suministro municipales sujetos al propio estudio. Todo el abastecimiento eléctrico que genera luz sobre La Robleda está suministrado por tres puntos de suministros diferentes, presentando cada uno su correspondiente cuadro de mando e instalación. Estos tres suministros, están expresamente dedicados a abastecer eléctricamente el propio alumbrado de la zona.

A partir de este momento, a cada cuadro de mando se le asigna un código para su identificación y fácil nomenclatura, formado por las letras “AP” y el número de cuadro que le corresponda, definidos de la siguiente manera:

Tabla 5.1: Cuadros de mando municipales sujetos a estudio. Fuente: Elaboración propia.

Código	Nombre	Zona de influencia
AP01	Cuadro de mando 1	Puente y alrededores
AP02	Cuadro de mando 2	Ayuntamiento de Reocín
AP03	Cuadro de mando 3	Auditorio La Robleda

En la siguiente imagen, se detalla la ubicación de cada uno:

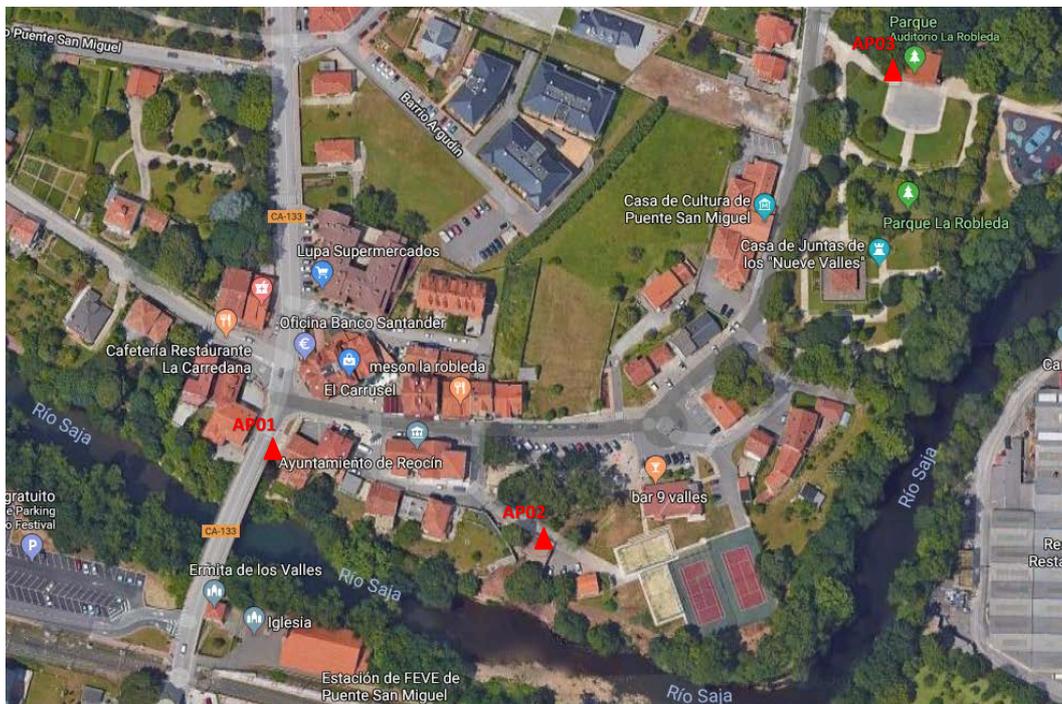


Imagen 5.1: Localización de los cuadros de mando municipales sujetos a estudio. Fuente: Google Maps.

5.1.2. Parámetros requeridos para el estudio.

Todo consumo energético asociado a la facturación normalmente se refiere a la energía final, pero la demanda energética total requerida es bastante más elevada debido a las pérdidas técnicas, generadas durante los procesos de generación, transporte, distribución y transformación. Inevitablemente, hay que contar con un porcentaje de pérdidas técnicas, ya que ningún sistema de energía puede ser 100% eficiente durante todo el proceso de suministro de energía eléctrica. Estas pérdidas generalmente son en forma de calor, a través de cables eléctricos, líneas y transformadores, utilizados para transferir la electricidad hacia y desde los clientes.

Las pérdidas técnicas son diferentes para cada proceso, siendo cada proceso único en este sentido. Estas también varían en función de la propia fuente de energía, y, en consecuencia, las emisiones de CO₂ asociadas también varían.

Para calcular las emisiones de CO₂ que deben atribuirse al consumo de electricidad, es necesario determinar el factor de emisión. En principio, se puede utilizar el factor de emisión nacional o europeo, ya que se suele utilizar el mismo factor de emisión para todo el consumo de electricidad. Además, en el caso de que el Gobierno o Autoridad local decida incluir medidas relacionadas con la producción de electricidad local, o bien, si compra electricidad verde certificada, se procederá a calcular un factor de emisión local para este tipo de electricidad, factor que reflejará las ganancias de CO₂ que generen estas medidas.

Los coeficientes de paso de energía final a energía primaria y los factores de emisión de CO₂ de los diferentes puntos de suministros eléctricos estudiados son los presentados y aceptados por el Departamento de Planificación y Estudios del IDAE, en el año 2.011, adoptando estos los siguientes valores:

Tabla 5.2: Coeficientes de paso de energía final a energía primaria - Factores de emisión de CO₂. Fuente: Elaboración propia.

Fuente	Emisiones de CO ₂ (kg CO ₂ /kWh)	Energía primaria (MWh primaria/MWh final)
Energía eléctrica convencional Nacional	0,33	2,25

5.1.3. Situación energética actual del alumbrado público.

El consumo energético conjunto de los tres puntos de suministros municipales del Ayuntamiento de Reocín que dan luz a La Robleda se estima en 64.914 kWh/año. Tanto la distribuidora, como la comercializadora de estos puntos de suministro, es VIESGO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.L. y VIESGO ENERGÍA, S.L. respectivamente, sociedad actualmente absorbida por REPSOL.

Aproximadamente, el coste económico asociado a este consumo energético se eleva hasta los 13.736,91 €/año, importe el cual, aplicando las propuestas de mejora expuestas en apartados siguientes se reduce considerablemente.

Como se ha señalado en el apartado anterior, debido a las pérdidas técnicas que sufre todo proceso en el sector energético, es necesario aplicar los coeficientes correspondientes para el paso de energía final a energía primaria, así como también, el factor de emisión de CO₂. Ambos factores se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 5.3: Consumo energético de los puntos de suministro estudiados, coste económico e impacto ambiental asociado. Fuente: Elaboración propia.

Código	Consumo de energía anual (kWh/año)	Consumo de energía primaria (kWh/año)	Emisiones (kg CO ₂ /año)
AP01	15.373	34.589,25	11.414,45
AP02	38.433	86.474,25	28.536,50
AP03	11.108	24.993	8.247,69
Total	64.914	146.056,50	48.198,65

A modo explicativo, para calcular los valores anteriores se procede de la siguiente manera: al consumo de energía anual estimado (kWh/año) se le aplica el coeficiente de paso de energía final a energía primaria. Una vez determinado el consumo de energía primaria, a este, se le aplica el factor de emisión de CO₂, para así, precisar el impacto ambiental asociado al propio consumo.

Como bien recoge la tabla, el consumo de energía primaria que demanda el consumo total de energía final entre los tres puntos de suministro asciende hasta los 146.056,5 kWh/año, consumo que, a su vez, genera una emisión de 48.198,64 kg CO₂/año al medio ambiente. Como se ha señalado durante todo el estudio, la reducción de estas emisiones es uno de los objetivos principales de la auditoría energética llevada a cabo.

Para generar una idea general e inmediata del consumo energético de La Robleda por CUPS, se representa el siguiente diagrama circular:

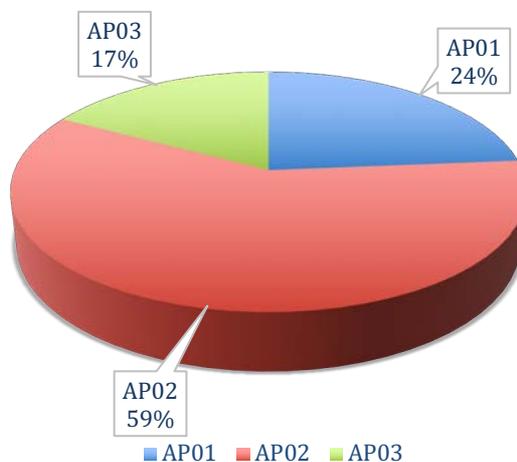


Gráfico 5.1: Distribución del consumo energético por punto de suministro. Fuente: Elaboración propia.

Antes de continuar con el análisis energético de las propias instalaciones, se procede a definir lo que se consideran aspectos importantes a tener en cuenta, los cuales cobran importancia en apartados sucesivos del propio estudio.

Un concepto importante, dentro de los suministros energéticos, es el CUPS (Código Universal de Punto de Suministro). Este es una clave de 20 o 22 dígitos alfanuméricos necesarios para autentificar el abastecimiento energético, es importante tener claro que el CUPS identifica al punto de suministro, no a la persona titular. Desde la asignación de un Código Universal de Punto de Suministro a un punto de suministro cualquiera,

este permanecerá invariable e intransferible, se mantiene permanente por muchos cambios de tarifa que se le apliquen, cambios de compañía comercializadora o distribuidora.

Cada punto de suministro posee un CUPS diferente, y su numeración no es aleatoria, esta sigue la siguiente lógica:



Imagen 5.2: Estructura del Código Universal de Punto de Suministro (CUPS). Fuente: Alcanzia.

- *Los 2 primeros signos:* letras que representan el país al que pertenece.
- *Las 4 siguientes cifras:* números que identifican a la distribuidora.
- *Las 12 siguientes cifras:* números asignados por la propia distribuidora para diferenciar el punto de suministro.
- *Los 2 siguientes signos:* letras que sirven para controlar y detectar posibles errores en el suministro de energía.
- En ocasiones, este código, puede llevar un “sufijo” de dos cifras. Normalmente, estos “sufijos” son -OF o -1P, que se definen como puntos de frontera.

Otro punto a tener en cuenta en el estudio es la tarifa de acceso o peaje energético asociado a cada uno de los CUPS estudiados. En nuestro caso, y en la mayoría de las instalaciones dedicadas a abastecer alumbrados públicos, se corresponden a tarifas de baja tensión. La siguiente tabla establece los rangos de tensión y de potencia para cada tarifa, además de los periodos y si disponen de máxímetro.

Tabla 5.4: Tarifas de baja tensión. Fuente: Elaboración propia

Tarifa	Tensión	Potencia	Periodos	Máxímetro
2.0A	<1KV	≤10kW	1	No
2.0DHA	<1KV	≤10kW	2	No
2.0DHS	<1KV	≤10kW	3	No
2.1A	<1KV	>10kW y ≤15kW	1	No
2.1DHA	<1KV	>10kW y ≤15kW	2	No
2.1DHS	<1KV	>10kW y ≤15kW	3	No
3.0A	<1KV	>15kW	3	Si

Respecto al término de facturación de la potencia (TFP) en las tarifas de baja tensión, estas se facturan de diferente manera según la disposición o no de un máxímetro y la relación de potencias, siendo: PC = potencia contratada; PF = potencia facturada; PR = potencia registrada.

- Las tarifas 2.0A, 2.0DHA, 2.0DHS, 2.1A, 2.1DHA, 2.1DHS, presentan una potencia menor a 15 kW y no tienen instalado un máxímetro, por lo que la potencia facturada es igual a la potencia contratada ($PF = PC$).
- Las tarifas 3.0A y 3.1A (esta última ya considerada alta tensión), se facturan mediante tres posibles rangos de actuación en función de la relación entre las potencias, los cuales se aplican de la siguiente manera:
 - Si $85\% PC \leq PR \leq 105\% PC \rightarrow PF = PR$.
 - Si $PR < 85\% PC \rightarrow PF = 85\% PC$.
 - Si $PR > 105\% PC \rightarrow PF = PR + 2 (PR - 105\% PC)$.

Enfocándolo al propio estudio, los suministros AP01, AP02 y AP03, están regidos mediante tarifas 2.0DHA, 2.1DHA y 2.1A respectivamente. Como se puede apreciar, dos de las tarifas estudiadas presentan las letras “DHA” en su nomenclatura, esto significa que presentan discriminación horaria.

La discriminación horaria (DHA) en dos periodos es un tipo de tarifa eléctrica en la que se establece dos franjas horarias referidas a las 24 horas diarias, asignando un precio reducido al kWh de electricidad en una de las franjas, de manera que, para la otra franja horaria, el precio se presenta con un recargo económico.

Las dos franjas horarias se conocen como las horas valle y las horas punta, que cambian en función de la estación del año. Los horarios estandarizados se presentan a continuación.

- Las horas valle: corresponde a la franja horaria en la que el precio del kWh es más bajo.
 - En invierno: 22:00 horas - 12:00 horas.
 - En verano: 23:00 horas - 13:00 horas.
- Las horas punta: son las horas en las que el precio del kWh está más caro.
 - En invierno: 12:00 horas - 22:00 horas.
 - En verano: 13:00 horas - 23:00 horas.



Imagen 5.3: Discriminación horaria de dos periodos (DHA). Fuente: web “tarifasgasluz”.

De este modo, una tarifa de este tipo cuenta con 14 horas valle durante el día, se estima que el coste del kWh en esta franja horaria es un 50% más barato. Por el contrario, en las 10 horas punta diarias, el recargo económico se estima en un 20%. Luego, si al

menos, se traslada un 30% del consumo energético a la zona de valle, este tipo de tarifa es muy beneficiosa para el consumidor, ya que garantiza un ahorro económico en la factura.

Este tipo de tarifa va enfocado a usuarios o entidades que tienen el consumo localizado y se pueden adaptar a las franjas horarias establecidas. En el caso del estudio, el alumbrado público exterior es un claro ejemplo de aplicación, ya que las horas de valle prácticamente coinciden en su totalidad con el consumo energético del propio alumbrado.

5.2. AP01: CUADRO 1 DE ALUMBRADO PÚBLICO.

Se ubica en la dirección de suministro B^a LA ROBLEDA S/N JTO*123 BJO, coloquialmente hablando, se localiza según bajas el puente de Puente San Miguel dirección Santillana del Mar a la derecha, al lado de la escultura del escudo de Reocín.

Este punto de suministro se gestiona por un cuadro de mando, el cual presenta un único módulo de medida (contador), localizado en la misma ubicación. Presenta un fácil acceso ya que está prácticamente en la carretera general.

5.2.1. Situación energética actual.

Las características de este punto de suministro de electricidad son las siguientes:

Tabla 5.5: Datos del suministro eléctrico (AP01). Fuente: Elaboración propia.

Datos del suministro	
TITULAR	AYUNTAMIENTO DE REOCÍN
DIRECCIÓN DE SUMINISTRO	B ^a LA ROBLEDA S/N JTO*123 BJO
CÓDIGO POSTAL	39530
CUPS	ES0027700228889001QS0F
DISTRIBUIDORA	VIESGO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.L.
COMERCIALIZADORA	VIESGO ENERGÍA, S.L.
TENSIÓN	BT
TARIFA DE ACCESO	2.0 DHA
POTENCIA CONTRATADA P1 (kW)	6,928
CONSUMO ANUAL (kWh)	15.373
COSTE MEDIO MENSUAL DE LA FACTURACIÓN (€)	267,12
COSTE ANUAL DE LA FACTURACIÓN (€)	3.205,38
PRECIO MEDIO (€)	0,21

La estimación del consumo durante el último año de este CUPS son los siguientes:

Tabla 5.6: Consumo energético por periodos (AP01). Fuente: Elaboración propia.

Mes	Fecha inicio	Fecha final	Energía activa P1	Energía activa P3	Energía Total (kWh)
Sept-18	08/09/18	07/10/18	321	932	1.253
Ago-18	08/08/18	07/09/18	228	915	1.143
Jul-18	08/07/18	07/08/18	154	861	1.015
Jun-18	08/06/18	07/07/18	129	809	938
May-18	08/05/18	07/06/18	165	851	1.016
Abr-18	08/04/18	07/05/18	221	876	1.097
Mar-18	08/03/18	07/04/18	291	981	1.272
Feb-18	08/02/18	07/03/18	323	980	1.303
Ene-18	08/01/18	07/02/18	420	1.117	1.537
Dic-17	08/12/17	07/01/18	487	1.142	1.629
Nov-17	08/11/17	07/12/17	484	1.116	1.600
Oct-17	08/10/17	07/11/17	452	1.118	1.570

Los consumos anuales se han estimado mediante la recopilación de información y datos facilitados por el Ayuntamiento de Reocín, mediante facturas, documentos de inventarios, etc. De manera que, graficando estos consumos:

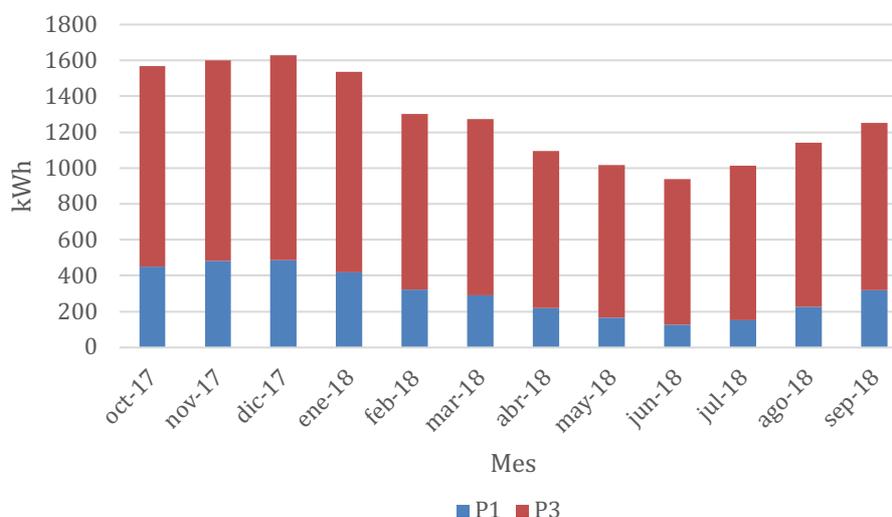


Gráfico 5.2: Distribución del consumo energético por periodos (AP01). Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia, la mayor parte del consumo energético se localiza en el periodo 3, el cual se corresponde a las horas valle. Concretamente, el 76,09% del consumo energético total se consume en horas valle, de modo que el 23,91% restante, se ubica en la franja horaria perteneciente a las horas punta.

Además, si se analiza la tendencia del propio gráfico, es evidente la correspondencia directa entre el consumo energético de los sistemas de alumbrado con las horas de luz, estas últimas determinadas por el periodo del año en que nos encontremos. Por lo que,

en esta localización geográfica, el consumo en invierno y es bastante más elevado que en verano.

5.2.2. Inventario de equipos.

Mediante la información recopilada y el análisis de la propia instalación en primera persona, se ha elaborado el siguiente cuadro de carácter informativo y descriptivo del punto de suministro.

Todo tipo de acercamiento y trato con las instalaciones de dominio municipal han sido con el pleno consentimiento del propio Ayuntamiento de Reocín. Tanto las personas responsables, como los propios electricistas del Ayuntamiento, siempre han colaborado en el trabajo cuando se les ha pedido algún tipo de información, ayudando a resolver algunas de las dudas técnicas que se han ido planteando a lo largo del estudio.

5.2.2.1. Cuadro de mando.

Tabla 5.7: Inventario de la instalación (AP01). Fuente: Elaboración propia.

Datos Generales del Cuadro (AP01)				
LOCALIDAD	Puente San Miguel	PPAL o SUBC	PROVINCIA	Cantabria
DIRECCIÓN	Bª LA ROBLEDA S/N JTO*123 BJO	PRINCIPAL	C.P.	39530
CIF. ABONADO	-		COORD. UTM	X: 412222; Y: 4802190.7
CUPS	ES0027700228889001QS0F	Nº de SUBCUADROS	FUNCIÓN	Alumbrado público
Nº CONTADOR	-	-	COMPAÑÍA DISTRIBUIDORA	VIESGO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.L.
Cuadro General de Mando y Protección				
MONTAJE	Elevado	ROTULACIÓN		No
ALTURA de 0,3 A 2 m	Sí	MATERIAL DEL CUADRO		Poliéster
Protecciones y Cableado				
MAGNETOTÉRMICO GENERAL	Sí	PROTECCIÓN SOBRETENSIONES		No
MAGNETOTÉRMICO CIRCUITOS	Sí	IDENTIFICACIÓN DE CIRCUITOS		No
DIFERENCIAL GENERAL	Sí	TIERRA		Sí
DIFERENCIAL CIRCUITOS	Sí	TENSIÓN		Baja tensión – 3x230/400V
Maniobra y Sistemas de Ahorro				
TIPO DE ENCENDIDO	Reloj astronómico	SISTEMAS EXISTENTES		-
ENCENDIDO MANUAL	Sí	INDICATIVO ICP		Instalado
SISTEMA DE TELEGESTIÓN	Operativa con curva de carga horaria	DERECHOS DE EXTENSIÓN		6,928 kW
BATERÍA DE CONDENSADORES	No	PROPIEDAD EQUIPO DE MEDIDA		Empresa distribuidora
Estado General				
CABLEADO	Correcto	ARMARIO		Correcto
PROTECCIONES	Correcto	ESTADO		Correcto
EJECUCIÓN	Correcto	SISTEMA DE ENCENDIDO/APAGADO		Correcto
FUNCIONAMIENTO	Correcto	POSIBILIDAD DE AMPLIACIÓN		No
OBSERVACIONES	18 puntos de luz			

Una vez recogida información técnica, se presentan varias fotografías tomadas del propio punto de suministro.

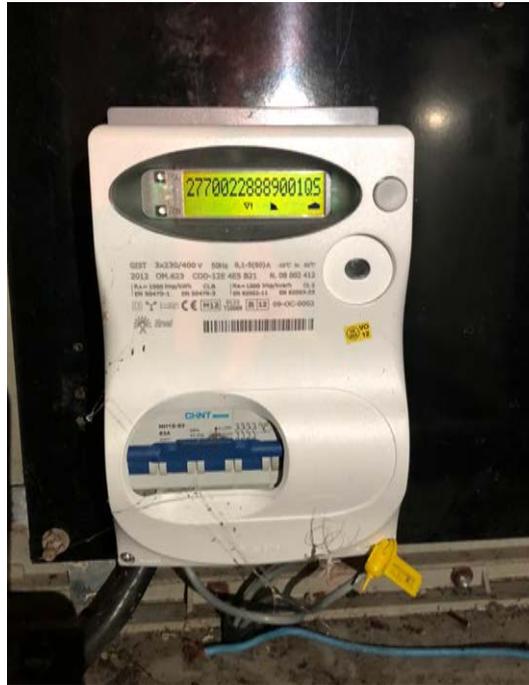


Imagen 5.4: Módulo de medida (contador – AP01). Fuente: Elaboración propia.

En la fotografía en la que se muestra el módulo de medida, se puede leer en pantalla el código Cups asociado a este punto de suministro.

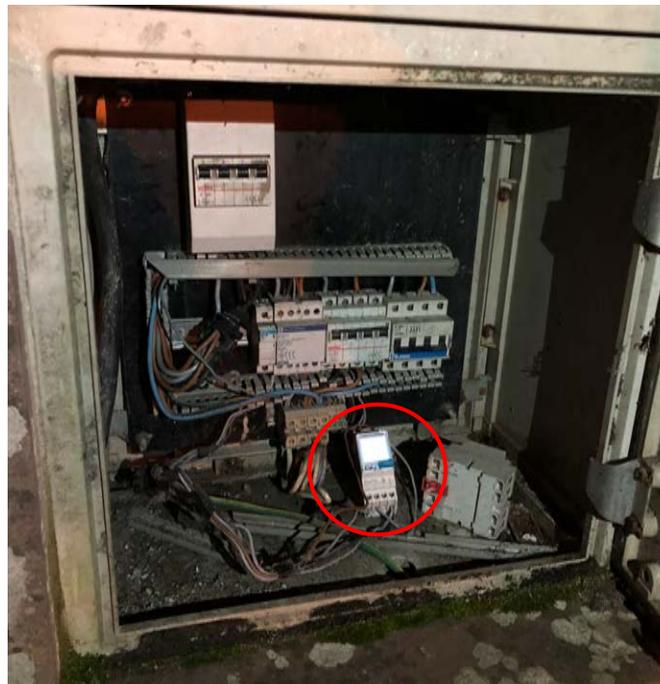


Imagen 5.5: Cuadro de mando (AP01). Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la fotografía, y también, se ha recogido en el inventario, la instalación está asociada a un controlador temporal que establece las horas de

funcionamiento del alumbrado gestionado por este punto de suministro. Concretamente, este equipo dispone de un encendido por reloj astronómico (en la imagen anterior aparece rodeado de rojo).

De manera que, la estructura que presenta el conjunto de este punto de suministro es la siguiente: en la parte superior se localiza el módulo de medida (contador), y en la parte inferior, el cuadro de mando correspondiente. Ambos equipos se encuentran en de partimentos diferentes, contando cada uno con su puerta de seguridad necesaria.



Imagen 5.6: Estructura del conjunto (AP01). Fuente: Elaboración propia.

El estado en el que se encuentra es correcto, aparentemente y por la sensación que genera visualmente, se puede deducir que cuenta con un cierto nivel de mantenimiento.

5.2.2.2. Puntos de luz.

El cuadro de mando (AP01) gestiona a 18 puntos de luz, a continuación, se recoge la información relevante de estos. Estos 18 puntos de luz son los encargados de abastecer de luz al puente, a la zona de la Iglesia de San Miguel y al parking nuevo situado al lado de la FEVE.

Tabla 5.8: Descripción de los puntos de luz asociados al cuadro de mando AP01. Fuente: Elaboración propia.

Puntos de luz		
Localización/zonas afectadas	Puente y alrededores	
Tipo de luminaria/tecnología	VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN (HPS)/FAROL	
Sistema de encendido	Reloj astronómico	
Potencia de las luminarias	100 W	-
	125 W	-
	150 W	16
	250 W	2
	1000 W (Halógenos)	-
Nº total de luminarias	18	
Potencia total (W)	2900	

Todos los puntos de luz asociados a este punto de suministro cuentan con un soporte tipo columna menos uno. A continuación, se adjuntan varias fotografías para documentar las luminarias correspondientes a este cuadro de alumbrado.



Imagen 5.7: Luminaria AP01. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 5.8: Luminaria AP01. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 5.9: Luminaria AP01. Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Descripción de la instalación.

Tabla 5.9: Potencia máxima instalada (kW). Fuente: Elaboración propia.

Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Potencia lámpara (W)	Equipo auxiliar	Potencia total (W)	Nº de luminarias	Potencia instalada (kW)
Farol	HPS	150	Si	195	16	3,120
Farol	HPS	250	Si	325	2	0,650

A modo orientativo y teórico, mediante la potencia instalada y el número de horas anuales de funcionamiento del alumbrado público, se puede estimar el consumo energético de la instalación.

Para realizar estos cálculos teóricos, se estima que el número total de horas de luz del alumbrado público es de 4.200 horas anuales, ya que se estima una media de 11,5 horas diarias.

Tabla 5.10: Consumo teórico máximo asociado a cada luminaria. Fuente: elaboración propia.

Tipo de luminaria	Nº de luminarias	Potencia instalada (kW)	Horas de funcionamiento (año)	Consumo anual (kWh/año)
Farol	16	3,12	4.200	13.104
Farol	2	0,65	4.200	2.730
Total	18			15.834

Teóricamente, según la potencia instalada, la instalación consume 15.834 kWh/año, prácticamente coincidiendo con el consumo inicial estimado en 15.373 kWh/año.

5.3. AP02: CUADRO 2 DE ALUMBRADO PÚBLICO.

La dirección de este punto de suministro es B^a CL LA ROBLEDA S/N JTO*126 BJO, se ubica en el antiguo edificio de Telefónica, detrás de la Bolera municipal y al lado del cuartel de la Policía Local.

Al igual que el anterior punto de suministro, este suministro se gestiona mediante un único cuadro de mando, el cual posee un único módulo de medida (contador), localizándose en esta misma ubicación. El acceso es sencillo, pudiendo llegar en coche hasta el mismo contador.

5.3.1. Situación energética actual.

Las características principales de este punto de suministro eléctrico y los consumos estimados se detallan a continuación:

Tabla 5.11: Datos del suministro eléctrico (AP02). Fuente: Elaboración propia.

Datos del suministro	
TITULAR	AYUNTAMIENTO DE REOCÍN
DIRECCIÓN DE SUMINISTRO	Bª CL LA ROBLEDA S/N JTO*126 BJO
CÓDIGO POSTAL	39530
CUPS	ES0027700228882001BFOF
DISTRIBUIDORA	VIESGO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.L.
COMERCIALIZADORA	VIESGO ENERGÍA, S.L.
TENSIÓN	BT
TARIFA DE ACCESO	2.1 DHA
POTENCIA CONTRATADA P1 (kW)	13,337
CONSUMO ANUAL (kWh)	38.433
COSTE MEDIO MENSUAL DE LA FACTURACIÓN (€)	626,36
COSTE ANUAL DE LA FACTURACIÓN (€)	7.516,27
PRECIO MEDIO (€)	0,20

Tabla 5.12: Consumo energético por periodos (AP02). Fuente: Elaboración propia.

Mes	Fecha inicio	Fecha final	Energía activa P1	Energía activa P3	Energía Total (kWh)
Sept-18	08/09/18	07/10/18	802,5	2.330	3.123,5
Ago-18	08/08/18	07/09/18	570	2.287,5	2.857,5
Jul-18	08/07/18	07/08/18	385	2.152,5	2.537,5
Jun-18	08/06/18	07/07/18	322,5	2.022,5	2.345
May-18	08/05/18	07/06/18	412,5	2.127,5	2.540
Abr-18	08/04/18	07/05/18	552,5	2.190	2.742,5
Mar-18	08/03/18	07/04/18	727,5	2.452,5	3.180
Feb-18	08/02/18	07/03/18	807,5	2.450	3.257,5
Ene-18	08/01/18	07/02/18	1.050	2.792,5	3.842,5
Dic-17	08/12/17	07/01/18	1.217,5	2.855	4.072,5
Nov-17	08/11/17	07/12/17	1.210	2.790	4.000
Oct-17	08/10/17	07/11/17	1.130	2.795	3.925

Este punto de suministro (AP02) cuenta con el mayor consumo energético de los CUPS estudiados. Comparándolo con el punto de suministro anterior, ambos con discriminación horaria contratada, vemos la diferencia entre sus consumos, a groso modo, distan en 22.000kWh/año. Esta gran desigualdad, genera que este punto de suministro haya subido un peldaño en cuanto a rango tarifario, ya que tiene contratada una tarifa 2.1DHA, en vez de una 2.0DHA, como tiene contratado el primer suministro.

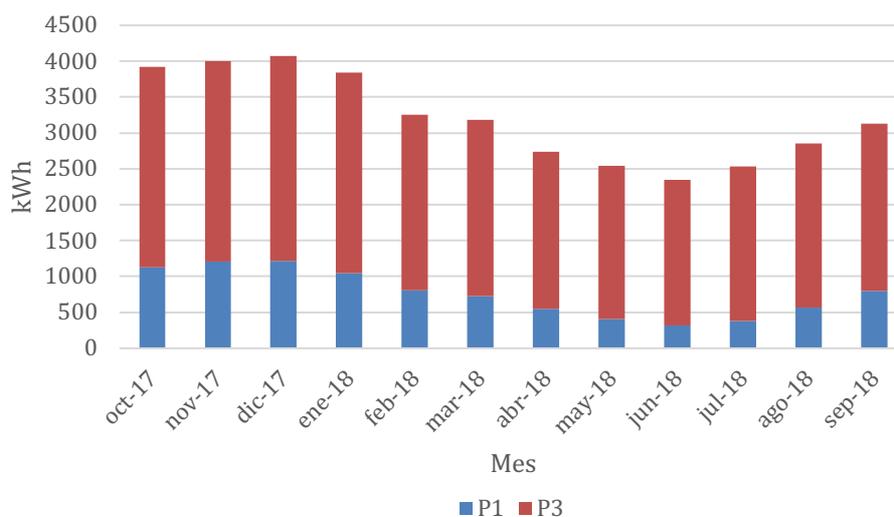


Gráfico 5.3: Distribución del consumo energético por periodos (AP02). Fuente: Elaboración propia.

Tanto la tendencia, como la distribución de sus consumos, es prácticamente idéntica al primer punto de suministro, debido a las mismas razones. Al ser un alumbrado exterior se beneficia claramente de tarifas que cuenten con discriminación horaria.

5.3.2. Inventario de equipos.

A continuación, se presenta el informe referente al punto de suministro correspondiente a AP02.

5.3.2.1. Cuadro de mando.

Tabla 5.13: Inventario de la instalación (AP02). Fuente: Elaboración propia.

Datos Generales del Cuadro (AP02)				
LOCALIDAD	Puente San Miguel	PPAL o SUBC	PROVINCIA	Cantabria
DIRECCIÓN	Bª CL LA ROBLEDA S/N JTO*126 BJO	PRINCIPAL	C.P.	39530
CIF. ABONADO	-		COORD. UTM	X: 412222; Y: 4802190.7
CUPS	ES0027700228882001BF0F	Nº de SUBCUADROS	FUNCIÓN	Alumbrado público
Nº CONTADOR	-	-	COMPAÑÍA DISTRIBUIDORA	VIESGO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.L.
Cuadro General de Mando y Protección				
MONTAJE	Elevado	ROTULACIÓN		No
ALTURA de 0,3 A 2 m	Sí	MATERIAL DEL CUADRO		Poliéster
Protecciones y Cableado				
MAGNETOTÉRMICO GENERAL	Sí	PROTECCIÓN SOBRETENSIONES		No
MAGNETOTÉRMICO CIRCUITOS	Sí	IDENTIFICACIÓN DE CIRCUITOS		No
DIFERENCIAL GENERAL	Sí	TIERRA		Sí
DIFERENCIAL CIRCUITOS	Sí	TENSIÓN		Baja tensión – 3x230/400V
Maniobra y Sistemas de Ahorro				
TIPO DE ENCENDIDO	Fotocélula	SISTEMAS EXISTENTES		-
ENCENDIDO MANUAL	Sí	INDICATIVO ICP		Instalado
SISTEMA DE TELEGESTIÓN	Sin telegestión	DERECHOS DE EXTENSIÓN		13,337 kW
BATERÍA DE CONDENSADORES	No	PROPIEDAD EQUIPO DE MEDIDA		Empresa distribuidora
Estado General				
CABLEADO	Correcto	ARMARIO		Correcto
PROTECCIONES	Correcto	ESTADO		Correcto
EJECUCIÓN	Correcto	SISTEMA DE ENCENDIDO/APAGADO		Correcto
FUNCIONAMIENTO	Correcto	POSIBILIDAD DE AMPLIACIÓN		No
OBSERVACIONES	44 puntos de luz			

Las siguientes imágenes dejan constancia de que el módulo de medida se corresponde con el CUPS señalado anteriormente. Además, esta instalación presenta un buen estado, el mejor de las tres estudiadas. Al ser el punto de suministro más importante de la zona, los compartimentos se encuentran bajo llave, solo teniendo acceso los electricistas responsables de este tipo de instalaciones.



Imagen 5.10: Módulo de medida (contador – AP02). Fuente: Elaboración propia.



Imagen 5.11: Estructura del conjunto (AP02). Fuente: Elaboración propia.

5.3.2.2. Puntos de luz.

El cuadro de mando (AP02), cuenta con 44 puntos de luz, a continuación, se recoge la información más importante de estos. Estos 44 puntos de luz son los encargados de iluminar a toda La Robleda, desde la bajada del puente hasta el inicio del Colegio Público Cantabria, exceptuando el parque del Auditorio, el cual cuenta con un punto de suministro propio (tercer CUPS estudiado).

Tabla 5.14: Descripción de los puntos de luz asociados al cuadro de mando AP02. Fuente: Elaboración propia.

Puntos de luz		
Localización/zonas afectadas	La Robleda	
Tipo de luminaria/tecnología	VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN (HPS)/FAROL	
Sistema de encendido	Fotocélula	
Potencia de las luminarias	100 W	-
	125 W	-
	150 W	44
	250 W	-
	1000 W (Halógenos)	-
Nº total de luminarias	44	
Potencia total (W)	6600	

Del total de 44 luminarias, 39 presentan un soporte tipo columna por luminaria, mientras que las 5 restantes, se encuentran instaladas mediante un único soporte tipo columna, como se aprecia en la imagen 13.



Imagen 5.12: Luminaria AP02. Fuente: Elaboración propia.



Imagen 5.13: Luminaria AP02. Fuente: Elaboración propia.

5.3.3. Descripción de la instalación.

Tabla 5.15: Potencia máxima instalada (kW). Fuente: Elaboración propia.

Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Potencia de lámpara	Equipo auxiliar	Potencia total (W)	Nº de luminarias	Potencia instalada (kW)
Farol	HPS	150	Si	195	44	8,58

Como también se hizo para el anterior punto de suministro, se calcula el consumo teórico para comprobar que las estimaciones iniciales se encuentran en un rango de precisión válida para el estudio. El consumo energético inicial, determinado mediante el estudio de los consumos facturados facilitados por el Ayuntamiento, se estima en 38.433 kWh/año.

Tabla 5.16: Consumo teórico máximo asociado a cada luminaria. Fuente: elaboración propia.

Tipo de luminaria	Nº de luminarias	Potencia instalada (kW)	Horas de funcionamiento (año)	Consumo anual (kWh/año)
Farol	44	8,58	4.200	36.036

El análisis teórico establece un consumo de 36.036 kWh/año, luego ambos presentan el mismo orden de magnitud, con lo cual, se puede tomar la estimación como correcta.

5.4. AP03: CUADRO 3 DE ALUMBRADO PÚBLICO.

El tercer, y último punto de suministro, se localiza en el parque de la Robleda, junto al Auditorio. Su dirección de suministro es B^a LA ROBLEDA S/N S/N 9505 BJO.

Este punto de suministro también se gestiona mediante un cuadro de mando. El módulo de medida (contador) se encuentra a unos 30 metros del cuadro de mando, localizado en la carretera general, justo en la entrada del parque por el lado del Colegio Público Cantabria. Esta ubicación del contador, alejado del cuadro de mando, se debe a facilitar el acceso a la hora de tomar las medidas pertinentes.

5.4.1. Situación energética actual.

A continuación, se recogen las características principales y los consumos estimados de este último punto de suministro eléctrico analizado.

Tabla 5.17: Datos del suministro eléctrico (AP03). Fuente: Elaboración propia.

Datos del suministro	
TITULAR	AYUNTAMIENTO DE REOCÍN
DIRECCIÓN DE SUMINISTRO	B ^a LA ROBLEDA S/N S/N 9505 BJO
CÓDIGO POSTAL	39530
CUPS	ES0027700228894001GR0F
DISTRIBUIDORA	VIESGO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.L.
COMERCIALIZADORA	VIESGO ENERGÍA, S.L.
TENSIÓN	BT
TARIFA DE ACCESO	2.1 A
POTENCIA CONTRATADA P1 (kW)	13,164
CONSUMO ANUAL (kWh)	11.108
COSTE MEDIO MENSUAL DE LA FACTURACIÓN (€)	251,27
COSTE ANUAL DE LA FACTURACIÓN (€)	3.015,26
PRECIO MEDIO (€)	0,28

Tabla 5.18: Consumo energético por periodos (AP03). Fuente: Elaboración propia.

Mes	Fecha inicio	Fecha final	Energía activa P1	Energía Total (kWh)
Sept-18	08/09/18	07/10/18	925	925
Ago-18	08/08/18	07/09/18	830	830
Jul-18	08/07/18	07/08/18	687	687
Jun-18	08/06/18	07/07/18	677	677
May-18	08/05/18	07/06/18	710	710
Abr-18	08/04/18	07/05/18	733	733
Mar-18	08/03/18	07/04/18	940	940
Feb-18	08/02/18	07/03/18	936	936
Ene-18	08/01/18	07/02/18	1.080	1.080
Dic-17	08/12/17	07/01/18	1.209	1.209

Nov-17	08/11/17	07/12/17	1.172	1.172
Oct-17	08/10/17	07/11/17	1.169	1.169

Este punto de suministro no cuenta con discriminación horaria, luego, como se detalla en el apartado de propuestas de mejora, se recomienda el cambio de la tarifa actual (2.1A) a otra con estas prestaciones, como la tarifa 2.1DHA.

Mediante los consumos energéticos anteriores, se elabora el siguiente gráfico, que, a diferencia de los dos suministros anteriores, solo presenta consumo en el periodo 1, esto es consecuencia a que la tarifa contratada actualmente solo cuenta con una única franja horaria de facturación.

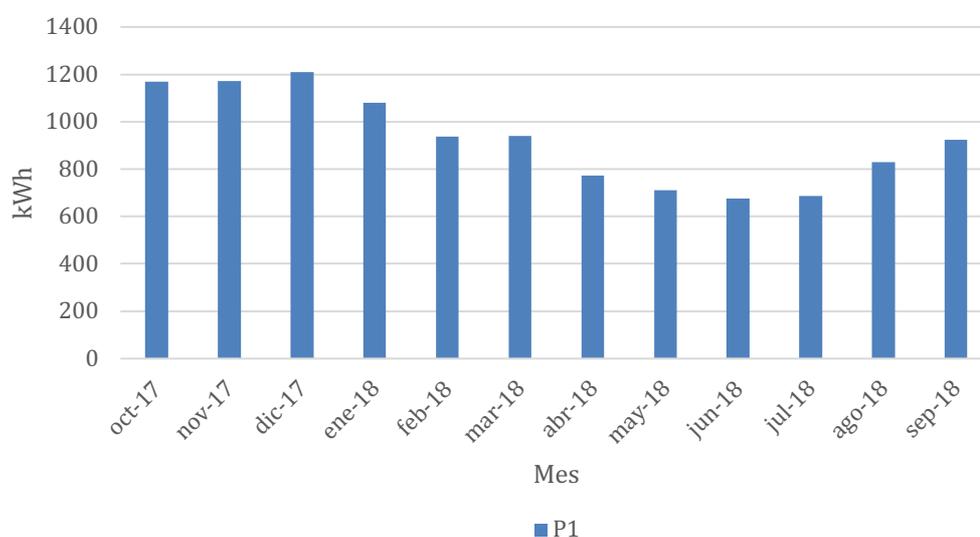


Gráfico 5.4: Distribución del consumo energético por periodos (AP03). Fuente: Elaboración propia.

La tendencia de consumo energético en este punto de suministro mantiene la correspondencia directa con la época del año, a más horas de luz naturales, menos horas de luz artificiales.

5.4.2. Inventario de equipos.

La tendencia de consumo energético en este punto de suministro mantiene la correspondencia directa con la época del año, a más horas de luz naturales, menos horas de luz artificiales.

5.4.2.1. Cuadro de mando.

Tabla 5.19: Inventario de la instalación (AP03). Fuente: Elaboración propia.

Datos Generales del Cuadro (AP03)				
LOCALIDAD	Puente San Miguel	PPAL o SUBC	PROVINCIA	Cantabria
DIRECCIÓN	Bª LA ROBLEDA S/N S/N 9505 BJO	PRINCIPAL	C.P.	39530
CIF. ABONADO	-		COORD. UTM	X: 412222; Y: 4802190.7
CUPS	ES0027700228894001GR0F	Nº de SUBCUADROS	FUNCIÓN	Alumbrado público
Nº CONTADOR	-	-	COMPAÑÍA DISTRIBUIDORA	VIESGO DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA, S.L.
Cuadro General de Mando y Protección				
MONTAJE	Suelo	ROTULACIÓN		No
ALTURA de 0,3 A 2 m	No	MATERIAL DEL CUADRO		Metal
Protecciones y Cableado				
MAGNETOTÉRMICO GENERAL	Sí	PROTECCIÓN SOBRETENSIONES		No
MAGNETOTÉRMICO CIRCUITOS	Sí	IDENTIFICACIÓN DE CIRCUITOS		No
DIFERENCIAL GENERAL	Sí	TIERRA		Sí
DIFERENCIAL CIRCUITOS	Sí	TENSIÓN		Baja tensión – 3x220/380V
Maniobra y Sistemas de Ahorro				
TIPO DE ENCENDIDO	Reloj astronómico	SISTEMAS EXISTENTES		-
ENCENDIDO MANUAL	Sí	INDICATIVO ICP		Instalado
SISTEMA DE TELEGESTIÓN	Operativa con curva de carga horaria	DERECHOS DE EXTENSIÓN		13,164 kW
BATERÍA DE CONDENSADORES	No	PROPIEDAD EQUIPO DE MEDIDA		Empresa distribuidora
Estado General				
CABLEADO	Correcto	ARMARIO		Deficiente
PROTECCIONES	Deficiente	ESTADO		Deficiente
EJECUCIÓN	Correcto	SISTEMA DE ENCENDIDO/APAGADO		Correcto
FUNCIONAMIENTO	Correcto	POSIBILIDAD DE AMPLIACIÓN		No
OBSERVACIONES	36 puntos de luz			

La siguiente fotografía muestra el CUPS asociado a este punto de suministro, mostrado en pantalla del módulo de medida correspondiente.



Imagen 5.14: Módulo de medida (contador – AP03). Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el estado en el que se encuentra el cuadro de mando y el armario, son sin lugar a duda, deficientes, tal y como se muestra en las siguientes imágenes.



Imagen 5.15: Estructura del conjunto (AP03). Fuente: Elaboración propia.



Imagen 5.16: Estructura del conjunto (AP03). Fuente: Elaboración propia.

El armario no presenta ningún tipo de aislamiento, se encuentra roña prácticamente por toda su estructura y en el suelo del interior del propio cuadro, se han encontrado hojas de árboles, palos, incluso barro. Obviamente, esta instalación no cumple con la normativa, por lo que se debe proceder a su cambio de inmediato, instalando y armando un cuadro de mando y control que garantice el cumplimiento de la normativa vigente.

5.4.2.2. Puntos de luz.

El cuadro de mando correspondiente al AP03, tiene a su cargo a 36 puntos de luz. A continuación, se recoge la información más importante de estos. Los 36 puntos de luz señalados son los encargados de iluminar a todo el parque del Auditorio.

Tabla 5.20: Descripción de los puntos de luz asociados al cuadro de mando AP03. Fuente: Elaboración propia.

Puntos de luz		
Localización/zonas afectadas	Parque del Auditorio	
Tipo de luminaria/tecnología	VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN (HPS)/FAROL	
Sistema de encendido	Reloj astronómico	
Potencia de las luminarias	100 W	30
	125 W	-
	150 W	-
	250 W	-
	1000 W (Halógenos)	6
Nº total de luminarias	36	
Potencia total (W)	9000	

Todos los puntos de luz asociados a este punto de suministro cuentan con un soporte tipo columna, y el tipo de luminaria, se define con la siguiente imagen.



Imagen 5.17: Luminaria AP03. Fuente: Elaboración propia.

5.4.3. Descripción de la instalación.

Tabla 5.21: Potencia máxima instalada (kW). Fuente: Elaboración propia.

Tipo de luminaria	Tipo de lámpara	Potencia lámpara (W)	Equipo auxiliar	Potencia total (W)	Nº de luminarias	Potencia instalada (kW)
Farol	HPS	100	Si	130	30	3,9
Farol	Halógeno	1000	Si	-	6	6,0

Como se aprecia en la tabla anterior, a las luminarias tipo halógenos no se les aplica el coeficiente del 30% considerado por la reactancia, ya que estos equipos no presentan este tipo de caídas.

Tabla 5.22: Consumo teórico máximo asociado a cada luminaria. Fuente: elaboración propia.

Tipo de luminaria	Nº de luminarias	Potencia instalada (kW)	Horas de funcionamiento (año)	Consumo anual (kWh/año)
Farol	30	3,9	4.200	16.380
Farol	6	6,0	4.200	25.200
Total	36			41.580

El consumo teórico calculado mediante la potencia máxima demanda por los equipos está muy por encima del consumo inicial estimado, estimación equivalente al último año facturado. Esto se debe a que este punto de suministro no está dimensionado adecuadamente. Luego, además del cambio tarifario señalado anteriormente, se deberá optimizar la potencia contratada.

5.5. CONCLUSIONES E INTRODUCCIÓN A LAS MEJORAS.

Las instalaciones del alumbrado público exterior analizadas anteriormente, se encuentran, en general, en un buen estado de mantenimiento, como bien se ha dejado constancia mediante fotografías de las propias instalaciones. Las tres instalaciones cuentan con sistemas y equipos relativamente nuevos, actualizados hace pocos años.

A continuación, se analiza brevemente las partes que conforman estas instalaciones, todas las detalladas han sido visitadas y analizadas en compañía del electricista responsable de las mismas.

En primer lugar, los tres puntos de suministro presentan un buen estado, al menos visualmente, tanto de las cajas de conexión de la acometida, como de sus respectivas protecciones. Además, destacar que la línea de acometida funciona correctamente.

Respecto a la caja de general de protección, los equipos incluidos en los cuadros de mando, como los equipos de medida de energía eléctrica, el interruptor de control de potencia, el conmutador tetrapolar, el contactor, el termostato, las resistencias, los fusibles de protección, diferenciales, etc., se encuentran en buen estado, funcionando correctamente y a pleno rendimiento, rara es la ocasión que estos sistemas presenten algún tipo de fallo. Por lo que el mantenimiento de estos se puede calificar como excelente.

En cuanto a la estructura y distribución que presentan los cuadros de mando, es destacable que los cuadros de mando correspondientes al AP01 y AP02 cuentan con una excelente estructuración, además, tanto el conexionado de los cables como su estado es bueno, y los equipos están relativamente limpios. La envolvente de estos cuadros de mando es buena, con su correspondiente cerradura para que solo el personal responsable pueda acceder a estas instalaciones. Por otro lado, se encuentra el cuadro de mando correspondiente al AP03, cuyo estado es muy deficiente, tal y como se puede observar en las imágenes 15 y 16, el armario encargado de su envolvente se encuentra muy deteriorado, no cumple ni sus funciones ni la normativa vigente. Referente a este cuadro de mando y bajo sorpresa, es destacable que sus equipos funcionan correctamente como se ha señalado al principio de este análisis, pero una instalación de este tipo no puede tener el aspecto que presenta, tanto por la propia normativa vigente, como por la seguridad de los transeúntes de la zona, ya que, además, es una zona muy transitada por niños por la cercanía de un parque.

Al igual que la línea de acometida, la línea repartidora, responsable de la conexión de los cuadros de mando con los puntos de luz, también presenta un estado óptimo.

Al analizar los puntos de luz, los 98 puntos analizados se encuentran en buen estado. Actualmente la zona presenta algún punto de luz fundido, pero sin tardar, el personal responsable procederá a su recambio, como bien hacen habitualmente. La rapidez con la que los responsables tratan las averías que surgen en esta zona se cuenta por días.

Redactado este pequeño análisis, es evidente que estas instalaciones se pueden mejorar, de manera que se va a hacer una pequeña introducción a estas mejoras que se presentan en el siguiente capítulo.

La mejora principal que se plantea en este estudio es la introducción de la tecnología LED en la iluminación exterior de la zona estudiada, buscando una optimización de las instalaciones, un beneficio económico y el ser responsable con el medio ambiente, ya que la mejora planteada reduce las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Actualmente, las tres instalaciones cuentan con tecnología HPS, muy extendida por los municipios españoles, pero que cada vez está delegando en el LED.

Otro ámbito de aplicación de mejoras es actuar en los elementos de maniobra, tanto el AP01 y el AP03, cuentan con el sistema más eficiente en la actualidad, siendo este el reloj astronómico. Por el contrario, el punto de suministro correspondiente al AP02, integra un sistema de encendido basado en una fotocélula, en cual en ocasiones no optimiza bien las horas de funcionamiento, por esta razón, se plantea el cambio de este sistema por un reloj astronómico.

Además, para intentar reducir al máximo los consumos energéticos de las instalaciones estudiadas, y las consecuencias que esta reducción de consumo genera, se procede a analizar y optimizar la facturación eléctrica para cada uno de los puntos de suministros.

Para finalizar con este capítulo número 5, dedicado al análisis de los diferentes puntos de suministro pertenecientes al estudio, se presenta la siguiente tabla, donde se relaciona qué cuadro de alumbrado es susceptible a la aplicación de cada mejora propuesta.

Tabla 5.23: Relación de puntos de suministro con la aplicación de mejoras. Fuente: Elaboración propia.

Código	Consumo de energía anual (kWh/año)	Emisiones (kg CO ₂ /año)	Actuaciones en los elementos de maniobra	Implantación tecnología LED	Optimización de la factura eléctrica
AP01	15.373	5.073,09	No	Sí	Sí (potencia)
AP02	38.433	12.682,89	Sí	Sí	No
AP03	11.108	3.665,64	No	Sí	Sí (DHA)

Los resultados obtenidos para cada una de las propuestas de mejora se detallan en el siguiente capítulo.

6. CAPÍTULO 6: PROPUESTAS DE MEJORA. VIABILIDAD ECONÓMICA.

6.1. MEJORA 1: ACTUACIÓN EN LOS ELEMENTOS DE MANIOBRA.

6.1.1. Descripción de la mejora.

El sistema de mando, control y mantenimiento del conjunto de las instalaciones que conforman el alumbrado público exterior es uno de los aspectos que más quebraderos de cabeza genera a los responsables de su gestión. Tanto, un mal dimensionamiento, como una mala actuación o un mal mantenimiento de las propias instalaciones, repercute directamente en un incremento económico en la facturación.

Una gestión deficiente del alumbrado público exterior genera situaciones como las siguientes:

- Equipos de alumbrado apagados o encendidos a deshora, suponiendo la no iluminación de la zona o el consumo energético innecesario, respectivamente.
- Materiales defectuosos y deterioros de la instalación por el paso del tiempo o por la prolongación de situaciones de avería no reparadas en un periodo de tiempo razonable.
- Mala uniformidad de la luz emitida por los equipos del alumbrado público, suponiendo un peligro para los transeúntes y circundantes.

En la actualidad, muchos son los municipios que están tratando de reducir su facturación eléctrica, y para ello, se está incidiendo en los sistemas de mando y control del alumbrado público.

En este punto del estudio, se analizan las posibles mejoras referente a estos sistemas de maniobra que inciden en el propio alumbrado.

Actualmente, los sistemas de mando y control más extendidos por los municipios de nuestro país son:

- *Interruptor crepuscular*: se basa en una fotocélula eléctrica, la cual manda un impulso eléctrico en función de la iluminación captada del ambiente, de tal modo, que cuando se genera un impulso por falta de luz, este llega a un contactor que acciona y pone en marcha la instalación. Las dificultades con las que se encuentra este tipo de sistema de accionamiento, a grandes rasgos, son las siguientes:
 - Actualmente desvalorizado por otros sistemas más eficientes.
 - La suciedad del sensor y/o la contaminación del ambiente les afecta.
 - Las variaciones climatológicas pueden producir encendidos o apagados a deshora de la instalación.
- *Interruptor horario*: este sistema de mando y control, lidia con todas las dificultades citadas anteriormente, que, para contrarrestarlas, al interruptor crepuscular se le suele acoplar en serie un interruptor horario, siendo ambos sistemas juntos, más fiables. El interruptor horario presenta una programación la cual garantiza el no encendido o el no apagado de la instalación en periodos horarios que no deba, mediante la apertura o cierre de circuitos eléctricos responsables del accionamiento de la instalación. Normalmente, esta

programación se efectúa dos veces al año, teniendo en cuenta las horas de luz naturales.

- *Interruptor astronómico:* este tipo de encendido genera internamente un cálculo automático de la hora de salida y puesta del sol, según los Ortos y Ocasos de la ubicación geográfica de la instalación, permitiendo aprovechar al máximo la luz solar. De modo, que, mediante este sistema, autorregulable, las instalaciones se conectan diariamente según la hora de salida y puesta del sol. La implementación de este tipo de encendido al sistema de iluminación no implica un alto coste de instalación, y garantiza la reducción del consumo energético, con el consiguiente beneficio económico y medioambiental.

Los sistemas de relojes astronómicos poco a poco están sustituyendo a los anteriores sistemas instaurados, puesto que estos son el elemento de maniobra más eficaz en la actualidad.

La combinación de relojes astronómicos y sistemas de iluminación LED, pueden reducir el consumo energético considerablemente, y, además, esta asociación de tecnologías colabora de forma directa con la reducción de la huella de carbono.

Esta medida de mejora se aplica al punto de suministro asociado al AP02, ya que los otros dos puntos de suministro estudiados ya cuentan con este tipo de sistema integrado en sus respectivas instalaciones.

6.1.2. Costes unitarios.

El coste económico presentado, referente a un único sistema de interruptor astronómico, incluye tanto el precio del elemento de maniobra, como la mano de obra asociada a su instalación.

Tabla 6.1: Coste unitario de la propuesta de mejora. Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Unidades	P.V.P. Ud.	Importe (€)
Reloj astronómico	1	210	210

A continuación, se muestra el reloj astronómico considerado en el estudio, este recibe el nombre de MINIASTRO, distribuido por AFEISA.



Imagen 6.1: MINIASTRO. Fuente: AFEISA (catálogo).

La peculiaridad de este reloj se basa en la integración de tres salidas de maniobra independientes en su sistema, como se puede apreciar en el siguiente esquema [1].

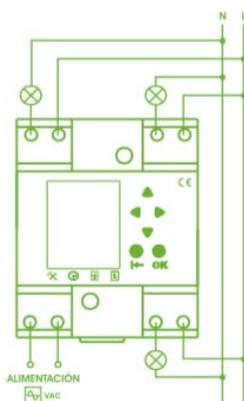


Imagen 6.2: Esquema MINIASTRO. Fuente: AFEISA (catálogo).

6.1.3. Aplicación de la mejora.

Como se ha indicado con anterioridad, esta mejora solo es aplicable al cuadro de mando correspondiente al AP02, ya que los otros dos puntos de suministro estudiados ya cuentan con este elemento de maniobra instalado en sus respectivas instalaciones.

Tabla 6.2: Aplicación de la mejora respecto a los cuadros de mando estudiados. Fuente: Elaboración propia.

Código	Elemento de maniobra	Aplicación de la mejora
AP01	Reloj astronómico	No
AP02	Fotocélula	Sí
AP03	Reloj astronómico	No

Los estudios teóricos sobre la implantación de estos sistemas en instalaciones de alumbrado exterior establecen una optimización de, al menos, un 5% de las horas de funcionamiento de las instalaciones.

Para el siguiente cálculo teórico, se siguen manteniendo las 4.200 horas de funcionamiento a fin de unificar un valor medio durante todo el estudio, pero lo real es que éstas horas, para el AP02, deberían presentar un valor más alto. Este razonamiento se fundamenta en que el interruptor crepuscular es menos eficiente que el reloj astronómico, y como se ha detallado anteriormente, el AP01 y el AP03 integran reloj astronómico en sus instalaciones, luego, realmente, el AP01, el AP02 y el AP03 no podrían presentar las mismas horas de funcionamiento por la diferencia entre sus equipos.

De manera que, suponiendo 4.200 horas de funcionamiento, e integrando el reloj astronómico en el AP02, la instalación pasará a un régimen de funcionamiento de 3.990 horas anuales, suponiendo una reducción de 210 horas al año.

Esta optimización en las horas de funcionamiento de la instalación trasciende en un beneficio económico y medioambiental, quedando estos recogidos en la siguiente tabla.

Tabla 6.3: Horas de funcionamiento, ahorros energéticos, económicos y reducción de emisiones de CO₂ (estimación). Fuente: Elaboración propia.

	Horas de funcionamiento (año)	Consumo energético (kWh)	Coste económico (€/año)	Emisiones (kg CO ₂ /año)
Actual	4.200	38.433	7.516,27	28.536,50
Optimizado	3.990	34.234,20	6.846,84	25.418,89
Ahorro		4.198,80	669,43	3.117,61

Luego, si relacionamos el ahorro económico, con la inversión inicial del coste unitario del sistema de mejora (interruptor astronómico), se obtiene el periodo de retorno de la operación, el cual es el siguiente:

Tabla 6.4: Periodo de amortización de la propuesta de mejora. Fuente: Elaboración propia.

Inversión (€/unidad)	Ahorro económico (€/año)	Periodo de retorno (año)
210	669,43	0,31

El periodo de amortización es muy favorable. A los 4 meses de la instalación de esta mejora se obtendría un beneficio de 13,14 €.

El gráfico representado a continuación, incide en el periodo de amortización de esta mejora, destacando los tres puntos clave durante el primer año: situación económica en el mes inicial, en el mes en el que se amortiza la operación, y en el mes que cumple el año desde la instalación de la mejora.

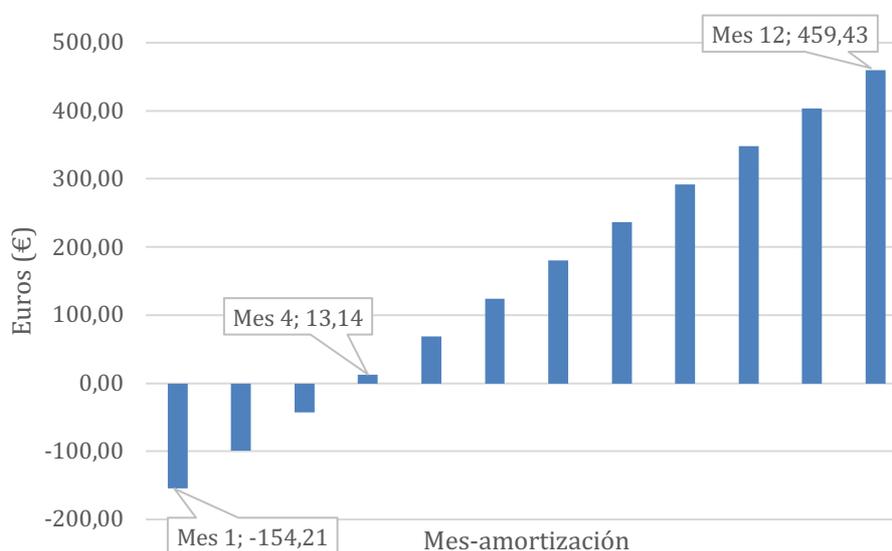


Gráfico 6.1: Periodo de retorno de la mejora. Fuente: Elaboración propia.

6.1.4. Resumen de la aplicación de la mejora.

A continuación, se presenta una tabla a modo de resumen de los ahorros totales que se pueden llegar a obtener si se implanta la medida de mejora propuesta en cuanto a los

elementos de maniobra de las instalaciones de alumbrado, ahorros tanto energéticos, como económicos y medioambientales.

Tabla 6.5: Resultados finales de la operación. Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de mejora	
Cuadro	CM02
Consumo actual (kWh)	38433
Consumo optimizado (kWh)	34234,2
Ahorro estimado (kWh)	4198,8
Coste actual (€/año)	7516,27
Coste optimizado (€/año)	6846,84
Ahorro estimado (€/año)	669,43
Emisiones actuales (kg CO ₂ /año)	28536,5
Emisiones optimizadas (kg CO ₂ /año)	25418,89
Ahorro estimado (kg CO ₂ /año)	3117,61
Inversión (€)	210
Periodo de amortización (año)	0,31

6.2. MEJORA 2: IMPLANTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LED.

Como se ha indicado en varias ocasiones durante el presente documento, el estudio llevado a cabo corresponde a una auditoría energética de primer grado, la cual se enfoca como un estudio previo imprescindible para posteriormente decidir si se va a llevar a cabo una actuación futura.

Una vez presentada la viabilidad económica y los ahorros pertinentes, será responsabilidad del Ayuntamiento aceptar o rechazar las mejoras propuestas. En caso de ser aceptadas, se deberá proceder a la realización de un proyecto como tal, empleando software para el dimensionamiento de las instalaciones estudiadas, actuando con un alto grado de detalle, incidiendo y controlando todos y cada uno de los parámetros de los que depende la propia iluminación exterior. Los softwares dedicados al diseño de iluminación, como todos los tipos de softwares, se pueden encontrar en dos formatos: los libres o gratuitos, donde destaca DIALux, o los de licencia, como es el caso del software AGI32, dedicado a un uso más profesional que el anterior.

Durante todo este punto del estudio, donde se detalla la propuesta de mejora referente a los equipos de iluminación, los consumos energéticos considerados son los calculados a partir de la potencia de los equipos conectados a los propios puntos de suministro.

Respecto a la elección de las luminarias, todas y cada una de las luminarias propuestas cumplen con los niveles de iluminación y requerimientos técnicos exigidos por el “*Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y su Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07*” [18].

El reglamento anteriormente citado, tal y como hace prever su propio nombre, establece las directrices a seguir respecto a las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que han de reunir las instalaciones de alumbrado exterior, a fin de mejorar la eficiencia y el ahorro energético, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, limitar el resplandor luminoso nocturno y reducir la luz intrusa o molesta.

Considerando esta normativa respecto al cambio de iluminación del propio estudio, se procede a definir los valores que debe de cumplir el alumbrado público exterior de La Robleda.

Antes de entrar en aspectos más técnicos respecto a la iluminación en sí, es necesario definir el tipo de vías e instalaciones que integran el estudio, ya que existe una amplia clasificación de estas por las características y funciones que desempeñan. Concretamente, el estudio analiza instalaciones de alumbrado vial ambiental, ya que, estas se encuentran sobre soportes de baja altura, de 3 a 5 metros, e iluminan vías peatonales, vías comerciales, aceras, parques, vías de velocidad limitada (límite de 30 km/h en toda la avenida de La Robleda), etc.

Además, la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02, considera las vías del estudio como situaciones de proyecto tipo D (vía de baja velocidad, donde la velocidad del tráfico rodado se encuentra en el rango de $5 < v < 30\text{km}$), concretamente se consideran D3 – D4 (calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada y zonas de velocidad muy limitada). En este tipo de vías, la clase de alumbrado a utilizar va en función del flujo de tráfico de peatones y ciclistas; si es alto, se utilizarán sistemas de alumbrado CE2 /S1/S2, y, si este es bajo, S3/S4. Además, como ya ha sido detallado anteriormente, la zona estudiada presenta dos parques, los cuales están abiertos al público durante las 24 horas al día, por lo que a estos se les consideran situaciones de proyecto tipo E, contando con sistemas de alumbrado tipo CE1A/CE2/S1, si el tráfico de peatones es alto o S2/S3/S4, si este es bajo.

Uno de los parámetros más importantes dentro de los cambios de una instalación de alumbrado, y evidentemente, dentro del presente estudio, es la eficiencia energética, la cual se define por la relación entre el producto de la superficie iluminada (S) y la iluminancia media en servicio de la instalación (E_m) considerando el mantenimiento previsto, entre la potencia activa total instalada (P)(1). Por otro lado, esta también se puede establecer mediante el producto de la eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares (ϵ_L), el factor de mantenimiento de la instalación (f_m) y el factor de utilización de la instalación (f_u)(2). Su unidad es el $\text{m}^2 \text{lux} / \text{W}$ y sus expresiones matemáticas son las siguientes:

$$\epsilon = \frac{S \times E_m}{P} \quad (1) \qquad \epsilon = \epsilon_L \times f_m \times f_u \quad (2)$$

La eficiencia energética de las instalaciones estudiadas han de cumplir, al menos, con los siguientes requerimientos:

- Los niveles de iluminación de la instalación estudiada no deben superar lo establecido en la ITC-EA-02, salvo excepción, que requerirá autorización previa del órgano competente de la Administración Pública.

- Referente al alumbrado vial, se deben cumplir con los requerimientos mínimos de eficiencia energética establecidos en la ITC-EA-01. Para el resto de las instalaciones de alumbrado, se han de cumplir los requisitos de factor de utilización, pérdidas de los equipos, factor de mantenimiento y otros establecidos en las instrucciones técnicas complementarias correspondientes.
- Por otra parte, en donde se requiera, se dispondrá de un sistema de accionamiento y de regulación del nivel luminoso, tal y como se define en la ITC-EA-04.

Respecto a los requerimientos mínimos de eficiencia energética, los valores obtenidos han de estar comprendidos y seguir los criterios establecidos en la siguiente tabla. En esta, también se recogen los valores de eficiencia energética de referencia, los cuales son imprescindibles a la hora de realizar los cálculos pertinentes para el propio estudio de la eficiencia energética.

Tabla 6.6: Requisitos mínimos de eficiencia energética y valores de eficiencia energética de referencia en instalaciones de alumbrado vial ambiental. Fuente: ITC-EA-01 (Real Decreto 1890/2008).

Iluminancia media en servicio - E_m (lux)	Eficiencia energética mínima - ϵ ($m^2 \text{ lux/W}$)	Eficiencia energética de referencia - ϵ_R ($m^2 \text{ lux/W}$)
≥ 20	9	13
15	7,5	11
10	6	9
7,5	5	7
≤ 5	3,5	5

Cuando los valores de la iluminancia media en servicio proyectada se encuentren comprendidos entre estos valores predeterminados, se deberá realizar una interpolación lineal para el cálculo de la eficiencia energética que se desee.

Otro parámetro importante dentro del estudio de la eficiencia energética en la iluminación es el índice de eficiencia energética (I_ϵ), definido como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación (ϵ) y el valor de la eficiencia energética de referencia (ϵ_R) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, esta última detallada en la tabla anterior.

Por otro lado, a la inversa del índice de eficiencia energética (I_ϵ), se le conoce como índice de consumo energético (ICE), el cual se emplea para graficar una escala que determina el nivel de eficiencia energética de la instalación. La escala se compone de siete letras, desde la A, a la G, comprendiendo los siguientes valores:

Tabla 6.7: Calificación energética de una instalación de alumbrado. Fuente: ITC-EA-01 (Real Decreto 1890/2008).

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

Estos rangos anteriores, se representan en la siguiente etiqueta energética, la cual mide el consumo energético de la instalación estudiada.

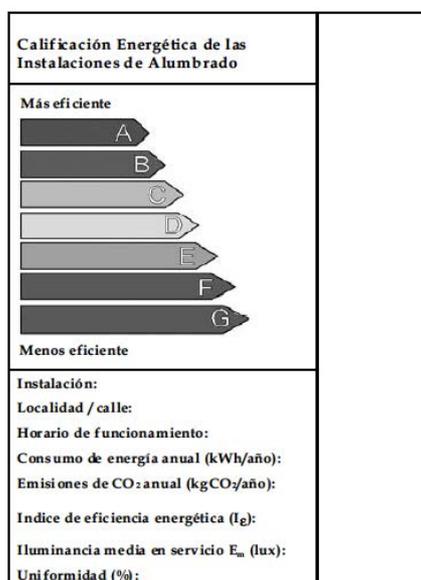


Imagen 6.3: Etiqueta energética. Fuente: ITC-EA-01 (Real Decreto 1890/2008).

Mediante la etiqueta anterior, se califican energéticamente las instalaciones estudiadas en función de su índice de eficiencia energética. La etiqueta se presentará en la documentación del proyecto una vez aprobado el presente estudio y, además, esta deberá ser adjuntada en las instrucciones que se entreguen a los titulares de las instalaciones, en este caso al propio Ayuntamiento de Reocín, proceder especificado en el artículo 10 del reglamento.

Respecto al nivel de iluminación, otro de los parámetros principales en este tipo de estudios, se entiende al conjunto de requerimientos luminotécnicos que presenta la instalación estudiada. Este parámetro comprende aspectos como la luminancia, iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, relación de entorno, etc. Este depende de varios factores, como, por ejemplo, el tipo de la vía, la complejidad del trazado, separación entre carriles, los sistemas para el orden del tráfico, entre otros. La zona estudiada de Puente San Miguel no presenta ningún tipo de complejidad en su trazado vial.

Los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones correspondientes a los equipos analizados de La Robleda, no deben superar en un 20% los niveles medios presentados a continuación, establecidos en la ITC-EA-02. Cabe destacar que, estos niveles están basados en la serie UNE-EN 13201 “Iluminación de carreteras” y son valores de referencia, no presentan un carácter obligatorio. De la misma manera sucede con otros parámetros, como, por ejemplo, el valor mínimo de iluminancia en un punto, el deslumbramiento o la iluminación de alrededores, estos no disponen de valores mínimos obligatorios, pero sí se deben contemplar para el diseño de la instalación.

A continuación, se recogen los niveles de iluminación de los viales que ha de presentar la zona de La Robleda. La tabla recoge valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación respecto a la iluminación horizontal del área de la calzada. El factor de mantenimiento (f_m) considerado en estas instalaciones ha de ser alto, y se establece en función de la lámpara, de la luminaria, del grado de contaminación y el tipo de mantenimiento preventivo de las instalaciones.

Tabla 6.8: Series S y CE de clase de alumbrado asociado al propio estudio. Fuente: ITC-EA-02 (Real Decreto 1890/2008).

Clase de alumbrado	Iluminancia media E_m (lux)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)
S1	15	5	-
S2	10	3	-
S3	7,5	1,5	-
S4	5	1	-
CE1A	25	-	0,4
CE2	20	-	0,4

En cuanto al resplandor luminoso nocturno y la luz intrusa o molesta, las instalaciones de alumbrado exterior se han de ajustar a los requisitos establecidos en la ITC-EA-03. Esta ITC pone de manifiesto que la tecnología LED, en la actualidad, no se encuentra completamente adaptada en nuestro país en términos legislativos, ya que, en la propia ITC-EA-03, no se contempla este tipo de tecnología, lo que genera un déficit de información del reglamento frente a esta tecnología puntera en el sector de la iluminación. Por lo que es necesario realizar una actualización en este el Reglamento referente a la iluminación exterior en el que se incluyan las nuevas tecnologías y sus potenciales beneficios.

Por resplandor luminoso nocturno o contaminación lumínica se conoce a la luminosidad producida en el cielo nocturno por la proyección y reflexión de la luz en gases, aerosoles y partículas en suspensión por la atmósfera, alimentadas por las instalaciones de alumbrado exterior mediante la emisión directa o por el reflejo de superficies iluminadas.

La Robleda se clasifica dentro de la zona E3 “Áreas de brillo o luminosidad media”, en cuanto a la protección contra la contaminación luminosa, ya que dispone de zonas urbanas residenciales, donde las calzadas están iluminadas, por lo que el flujo hemisférico superior instalado (FHS_{inst}) ha de ser menor o igual a un 15%. Además, se

iluminará de manera adecuada, incidiendo solamente en la superficie que se quiere dotar de alumbrado y se actuará de acuerdo con la ITC-EA-02 e ITC-EA-03 en términos de niveles de iluminación, y de factor de utilización y mantenimiento, respectivamente.

En cuanto a la limitación de la luz intrusa o molesta, a excepción del alumbrado festivo y navideño, las instalaciones del alumbrado público estudiadas deberán cumplir con los valores máximos presentados en la siguiente tabla.

Tabla 6.9: Limitaciones de la luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior asociadas a la zona de estudio (E3). Fuente: ITC-EA-03 (Real Decreto 1890/2008).

	Iluminancia vertical (E_v)	Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	Luminancia media de las fachadas (L_m)	Luminancia máxima de las fachadas (L_{max})
E3	10 lux	10.000 cd	10 cd/m ²	60 cd/m ²

En lo relativo al mantenimiento de las instalaciones, el presente estudio cuenta con una garantía total de 5 años por parte del fabricante de las luminarias propuestas, a partir del cumplimiento de la garantía, se contratará un servicio de mantenimiento detallado más adelante en este capítulo, siendo este de 7 años, hasta el final de la vida útil del estudio. Durante este tiempo de mantenimiento, se han de cumplir los siguientes puntos:

- El Ayuntamiento debe mantener en buen estado de funcionamiento sus instalaciones, utilizándolas de acuerdo con sus características y según lo establecido, y sin de intervenir en las mismas para modificarlas. Además, se deberán registrar todas las operaciones llevadas a cabo.
- Por otro lado, y totalmente contemplado en el presupuesto presentado en la tabla 31 del presente documento, se dispone de un plan de mantenimiento que engloba las reposiciones de lámparas, las operaciones de limpieza de luminarias y los trabajos de inspección y mediciones eléctricas. El factor de mantenimiento empleado determinará la periodicidad y la programación de los trabajos.
- Además, será necesario disponer de un registro de los componentes, incluyendo las lámparas, luminarias, equipos auxiliares, dispositivos de regulación del nivel luminoso, sistemas de accionamiento y gestión centralizada, cuadros de alumbrado y efectuar un análisis anual de los consumos energéticos para, posteriormente, ser estudiados y poder optimizar el funcionamiento de las instalaciones en todos sus ámbitos.

Las anteriores exigencias señaladas en régimen energético han de ser consideradas por el Ayuntamiento de Reocín si considera llevar a cabo el proyecto referente al presente estudio. El no cumplimiento de estos requerimientos supondría una sanción de acuerdo con lo dispuesto en el Título V de la Ley 21/1992, del 16 de julio, de Industria. Además, hay que tener en cuenta que la modificación de las instalaciones requerirá la elaboración de un complemento a la memoria del sistema de alumbrado actual, en la medida que sea necesario, según establece la ITC-EA-05.

Para finalizar con la fase del estudio más legislativa, pero necesaria, se expone que, todas las instalaciones de alumbrado exterior se encuentran sometidas al procedimiento

general de ejecución y puesta en servicio que determina el artículo 18 del Reglamento electrotécnico para baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto.

En cuanto a la apariencia de las luminarias, se han elegido modelos que presenten una gran similitud con los equipos actuales.

Por otra parte, los sistemas propuestos disponen de unas altas prestaciones técnicas, mucho más actualizadas para el tiempo en el que nos encontramos. Además, es la tecnología más ecológica y la que menos energía consume en la actualidad. Una ventaja a considerar de los equipos LED en iluminación, entre otras, es el menor requerimiento de potencia para proporcionar un nivel óptimo de iluminación que los equipos instalados actualmente (HPS), como consecuencia de que los sistemas LED no requieren generar puentes de plasma como la fluorescencia o calentar el mercurio como el neón, su encendido es inmediato, y es ahí, donde sus competidoras pierden eficiencia en potencia.

6.2.1. AP01.

6.2.1.1. Descripción de la mejora.

A continuación, se procede a presentar los cálculos y resultados obtenidos en el estudio de la implantación LED en el AP01, cuya correspondiente dirección de suministro es B^a LA ROBLEDA S/N JTO*123 BJO.

6.2.1.2. Costes unitarios.

El coste económico presentado, referente a los sistemas que se pretende incorporar en el alumbrado exterior correspondiente, solamente incluye el precio del elemento, la mano de obra asociada a su instalación se considera en otro apartado posterior.

Tabla 6.10: Coste unitario de la propuesta de mejora (AP01). Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Unidades	P.V.P. Ud.	Importe (€)
Luminaria LED URA 70W	16	265,57	4.249,12
Luminaria LED ECODUT K2 150W	2	329,10	658,20
Total	18		4.907,32

Los modelos de luminarias aplicables al presente estudio han sido seleccionados de las fichas técnicas facilitadas por Secom. A continuación, se adjunta imagen y ficha técnica correspondiente de cada una de las luminarias consideradas en el estudio de este punto de suministro [24].

Luminaria LED URA 70W:



Imagen 6.4: URA LED 70W. Fuente: Semon (ficha técnica).

Tabla 6.11: URA LED 70W. Fuente: Elaboración propia.

URA LED 70W	
Ref.	3330 02 70
Lámpara	LED Osram Oslon SSL
Equipos	Driver 700 mA
Consumo	70W
Vida útil	100.000 h.
Temperatura de color	5700°K (9078 lum.)
Ángulo de apertura	150°
Grado de protección	IP65
Índice de reprod. crom. (IRC)	>70
Grado de protección antivandálica	IK 08

Luminaria LED ECODUT K2 150W:



Imagen 6.5: ECODUT K2 150W. Fuente: Secom (ficha técnica).

Tabla 6.12: ECODUT K2 150W. Fuente: Elaboración propia.

ECODUT K2 150W	
Ref.	3370 58 15
Lámpara	LED Osram Oslon SSL
Equipos	Driver 700 mA
Consumo	150W
Vida útil	100.000 h.
Temperatura de color	5700°K (21384 lum.)
Ángulo de apertura	150°
Grado de protección	IP66
Índice de reprod. crom. (IRC)	>70
Grado de protección antivandálica	IK 08/10

6.2.1.3. Aplicación de la mejora.

Los datos y resultados obtenidos en el estudio sobre el AP01 son los siguientes:

Tabla 6.13: Inventario existente (AP01). Fuente: Elaboración propia.

INVENTARIO EXISTENTE: ILUMINACIÓN CONVENCIONAL					
Modelo	Uds.	Pot. (W)	Horas/año	Consumo (kwh/año)	Pot. Inst. (W)
Luminaria Farol HPS 150W	16	195	4.200	13.104	3.120
Luminaria Farol HPS 250W	2	325	4.200	2.730	650
Total	18	-	-	15.834	3.770
Precio medio eléctrico considerado		0,084284		1.334,56 €	
Otros (Tp)				329,72 €	
Impuesto eléctrico		5,1127%	1.664,28 €	85,09 €	
Mantenimiento				1.535,22 €	
TOTAL (€/año)				3.284,59 €	

Tabla 6.14: Propuesta técnico-económica (AP01). Fuente: Elaboración propia.

PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA: IMPLANTACIÓN TECNOLOGÍA LED						
Modelo	Temperatura	Uds.	Pot. (W)	Horas/año	Consumo (kwh/año)	Pot. Inst. (W)
Luminaria Led URA 70W	5.700K	16	70	4.200	4.704	1.120
Luminaria Led Ecodut K2 150W	5.700K	2	150	4.200	1.260	300
Total	-	18	-	-	5.964	1.420
Precio medio eléctrico			0,08428	502,67 €		
Otros (Tp)				124,19 €		
Impuesto eléctrico		5,1127%	626,86 €	32,05 €		
TOTAL (€/año)					658,91 €	

En la situación de mejora, no se considera el servicio de mantenimiento por la garantía de 5 años que ofrece el fabricante.

Calculado el coste total de la iluminación convencional y el coste que supondría la iluminación LED propuesta, se procede a estimar el ahorro referenciado al tiempo (años). Para el cálculo, se supone un incremento del 3% anual, de este modo, se estiman los siguientes ahorros.

Tabla 6.15: Comparativa por año, actualidad-año 5 (AP01). Fuente: Elaboración propia.

PREVISIÓN GASTO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN CONVENCIONAL	Coste Actual	Año 1	Año 3	Año 4	Año 5
Incremento considerado= +3% anual					
Gasto eléctrico+ Otros +I.E.	1.749,37 €	1.801,85 €	1.911,59 €	1.968,94 €	2.028,01 €
Mantenimiento	1.535,22 €	1.581,28 €	1.677,58 €	1.727,91 €	1.779,75 €
Suma	3.284,59 €	3.383,13 €	3.589,17 €	3.696,85 €	3.807,76 €
PREVISIÓN GASTO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN LED	Año 0	Año 1	Año 3	Año 4	Año 5
Incremento considerado= +3% anual					
Gasto eléctrico+ Otros +I.E.		658,91 €	699,04 €	720,01 €	741,61 €
Mantenimiento		- €	- €	- €	- €
Suma		658,91 €	699,04 €	720,01 €	741,61 €
AHORRO TOTAL (ESTIMADO)		2.724,22 €	2.890,13 €	2.976,84 €	3.066,15 €

Como se puede observar, el consumo energético desciende con la aplicación de la mejora, pasando de 15.834 kWh/año a 5.964 kWh/año, suponiendo un ahorro anual de 9.870 kWh/año, que, expresado en porcentaje supone un ahorro energético del 62,33%.

Además, una vez conocidas estas cifras, se pueden relacionar con las emisiones de CO₂ producidas, de manera que, con la mejora planteada, se evita la emisión de 3.257,1 kg CO₂ /año.

Estos datos quedan recogidos en la siguiente tabla.

Tabla 6.16: Emisiones de CO₂ asociadas al ahorro energético (AP01). Fuente: Elaboración propia.

Emisiones asociadas al ahorro energético	
Iluminación convencional (kWh/año)	15.834
iluminación LED (kWh/año)	5.964
Ahorro (kWh/año)	9.870
Ahorro Energético (%)	62,33%
Emisiones de CO₂ (kg CO₂ /año)	3.257,1

6.2.1.4. Resumen de la aplicación de la mejora.

A modo de resumen, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 6.17: Resultados del primer año de aplicación de la mejora (AP01). Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS		
ILUMINACIÓN CONVENCIONAL		
Gasto Energético en Iluminación	1.334,56	€/año
Gasto en Potencia para Iluminación	329,72	€/año
Impuesto Eléctrico	85,09	€/año
Gasto en mantenimiento	1.535,22	€/año
Gasto total en Iluminación	3.284,59	€/año
Gasto mensual en Iluminación	273,72	€/mes
PROPUESTA LED		
Gasto Energético en Iluminación	502,67	€/año
Gasto en Potencia para Iluminación	124,19	€/año
Impuesto Eléctrico	32,05	€/año
Gasto total en Iluminación	658,91	€/año
Gasto mensual en Iluminación	54,91	€/mes
AHORRO ANUAL		
Ahorro en Energía	831,89	€/año
Ahorro en Potencia	205,53	€/año
Ahorro Anual	2.625,68	€/año

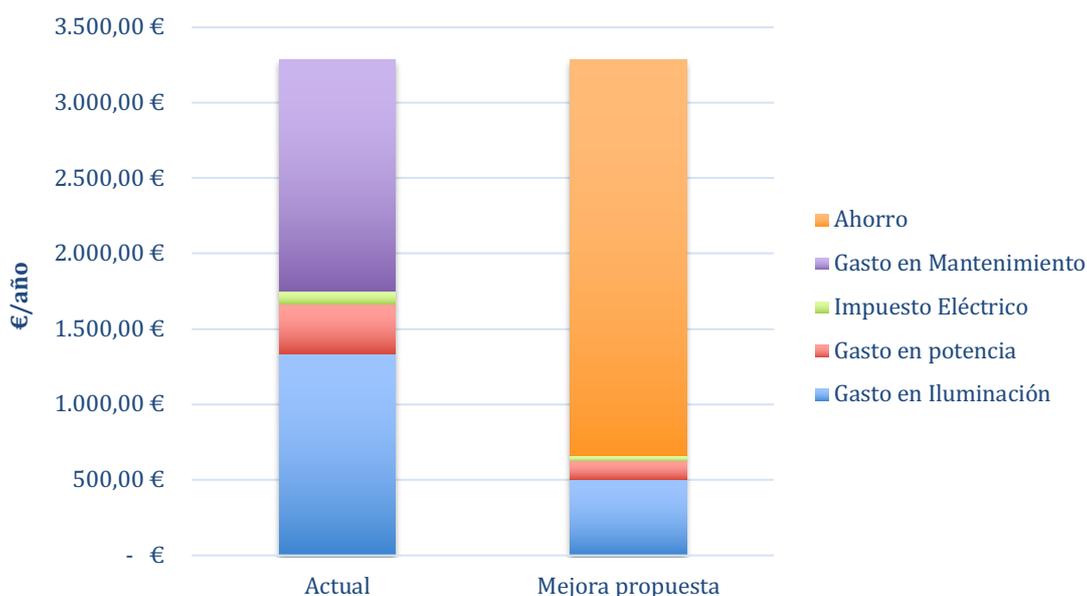


Gráfico 6.2: Resultados del primer año de aplicación de la mejora (AP01). Fuente: Elaboración propia.

El gráfico anterior, representa de manera muy visual, los costes generados en la situación actual frente a los costes de la mejora planteada durante el primer año de aplicación, este planteamiento se debe a que, durante el primer año, es cuando se dispone de la estimación más exacta de los consumos energéticos, y, por tanto, de los costes económicos asociados a este. Al contemplar los costes económicos del primer año de aplicación, y tal como se detalla en el apartado 2.4.1 del presente, en la mejora no se consideran gastos de mantenimiento, ya que durante los 5 primeros años de vida útil del estudio se dispone de garantía total por parte del fabricante. De igual manera, se procederá a representar este tipo de gráfico comparativo para los otros dos suministros estudiados en sus respectivos puntos del estudio.

El ahorro económico asociado a la mejora asciende hasta los 2.625,68 € durante el primer año.

6.2.2. AP02.

6.2.2.1. Descripción de la mejora.

A continuación, se procede a presentar los cálculos y resultados obtenidos en el estudio de la implantación LED en el AP02. La dirección de suministro asociado al AP02 es B^a CL LA ROBLEDA S/N JTO*126 BJO.

6.2.2.2. Costes unitarios.

Al igual que se plantea para el AP01, el coste económico presentado, referente a los sistemas que se pretende incorporar en el alumbrado exterior correspondiente al AP02, solamente incluye el precio del elemento, la mano de obra asociada a su instalación se considera en otro apartado posterior.

Tabla 6.18: Coste unitario de la propuesta de mejora (AP02). Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Unidades	P.V.P. Ud.	Importe (€)
Luminaria LED URA 70W	44	265,57	11.685,08

Los modelos de luminarias aplicables al presente estudio han sido seleccionados de las fichas técnicas facilitadas por Secom. La luminaria LED URA 70W utilizada para el estudio del AP02, se encuentra detallada en el apartado “6.2.1.2. Costes unitarios”.

6.2.2.3. Aplicación de la mejora.

A continuación, se exponen los datos y resultados obtenidos en el estudio sobre el AP02.

Tabla 6.19: Inventario existente (AP02). Fuente: Elaboración propia.

INVENTARIO EXISTENTE: ILUMINACIÓN CONVENCIONAL					
Modelo	Uds.	Pot. (W)	Horas/año	Consumo (kwh/año)	Pot. Inst. (W)
Luminaria Farol HPS 150W	44	195	4.200	36.036	8.580
Total	44	-	-	36.036	8.580
Precio medio eléctrico considerado		0,084284	3.037,26 €		
Otros (Tp)			750,39 €		
Impuesto eléctrico		5,1127%	3.787,65 €	193,65 €	
Mantenimiento				3.444,76 €	
TOTAL (€/año)				7.426,06 €	

Tabla 6.20: Propuesta técnico-económica (AP02). Fuente: Elaboración propia.

PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA: IMPLANTACIÓN TECNOLOGÍA LED						
Modelo	Temperatura	Uds.	Pot. (W)	Horas/año	Consumo (kwh/año)	Pot. Inst. (W)
Luminaria Led URA 70W	5.700K	44	70	4.200	12.936	3.080
Total	-	44	-	-	12.936	3.080
Precio medio eléctrico			0,08428	1.090,30 €		
Otros (Tp)				269,37 €		
Impuesto eléctrico			5,1127%	1.359,7 €	69,52 €	
TOTAL (€/año)					1.429,19 €	

En la situación de mejora, no se considera el servicio de mantenimiento por la garantía de 5 años que ofrece el fabricante.

Siguiendo el mismo procedimiento para todos los puntos de suministro, una vez calculado el coste total de la iluminación convencional y el coste que supondría la iluminación LED propuesta para el AP02, se procede a estimar el ahorro referenciado al tiempo (años). Para el cálculo, se supone un incremento del 3% anual, de este modo, se estiman los siguientes ahorros.

Tabla 6.21: Comparativa por año, actualidad-año 5 (AP02). Fuente: Elaboración propia.

PREVISIÓN GASTO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN CONVENCIONAL	Coste Actual	Año 1	Año 3	Año 4	Año 5
Incremento considerado= +3% anual					
Gasto eléctrico+ Otros +I.E.	3.981,30 €	4.100,74 €	4.350,47 €	4.480,98 €	4.615,41 €
Mantenimiento	3.444,76 €	3.548,10 €	3.764,18 €	3.877,11 €	3.992,42 €
Suma	7.426,06 €	7.648,84 €	8.114,65 €	8.358,09 €	8.608,83 €

PREVISIÓN GASTO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN LED	Año 0	Año 1	Año 3	Año 4	Año 5
Incremento considerado= +3% anual					
Gasto eléctrico+ Otros +I.E.		1.429,19 €	1.516,23 €	1.561,72 €	1.608,57 €
Mantenimiento		- €	- €	- €	- €
Suma		1.429,19 €	1.516,23 €	1.561,72 €	1.608,57 €

AHORRO TOTAL (ESTIMADO)	Año 1	Año 3	Año 4	Año 5
	6.219,65 €	6.598,42 €	6.796,37 €	7.000,26 €

Este caso de aplicación supone el mayor ahorro energético de los tres puntos de suministro estudiados, pasando de 36.036 kWh/año a 12.936 kWh/año, generando un ahorro anual de 23.100 kWh/año, el cual, expresado en porcentaje supone un ahorro energético del 64,1%.

Una vez conocidas estos ahorros, se pueden relacionar con las emisiones de CO₂ producidas, de manera que, con la mejora planteada, se evita la emisión de 7.623 kg CO₂ /año.

Estos datos quedan recogidos en la siguiente tabla.

Tabla 6.22: Emisiones de CO₂ asociadas al ahorro energético (AP02). Fuente: Elaboración propia.

Emisiones asociadas al ahorro energético	
Iluminación convencional (kWh/año)	36.036
iluminación LED (kWh/año)	12.936
Ahorro (kWh/año)	23.100
Ahorro Energético (%)	64,1%
Emisiones de CO₂ (kg CO₂ /año)	7.623

6.2.2.4. Resumen de la aplicación de la mejora.

A modo de resumen, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 6.23: Resultados del primer año de aplicación de la mejora (AP02). Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS		
ILUMINACIÓN CONVENCIONAL		
Gasto Energético en Iluminación	3.037,26	€/año
Gasto en Potencia para Iluminación	750,39	€/año
Impuesto Eléctrico	193,65	€/año
Gasto en mantenimiento	3.444,76	€/año
Gasto total en Iluminación	7.426,06	€/año
Gasto mensual en Iluminación	618,84	€/mes
PROPUESTA LED		
Gasto Energético en Iluminación	1.090,30	€/año
Gasto en Potencia para Iluminación	269,37	€/año
Impuesto Eléctrico	69,52	€/año
Gasto total en Iluminación	1.429,19	€/año
Gasto mensual en Iluminación	119,10	€/mes
AHORRO ANUAL		
Ahorro en Energía	1.946,96	€/año
Ahorro en Potencia	481,02	€/año
Ahorro Anual	5.996,87	€/año

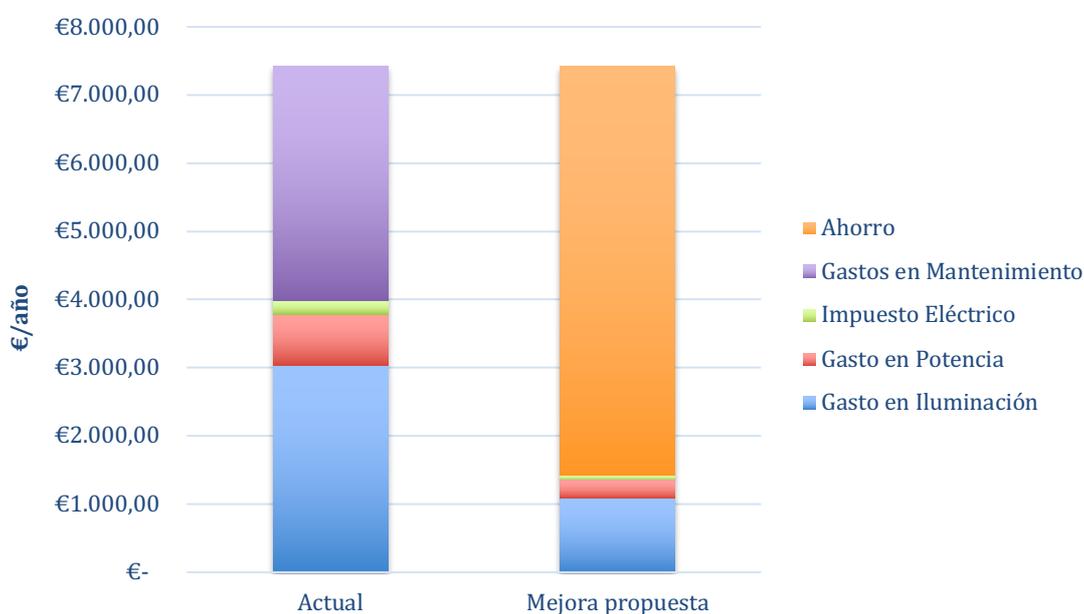


Gráfico 6.3: Resultados del primer año de aplicación de la mejora (AP02). Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior, al igual que para el primer suministro analizado, se grafica la comparativa económica entre ambas situaciones. El ahorro en este caso asciende hasta los 5.996,87 € durante el primer año de aplicación.

6.2.3. AP03.

6.2.3.1. Descripción de la mejora.

A continuación, se procede a presentar los cálculos y resultados obtenidos en el estudio de la implantación LED en el AP03. La dirección de suministro correspondiente a este punto es B^a LA ROBLEDA S/N S/N 9505 BJO.

6.2.3.2. Costes unitarios.

Al igual que se considera para los dos casos anteriores, el coste económico presentado, referente a los sistemas que se pretende incorporar en el alumbrado exterior correspondiente al AP03, solamente incluye el precio del elemento, la mano de obra asociada a su instalación se considera en otro apartado posterior.

Tabla 6.24: Coste unitario de la propuesta de mejora (AP03). Fuente: Elaboración propia.

Concepto	Unidades	P.V.P. Ud.	Importe (€)
Luminaria LED URA 50W	30	245,10	7.353,00
Proyector LED ESDIUM 550W	6	944,19	5.665,14
Total	36		13.018,14

Los modelos de luminarias aplicables al presente estudio han sido seleccionados de las fichas técnicas facilitadas por Secom. A continuación, se adjunta imagen y ficha técnica correspondiente de cada una de las luminarias consideradas en el estudio de este punto de suministro [24].

Luminaria LED URA 50W: visualmente, idéntica a la luminaria LED URA 70W.

Tabla 6.25: URA LED 50W. Fuente: Elaboración propia.

URA LED 50W	
Ref.	3330 02 50
Lámpara	LED Osram Oslon SSL
Equipos	Driver 350 mA
Consumo	50W
Vida útil	100.000 h.
Temperatura de color	5700°K (6480 lum.)
Ángulo de apertura	150°
Grado de protección	IP65
Índice de reprod. crom. (IRC)	>70
Grado de protección antivandálica	IK 08

Proyector LED ESDIUM 550W:



Imagen 6.6: ESDIUM 550W. Fuente: Secom (ficha técnica).

Tabla 6.26: ESDIUM 550W. Fuente: Elaboración propia.

ESDIUM 550 W	
Ref.	5300
Lámpara	LED Lumileds Luxeon Mx
Equipos	Driver 700 mA
Consumo	550W
Vida útil	60.000 h.
Temperatura de color	5700°K (78870 lum.)
Ángulo de apertura	100°
Grado de protección	IP66
Índice de reprod. crom. (IRC)	70
Grado de protección antivandálica	IK 08

6.2.3.3. Aplicación de la mejora.

A continuación, se exponen los datos y resultados obtenidos en el estudio sobre el AP03.

Tabla 6.27: Inventario existente (AP03). Fuente: Elaboración propia.

INVENTARIO EXISTENTE: ILUMINACIÓN CONVENCIONAL					
Modelo	Uds.	Pot. (W)	Horas/año	Consumo (kwh/año)	Pot. Inst. (W)
Luminaria Farol HPS 100W	30	130	4.200	16.380	3.900
Proyector Halógeno 1000W	6	1.000	4.200	25.200	6.000
Total	36	-	-	41.580	9.900
Precio medio eléctrico considerado		0,084284		3.504,54 €	
Otros (Tp)				865,83 €	
Impuesto eléctrico		5,1127%	4.370,37 €	223,44 €	
Mantenimiento				2.860,44 €	
TOTAL (€/año)				7.454,25 €	

Tabla 6.28: Propuesta técnico-económica (AP03). Fuente: Elaboración propia.

PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA: IMPLANTACIÓN TECNOLOGÍA LED						
Modelo	Temperatura	Uds.	Pot. (W)	Horas/año	Consumo (kwh/año)	Pot. Inst. (W)
Luminaria Led URA 50W	5.700K	30	50	4.200	6.300	1.500
Proyector Led ESDIUM 550W	5.700K	6	550	4.200	13.860	3.300
Total	-	36	-	-	20.160	4.800
Precio medio eléctrico			0,08428	1.699,17 €		
Otros (Tp)			419,80 €			
Impuesto eléctrico		5,1127%	2.118,9 €	108,34 €		
TOTAL (€/año)					2.227,31 €	

En la situación de mejora, no se considera el servicio de mantenimiento por la garantía de 5 años que ofrece el fabricante.

Siguiendo el mismo procedimiento para todos los puntos de suministro, una vez calculado el coste total de la iluminación convencional y el coste que supondría la iluminación LED propuesta para el AP03, se procede estimar el ahorro referenciado al tiempo (años). Para el cálculo, se supone un incremento del 3% anual, de este modo, se estiman los siguientes ahorros.

Tabla 6.29: Comparativa por año, actualidad-año 5 (AP03). Fuente: Elaboración propia.

PREVISIÓN GASTO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN CONVENCIONAL	Coste Actual	Año 1	Año 3	Año 4	Año 5
Incremento considerado= +3% anual					
Gasto eléctrico+ Otros +I.E.	4.593,81 €	4.731,63 €	5.019,79 €	5.170,38 €	5.325,49 €
Mantenimiento	2.860,44 €	2.946,25 €	3.125,68 €	3.219,45 €	3.316,03 €
Suma	7.454,25 €	7.677,88 €	8.145,47 €	8.389,83 €	8.641,52 €
PREVISIÓN GASTO ELÉCTRICO ILUMINACIÓN LED	Año 0	Año 1	Año 3	Año 4	Año 5
Incremento considerado= +3% anual					
Gasto eléctrico+ Otros +I.E.		2.227,31 €	2.362,95 €	2.433,84 €	2.506,86 €
Mantenimiento		- €	- €	- €	- €
Suma		2.227,31 €	2.362,95 €	2.433,84 €	2.506,86 €
AHORRO TOTAL (ESTIMADO)		5.450,57 €	5.782,52 €	5.955,99 €	6.134,66 €

En este caso, como se puede apreciar, el consumo energético desciende considerablemente con la aplicación de la mejora, pasando de 41.580 kWh/año a 20.160 kWh/año, suponiendo un ahorro anual de 21.420 kWh/año, que, expresado en porcentaje supone un ahorro energético del 51,5%.

En cuanto a las emisiones CO₂ generadas, con la mejora planteada, se evita la emisión de 7.068,5 kg CO₂ /año.

Estos datos quedan recogidos en la siguiente tabla.

Tabla 6.30: Emisiones de CO₂ asociadas al ahorro energético (AP03). Fuente: Elaboración propia.

Emisiones asociadas al ahorro energético	
Iluminación convencional (kWh/año)	41.580
iluminación LED (kWh/año)	20.160
Ahorro (kWh/año)	21.420
Ahorro Energético (%)	51,5%
Emisiones de CO₂ (kg CO₂ /año)	7.068,5

6.2.3.4. Resumen de la aplicación de la mejora.

A modo de resumen, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 6.31: Resultados del primer año de aplicación de la mejora (AP03). Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS		
ILUMINACIÓN CONVENCIONAL		
Gasto Energético en Iluminación	3.504,54	€/año
Gasto en Potencia para Iluminación	865,83	€/año
Impuesto Eléctrico	223,44	€/año
Gasto en mantenimiento	2.860,44	€/año
Gasto total en Iluminación	7.454,25	€/año
Gasto mensual en Iluminación	621,19	€/mes
PROPUESTA LED		
Gasto Energético en Iluminación	1.699,17	€/año
Gasto en Potencia para Iluminación	419,80	€/año
Impuesto Eléctrico	108,34	€/año
Gasto total en Iluminación	2.227,31	€/año
Gasto mensual en Iluminación	185,61	€/mes
AHORRO ANUAL		
Ahorro en Energía	1.805,37	€/año
Ahorro en Potencia	446,03	€/año
Ahorro Anual	5.226,94	€/año

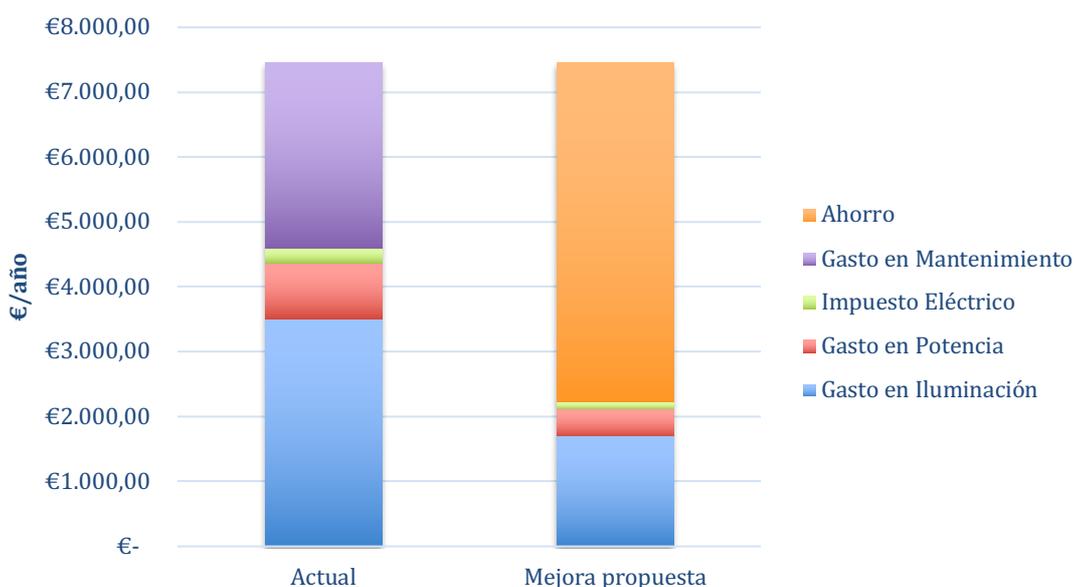


Gráfico 6.4: Resultados del primer año de aplicación de la mejora (AP03). Fuente: Elaboración propia.

La aplicación de la mejora propuesta para el tercer y último punto de suministro analizado, supone un ahorro económico de 5.226,94 € durante el primer año.

6.2.4. Viabilidad económica de la implantación LED.

En este punto del estudio, se determina si la operación planteada es viable económicamente para el Ayuntamiento. Esta valoración se realiza mediante la aplicación de tres métodos normalizados, seguidamente detallados.

6.2.4.1. Parámetros de evaluación.

Para el estudio de la viabilidad económica de la propuesta de mejora sobre el alumbrado público exterior de La Robleda, Puente San Miguel, se considera tanto la inversión inicial, el ahorro generado y los costes asociados, como también, las tasas de inflación correspondientes con el presente estudio.

Para generar un presupuesto lo más equitativo a la realidad, se ha investigado y recalado información sobre: el coste asociado a la realización del propio estudio, teniendo en cuenta el coste de las licencias requeridas; el coste estandarizado de la mano de obra; el coste de equipos empleados en el cambio de las luminarias, como, por ejemplo, las plataformas elevadoras; el coste asociado a los propios componentes de las luminarias LED. Para estos últimos, el catálogo de productos de Secom, ha sido nuestra fuente de información a la hora de elegir los equipos y emplear los precios correspondientes en el estudio.

A continuación, se adjunta el presupuesto referente a la propuesta de mejora.

Tabla 6.32: Presupuesto asociado a la mejora. Fuente: Elaboración propia.

Referencia	Concepto	Unidades	P.V.P. Unidad	Importe (€)
AP01	Luminaria Led URA 70W	16	265,57 €	4.249,12 €
	Luminaria Led Ecodut K2 150W	2	329,10 €	658,20 €
AP02	Luminaria Led URA 70W	44	265,57 €	11.685,08 €
AP03	Luminaria Led URA 50W	30	245,10 €	7.353,00 €
	Proyector Led Esdium 550W	6	944,19 €	5.665,14 €
Otros	Ud. Medios de Elevación	1	500,00 €	500,00 €
	Mantenimiento (año 5 - fin vida útil)	7	5.060,00 €	35.420,00 €
	Ud. Mano de Obra	98	34,00 €	3.332,00 €
Subtotal				68.862,54 €
			Comisión 10%	6.886,25 €
Total (Bruto)				75.748,79 €
			I.V.A. 21%	15.907,25 €
Total				91.656,04 €

El servicio de mantenimiento estimado es de 5.060 €/año para el conjunto de los tres puntos de suministro, siendo 7 los años de aplicación de este, desde el año 5 al fin de la vida útil del estudio (año 12). Los 5 primeros años desde su instalación, los equipos propuestos presentan una garantía total por parte del fabricante, por lo que no se considera ningún tipo de mantenimiento. Para la estimación del servicio propuesto, se ha considerado tanto el propio material para el recambio de equipos defectuosos o averiados, como también, al equipo técnico ejecutor. Comparando el coste del servicio de mantenimiento de los equipos actuales (HPS), con el mantenimiento propuesto referente a la implantación LED en los equipos de alumbrado, el Ayuntamiento se ahorraría 2.780,42 €/año.

Una vez determinada la inversión que ha de realizar el Ayuntamiento para proceder a la incorporación de la tecnología LED en las calles correspondientes al estudio, ya se puede estudiar si la operación planteada es rentable o no. Para determinar la viabilidad económica de la mejora, existen varios métodos de evaluación.

6.2.4.2. Métodos de evaluación.

Para analizar la viabilidad económica del estudio, se utilizan tres métodos estandarizados que relacionan la inversión inicial, el ahorro generado y los costes asociados, como también, las tasas de inflación correspondientes con el presente estudio, obteniendo, de cada uno de estos métodos, un índice que establece la viabilidad económica de la mejora planteada. Los tres métodos citados son [20]:

- Periodo de Retorno (P.R.).
- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).

6.2.4.2.1. Periodo de Retorno (P.R.).

A la hora de calcular el Periodo de Retorno de la propuesta planteada, se tiene en cuenta los siguientes valores detallados en apartados anteriores, siendo estos los siguientes:

Tabla 6.33: Inputs del Periodo de Retorno (P.R.) de la propuesta de mejora. Fuente: Elaboración propia.

Inputs P.R.	
Inversión inicial (€)	91.656,04
Beneficios (€/año)	13.849,49

El año en el que se amortiza la inversión inicial, o expresado de otra manera, el año en el que se genera el Periodo de Retorno de la mejora, se define por la siguiente expresión:

$$Q_j = I_i - B_j$$

Siendo los anteriores parámetros:

- Q_j = Flujo de caja para el periodo j.
- I_i = Inversión inicial.
- B_j = Beneficio obtenido hasta el periodo j.

Tabla 6.34: Periodo de retorno (P.R.). Fuente: Elaboración propia.

Periodo (año)	Beneficio acumulado (€)	Flujo de caja (€)
0	0	-91.656,04
1	13.849,49	-77.806,55
2	27.698,98	-63.957,06
3	41.548,47	-50.107,57
4	55.397,96	-36.258,08
5	69.247,45	-22.408,59
6	83.096,94	-8.559,1
7	96.946,43	5.290,39
8	110.795,92	19.139,88
9	124.645,41	32.989,37
10	138.494,9	46.838,86
11	152.344,39	60.688,35
12	166.193,88	74.537,84

Como se puede observar tanto en la tabla, o bien en el gráfico siguiente, se garantiza el Periodo de Retorno a los 7 años, obteniendo en ese mismo año, un beneficio de

5.290,39 €. El periodo de amortización es contabilizado desde la incorporación y puesta en marcha de la mejora propuesta.

El periodo de retorno exacto de la inversión inicial se cumple a los 6,61 años.

El siguiente gráfico, refleja de una manera visual el periodo de amortización de esta mejora, incidiendo en los tres puntos clave durante la vida útil del estudio: situación económica en el año inicial, en el año en el que se amortiza la operación, y en el último año de vida útil del estudio realizado.

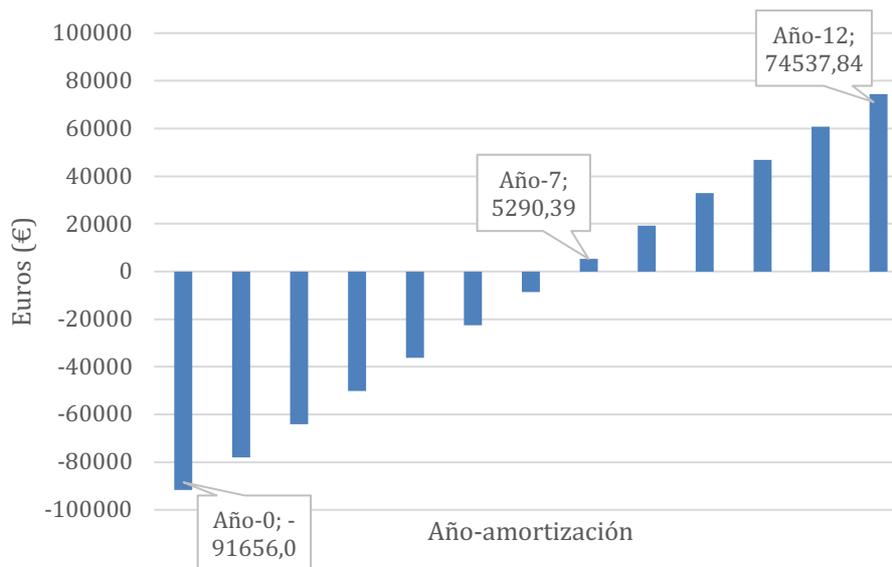


Gráfico 6.5: Periodo de retorno de la mejora. Fuente: Elaboración propia.

6.2.4.2.2. Valor Actual Neto (VAN).

El Valor Neto Actual (VAN), es otro indicador de la viabilidad económica de un proyecto, el cual relaciona el valor actual de los pagos y los cobros de la inversión generada. Esta evaluación ofrece una media en valor absoluto de la rentabilidad del estudio realizado.

La expresión matemática que relaciona los parámetros anteriormente citados, y, por lo tanto, establece el indicador VAN, se define de la siguiente manera:

$$VAN = \sum_{t=1}^{t=n} \frac{Q_t}{(1+i)^t} - I_o$$

De manera que, desarrollando la anterior expresión, se obtiene:

$$VAN = \left(\frac{Q_1}{(1+i)^1} + \frac{Q_2}{(1+i)^2} + \frac{Q_3}{(1+i)^3} + \frac{Q_4}{(1+i)^4} + \dots + \frac{Q_n}{(1+i)^n} \right) - I_o$$

Siendo:

- Q = Flujo de caja.
- I_o = Inversión inicial.

- i = Tasa de descuento o coste de oportunidad del capital.
- t = Tiempo.
- n = Vida útil del estudio.

La aceptación del estudio o proyecto va en consecuencia con el indicador VAN que genere estos análisis y cálculos, de modo que, para que el estudio sea aceptado, el Valor Actual Neto de la operación propuesta ha de ser superior a cero. Para el cálculo del VAN correspondiente al estudio planteado se toman los siguientes parámetros:

Tabla 6.35: Inputs del Valor Actual Neto (VAN) de la propuesta de mejora. Fuente: Elaboración propia.

Inputs VAN	
Q = Flujo de caja	13.849,49 €
I_0 = Inversión inicial	91.656,04 €
i = Tasa de descuento o coste de oportunidad del capital	6,75 %
n = Vida útil del estudio	12 años
VAN	€

La vida útil de los equipos basados en tecnología LED se estima en 50.000 horas de funcionamiento. Considerando un funcionamiento de 4.200 horas al año (11,5 horas/día) de los sistemas estudiados en el presente estudio, se puede calcular la vida útil del estudio de la siguiente manera:

$$n = \frac{50.000 \text{ h}}{11,5 \text{ h/día}} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} = 11,91 \text{ años} \approx 12 \text{ años}$$

De manera que, si aplicamos los parámetros anteriores a la propia expresión del VAN:

$$VAN = \left(\frac{13.849,49_1}{(1 + 0,0675)^1} + \frac{13.849,49_2}{(1 + 0,0675)^2} + \frac{13.849,49_3}{(1 + 0,0675)^3} + \dots + \frac{13.849,49_{12}}{(1 + 0,0675)^{12}} \right) - 91.656,04$$

Resultando un valor VAN de 19.826,81 €. Al presentar un valor superior a cero, la propuesta de mejora planteada es viable económicamente.

6.2.4.2.3. Tasa Interna de Retorno (TIR).

El indicador de la Tasa Interna de Retorno (TIR) expresa con carácter porcentual la viabilidad de la inversión, relacionando la rentabilidad de los cobros y pagos actualizados generados por la inversión inicial. Este método de evaluación de la viabilidad económica de un proyecto está directamente relacionado con el Valor Actual Neto (VAN) [5].

Para el cálculo del TIR, se ha de igualar la expresión del VAN a cero, de la siguiente manera:

$$\sum_{t=1}^{t=n} \frac{Q_t}{(1 + i)^t} - I_0 = 0$$

Para que el estudio sea aceptado mediante la evaluación del TIR, el porcentaje obtenido como resultado de esta evaluación deberá ser superior a la tasa de descuento o coste de oportunidad considerado en la operación. En el caso del presente estudio, el valor tomado para esta variable es del 6,75%.

De manera que, resolviendo la anterior ecuación y despejando “i”, el valor TIR obtenido es del 9,32%. Luego, mediante método TIR, la mejora también es viable.

6.2.4.2.4. Resultado de los indicadores.

A continuación, se recogen a modo de resumen los indicadores obtenidos en el estudio de la viabilidad económica mediante los tres métodos empleados.

Tabla 6.36: Tabla resumen de los indicadores obtenidos. Fuente: Elaboración propia.

Métodos de evaluación	Indicador
Periodo de Retorno (P.R.)	6,61 años
Valor Actual Neto (VAN)	19.826,81 €
Tasa Interna de Retorno (TIR)	9,32 %

Todos los indicadores analizados determinan que la viabilidad económica de la propuesta de mejora presentada es rentable.

6.3. MEJORA 3: OPTIMIZACIÓN DE LA FACTURA ELÉCTRICA.

Una de las partidas más importantes en los presupuestos referentes al alumbrado público de un Ayuntamiento es la facturación energética.

En este punto del estudio, se busca la optimización de la factura eléctrica de los tres puntos de suministros estudiados, optimización que, de llevarse a cabo, como bien se detalla a continuación, supondría un beneficio económico para las arcas municipales de Reocín. Para realizar los cálculos durante todo este punto del estudio, el consumo energético considerado es el estimado mediante el análisis de las facturas facilitadas por el Ayuntamiento.

En la tabla que se adjunta a continuación, se presentan los puntos de suministro estudiados junto a los datos de interés para este proceso de optimización energética.

Tabla 6.37: Tarifa y potencia contratada de los puntos de suministro estudiados. Fuente: Elaboración propia.

Código	Nombre	Dirección de suministro	CUPS	Tarifa	Potencia contratada (kW)
AP01	Cuadro de mando 1	Bª LA ROBLEDA S/N JTO*123 BJO	ES0027700228889001QSOF	2.0 DHA	6,928
AP02	Cuadro de mando 2	Bª CL LA ROBLEDA S/N JTO*126 BJO	ES0027700228882001BF0F	2.1 DHA	13,337
AP03	Cuadro de mando 3	Bª LA ROBLEDA S/N S/N 9505 BJO	ES0027700228894001GR0F	2.1 A	13,164

6.3.1. Situación energética actual.

Actualmente, el Ayuntamiento de Reocín tiene tres puntos de suministro dedicados íntegramente a la iluminación de La Robleda. Estos tres puntos de suministro, durante el último año vencido, han generado un consumo energético estimado de 64.914 kWh/año, que, económicamente hablando, ha supuesto desembolsar al Ayuntamiento una cantidad de 13.736,91 €/año. De manera que, relacionando el consumo total estimado (kWh/año), con el coste económico (€/año) que ha supuesto, se estima el precio medio del kilovatio, siendo este de 0,22 €/kWh.

Tabla 6.38: Consumo energético y coste económico por punto de suministro. Fuente: Elaboración propia.

Código	Dirección de suministro	Consumo energético (kW/h)	Coste económico (€/año)	Precio medio actual (€/kWh)
AP01	Bª LA ROBLEDA S/N JTO*123 BJO	15.373	3.205,38	0,21
AP02	Bª CL LA ROBLEDA S/N JTO*126 BJO	38.433	7.516,27	0,20
AP03	Bª LA ROBLEDA S/N S/N 9505 BJO	11.108	3.015,26	0,28
Total		64.914	13.736,91	

6.3.2. Actuaciones de mejora de la eficiencia energética.

La optimización de la factura eléctrica es un proceso sistemático en el cual hay que analizar una serie de parámetros para garantizar el éxito de la propuesta de mejora. Cada punto de suministro se analiza independientemente, estudiando sus consumos energéticos y las características del propio punto de suministro.

Respecto a los tres puntos de suministros analizados, estos presentan tarifas de acceso 2.0DHA, 2.1DHA y 2.1A, correspondientes al rango tarifario de baja tensión.

6.3.2.1. Mejora 3.1: Optimización de la potencia contratada.

La optimización de la potencia para tarifas 2.X como las estudiadas, es un poco peculiar, ya que los puntos de suministros con estas tarifas de baja tensión no suelen disponer de máxímetros, por lo que la potencia facturada será la potencia contratada (PF=PC).

En este tipo de valoraciones, se desconoce las potencias que el suministro está demandando actualmente, por lo tanto, no es posible identificar las potencias necesarias a contratar en el caso de cambiar a una tarifa con tres periodos. Por otro lado, las lecturas registradas de los consumos no vienen discriminadas en 3 periodos diferentes, ya que solo cuentan con uno o dos periodos (depende la tarifa), por lo que el perfilado de la energía consumida también es desconocido.

Además, este tipo de cambio puede requerir costes adicionales por modificaciones en la propia instalación del suministro. Estos costes también deben ser valorados a la hora de calcular la viabilidad económica de este cambio de tarifa.

En definitiva, este tipo de tarifas se factura sin tener en cuenta ningún tipo de máxímetro, la potencia a contratar será aquella necesaria para que el suministro eléctrico pueda hacer uso normal de la instalación sin que salte el ICP. La potencia contratada ha de establecerse en el valor real demandado por el punto de suministro, de

este modo la facturación eléctrica se verá disminuida, ya que el cliente evita los cargos por exceso o defecto de potencia.

El caso en el que se encuentra el presente estudio, debido las tarifas 2.X contratadas, la optimización de la facturación solo se puede resolver de la siguiente manera: la única forma de saber la potencia máxima que puede llegar a demandar la instalación se basa en analizar que equipos alimenta cada punto de suministro, ver qué potencia consume cada equipo, y saber si se usan simultáneamente o no.

Los tres puntos de suministro analizados abastecen de electricidad únicamente a instalaciones de alumbrado, y la potencia de cada equipo es conocida gracias al inventario facilitado por el Ayuntamiento. Respecto a la simultaneidad, no hay duda, los tres puntos de suministros cuentan con la simultaneidad total de todos sus equipos gracias a los elementos de maniobra, disponiendo cada suministro de su propio sistema de encendido como ya se ha analizado anteriormente, luego entre suministros no existe simultaneidad, son independientes entre sí.

A continuación, se recogen las medidas de mejora planteadas para optimizar la potencia contratada los puntos de suministro estudiados.

Tabla 6.39: Aplicación de la mejora. Fuente: Elaboración propia.

Código	CUPS	Consumo total equipos (kW)	Potencia contratada actual (kW)	Potencia contratada optimizada (kW)	Tarifa contratada
AP01	ES0027700228889001QSOF	2,9	6,928	Optimización	2.0 DHA
AP02	ES0027700228882001BF0F	6,6	13,337	-	2.1 DHA
AP03	ES0027700228894001GR0F	9	13,164	-	2.1 A

La medida de mejora se plantea para el punto de suministro correspondiente al AP01, siendo la potencia máxima demandada de 2,9 kW, y teniendo contratado 6,928 kW.

Las razones para decidir aplicar esta mejora solamente a este punto de suministro, y no a los otros dos, son las siguientes. He de destacar que esta decisión se ha gestado estudiando las potencias demandas o término de potencia, la potencia máxima demandada por los equipos abastecidos eléctricamente, y el uso del punto de suministro, parámetros estudiados para cada punto de suministro.

Tabla 6.40: Aplicación de la mejora (explicación). Fuente: Elaboración propia.

Código	Consumo total equipos (kW)	Potencia contratada actual (kW)	Potencia contratada optimizada (kW)	Tarifa contratada	Razones
AP01	2,9	6,928	Optimización	2.0 DHA	Se reduce la potencia: el término de potencia es más del doble que la potencia máxima demandada. Además, a priori, el punto de suministro no abaste suministros puntuales.
AP02	6,6	13,337	-	2.1 DHA	Se mantiene la potencia: al ser el punto de suministro más cercano al Ayuntamiento, es habitual que en momentos puntuales se conecten equipos a este para abastecerse eléctricamente.
AP03	9	13,164	-	2.1 A	Se mantiene la potencia: es el punto de suministro situado en el Auditorio de La Robleda, y, por tanto, en situaciones como conciertos, teatros, comparencias, etc., se utiliza este punto de suministro.

Una vez establecido el por qué de la aplicación de la mejora a este punto de suministro (AP01), se procede a su análisis.

Mediante la última actualización de Boletín Oficial del Estado (BOE), a fecha del 15 de octubre de 2018, el cliente puede contratar el término de potencia que mejor se adapte a sus consumos, sin tener que adaptarse a rangos establecidos de potencias normalizadas. El término de potencia se puede contratar en múltiplos de 0,1 kW, siempre y cuando la potencia contratada no supere los 15 kW. Es decir, este nuevo punto de la nueva normativa es aplicable para tarifas 2.X, pudiendo aplicarla al presente estudio.

Hay que tener en cuenta que solo se puede hacer un cambio de potencia eléctrica al año, por lo que es imprescindible realizar el cálculo de potencia para hacer el ajuste correcto.

El aumento o bajada de la potencia contratada, además del ahorro económico generado, lleva asociado unos costes que hay que valorar, en función de si se aumenta o se disminuye la potencia, siendo estos los siguientes:

Tabla 6.41: Costes asociados al ajuste de la potencia contratada. Fuente: Elaboración propia.

Costes	Aumento del término de potencia	Bajada del termino de potencia
Derechos de extensión	17,37€+IVA	-
Derechos de acceso	19,70+IVA	-
Derechos de enganche	9,04€+IVA	9,04€+IVA

Otro aspecto importante para aplicar la mejora propuesta y presentar una comparativa fiable, es el precio de la potencia. Es necesario pasar el término de potencia por un parámetro económico para generar coste y poder relacionar la situación inicial con la final (teniendo en cuenta los derechos de enganche) y calcular el ahorro económico. Luego, para establecer esta relación, se utiliza precios de potencia a BOE. A continuación, la siguiente tabla muestra los resultados obtenidos.

Tabla 6.42: Aplicación de la mejora. Fuente: Elaboración propia.

Tarifa	Consumo total equipos (kW)	Término de potencia (kW)	Precio BOE (€/kW/año)	Derechos de enganche (€)	Total (€/año)
2.0 DHA (actual)	2,9	6,928	38,0434	-	263,56
2.0 DHA (optimizada)	2,9	4,2	38,0434	10,94	170,72
Ahorro					92,84

La potencia contratada, con esta mejora, se disminuye en 2,728 kW, generando un ahorro anual de 92,84 €. A la hora de reducir el término de potencia, se ha dejado un margen de un 45% respecto al teórico consumo máximo demandado por los equipos de su instalación. Con este margen se pretende cubrir ampliaciones de la instalación o conexiones temporales al propio punto de suministro.

La optimización de potencia realizada para el punto de suministro referido a AP01 es una estimación teórica.

6.3.2.2. Mejora 3.2: Incorporación de discriminación horaria.

Los puntos de suministro estudiados representan de manera muy clara este punto del estudio. Como se ha analizado en el Anejo número 5 del presente documento, dos de los tres suministros ya cuentan con discriminación horaria en sus respectivas tarifas. Los gráficos presentados dejan constancia del tremendo beneficio que supone este tipo de tarifas en sistemas de alumbrado exterior. Entrando en porcentajes, para el suministro correspondiente al AP01, durante el periodo de tiempo estudiado, el 76,09% de su consumo eléctrico se aprovecha de la franja horaria correspondiente a horas valle, mientras que solamente el 23,91%, se consume en horas punta. Este suministro es un claro ejemplo de lo beneficioso que son este tipo de tarifas para suministros con este tipo de consumos.

Es evidente que todo punto de suministro dedicado a abastecer eléctricamente a instalaciones de alumbrado exterior ha de contratar tarifas que cuenten con discriminación horaria, a excepción de instalaciones donde la potencia demandada sea elevada y se tenga que contratar tarifas de acceso más altas, como la 3.0A o 3.1A. El consumo del alumbrado exterior se adapta claramente a las condiciones operativas de la discriminación horaria.

Como se ha señalado, e incidiendo en ello, al contratar una tarifa con discriminación horaria (2.0DHA, 2.1DHA) se puede lograr ahorros importantes en la facturación. A continuación, como se está procediendo en todos los apartados, se presenta una tabla que recoge la aplicación de mejora, y que puntos de suministro son susceptibles a ella, que como ya se ha indicado, dos de los tres suministros analizados ya tienen este servicio contratado.

Tabla 6.43: Aplicación de la mejora. Fuente: Elaboración propia.

Código	CUPS	Tarifa contratada actual	Tarifa contratada optimizada
AP01	ES0027700228889001QSOF	2.0 DHA	-
AP02	ES0027700228882001BF0F	2.1 DHA	-
AP03	ES0027700228894001GR0F	2.1 A	2.1 DHA

La mejora de propuesta solo es aplicable a un punto de suministro. Este punto de suministro, correspondiente al AP03, actualmente tiene contratada una tarifa 2.1A, y se propone un cambio de tarifa con discriminación horaria, concretamente a la tarifa 2.1DHA, con dos periodos diferente de facturación, para que se aproveche de las ventajas de tener localizado su consumo durante la noche.

Tabla 6.44: Ahorros generados con la mejora. Fuente: Elaboración propia.

Código	Consumo energético (kW/h)	Coste económico (€/año)	Coste económico optimizado (€/año)	Ahorro (€)
AP03	11.108	3.015,26	2.140,83	874,43

La valoración realizada se basa en la estimación de que el precio de horas valle es un 50% más económico, y que el precio en horas punta un 20% más elevado, referenciado a un precio estándar, como es el que presenta actualmente este punto de suministro [3].

6.3.2.3. Mejora 3.3: Corrección de la energía reactiva.

Tal y como se recoge en la modificación del artículo 9.3 del “Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores”, los puntos de suministro estudiados están exentos de facturación de reactiva. A continuación, se recoge el fragmento donde se dicta este proceder.

“Término de facturación de energía reactiva. –El término de facturación por energía reactiva será de aplicación para todos los consumidores excepto para los suministros acogidos a los peajes 2.0 y 2.1. Los consumidores a los que se les facture el término de energía reactiva deberán disponer del contador de energía reactiva permanentemente instalado” [19].

Además, dado el consumo que tenemos entre los tres puntos de suministro, haciendo un total de 64.914 kWh/año, con un buen dimensionamiento, como el realizado anteriormente en la implantación de la tecnología LED en el alumbrado público exterior, el consumo mínimo de energía reactiva que pudiese consumirse, quedaría corregido.

6.3.3. Resumen de la aplicación de la mejora.

Tabla 6.45: Resultados finales de la operación. Fuente: Elaboración propia

Mejora	Aplicación de mejora (suministro)	Ahorro (€/año)
Optimización de potencia	AP01	92,84
Incorporación de DHA	AP03	874,43
Corrección de energía reactiva	-	-
Total		967,27

7. CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES.

Para finalizar con el presente estudio descriptivo, correspondiente a auditoría energética de primer grado, la cual se enfoca como un estudio previo imprescindible para que, posteriormente, el Ayuntamiento de Reocín valore una actuación futura sobre las instalaciones analizadas, se procede a valorar los resultados alcanzados, enfatizando en aspectos importantes del mismo.

Como se ha ido señalando en los diferentes capítulos a lo largo de la realización del trabajo, el estudio propone la implantación de la tecnología LED en el alumbrado público exterior responsable de iluminar La Robleda, Puente San Miguel, con el objetivo de mejorar la eficiencia y el ahorro energético, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, limitar el resplandor luminoso nocturno y reducir la luz intrusa o molesta, además del beneficio económico asociado.

En la actualidad, la tecnología LED es la más empleada para este tipo de proyectos. Los altos niveles luminotécnicos y la gran eficiencia energética que garantiza esta tecnología compensan su elevado coste actual. La incorporación de tecnología LED en todo tipo de alumbrado exterior es muy recomendable, ya que el LED cuenta con una vida útil aproximada de 50.000 horas de funcionamiento, duración que, actualmente, ninguna otra tecnología existente logra alcanzar a igualdad de prestaciones técnicas.

El ahorro energético generado mediante la luminaria LED se fundamenta en el menor requerimiento de potencia para generar el nivel de iluminación óptimo. En este estudio, la relación de potencia entre la luminaria convencional (HPS) y la luminaria propuesta para la mejora es de 0,5. De esta manera, los equipos LED propuestos cuentan con la mitad de potencia que los equipos actuales, y que, mediante la luz blanca propagada, garantizan una percepción de seguridad y confort para los usuarios de la carretera y los viandantes.

Por otra parte, el gran avance tecnológico en este sector durante los últimos años hace que estos cambios de luminarias sean más fáciles de analizar. La gran variedad de software específico para estos estudios garantiza resultados veraces y muy ajustados a la realidad. Además, cada vez son más las empresas dedicadas al sector que facilitan información y aplicaciones sobre sus productos, pudiendo así, concretar y profundizar más en los estudios.

Para lograr los objetivos establecidos, se plantean tres tipos de mejoras, siendo independientes entre sí, pero alcanzando un nivel óptimo del sistema de iluminación si se aplican conjuntamente. La inversión inicial que debería asumir el Ayuntamiento se recoge en la siguiente tabla que relaciona la mejora con el coste económico asociado.

Tabla 7.1: Inversión total por mejora planteada. Fuente: Elaboración propia.

Mejora	Concepto	Importe (€)
Actuación en los equipos de maniobra	Equipos	210,00 €
Implantación LED	Equipos	29.610,54 €
	Otros	39.252,00 €
Optimización de la factura eléctrica	Derechos de enganche	9,04 €
Total		69.081,58 €

Todos los costes recogidos en la tabla 1 no contemplan ni la comisión para el auditor ni el IVA correspondiente.

El estudio realizado determina que la aplicación de las mejoras propuestas presenta un potencial ahorro energético de, aproximadamente, un 54,02% respecto al consumo actual de las instalaciones estudiadas, cifra que, actualmente, asciende hasta los 93.450 kWh/año en base al consumo teórico máximo de los equipos que integran el alumbrado exterior sujeto al estudio. Este ahorro energético evitaría la emisión de 16.659,72 kg CO₂/año, cantidad más que significativa.

Respecto al ahorro económico asociado a la implantación de las propuestas de mejora en los sistemas de iluminación estudiados, se presenta la siguiente tabla a modo resumen.

Tabla 7.2: Ahorro económico por mejora planteada. Fuente: Elaboración propia.

Mejora propuesta	Código	Aplicación de la mejora	Ahorro (€/año)
Actuación en los elementos de maniobra	AP01	No	-
	AP02	Sí	669,43 €
	AP03	No	-
Implantación LED	AP01	Sí	2.625,68 €
	AP02	Sí	5.996,87 €
	AP03	Sí	5.226,94 €
Optimización de la factura eléctrica	AP01	Sí (optimización de potencia)	92,84 €
	AP02	No	-
	AP03	Sí (incorporación de DHA)	874,27 €

Estos ahorros económicos están referenciados al primer año de vida del estudio propuesto, este planteamiento se debe a que, durante el primer año, se dispone de la estimación más exacta de los consumos energéticos de las instalaciones, y, por tanto, de los ahorros económicos asociados a este. Al contemplar los costes económicos del primer año de aplicación de la mejora no se consideran gastos de mantenimiento, ya que durante los 5 primeros años de vida útil del estudio se dispone de garantía total por parte del fabricante. Sin embargo, en la inversión inicial detallada en la tabla 1, los costes de mantenimiento si están contemplados bajo el concepto “otros”, compartiendo importe con la mano de obra y otros aspectos considerados.

En cuanto a la viabilidad económica del estudio, la propuesta planteada es viable, esta determinación se ha fundamentado analizando la correspondiente evaluación financiera mediante la inversión inicial, el ahorro generado, los costes asociados a la operación, la vida útil de las luminarias que ofrece el fabricante y la tasa de inflación correspondiente al propio estudio. La inversión se amortiza durante el sexto año, concretamente, el periodo de retorno de la inversión se produce en el año 6,61. Por otro lado, esta operación genera un indicador VAN de 19.826,81 € y un índice TIR del 9,32% tras finalizar la vida útil de los 12 años estimados. A fin de presentar los resultados lo más visuales posible, los indicadores de la viabilidad económica de la operación, anteriormente citados, se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 7.3: Indicadores de la viabilidad económica del estudio. Fuente: elaboración propia.

Métodos de evaluación	Indicador
Periodo de Retorno (P.R.)	6,61 años
Valor Actual Neto (VAN)	19.826,81 €
Tasa Interna de Retorno (TIR)	9,32 %

Dada la viabilidad económica del estudio, ahora le toca al Ayuntamiento decidir si disponen de los recursos e intereses necesarios para asumir esta operación o, por el contrario, desecharla. De decidir actuar favorablemente respecto al presente estudio, se deberá proceder según lo dispuesto en la ITC-EA-05 del “*Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07*”, en cuanto a la elaboración de una documentación técnica detallada de las instalaciones de alumbrado exterior analizadas, con sus correspondientes partes reglamentadas, como pueden ser el proyecto en sí, o la memoria técnica del diseño (MTD). Además, esta ITC también establece el régimen de verificaciones e inspecciones que se deberá llevar a cabo para la ejecución del proyecto basado en el presente estudio.

Se espera que este estudio sirva para lo expuesto y sea el paso previo a la sustitución del alumbrado público de la Robleda de Puente San Miguel, alcanzando los objetivos inicialmente establecidos.

Para cerrar el TFG, quiero dejar constancia de que en todo momento se ha actuado garantizando, en todos los ámbitos del estudio, el cumplimiento de los requerimientos técnicos exigidos y la normativa vigente.

8. CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA.

- [1] AFEISA (n.d.): *AFEI Sistemas y Automatización, S.A.*, Disponible en: <http://www.afeisa.es>.
- [2] Ayuntamiento de Reocín (n.d.): *Página web oficial del excelentísimo Ayuntamiento de Reocín*, Disponible en: <https://ayto-reocin.com>.
- [3] Belenguer Balaguer, E.F., Beltrán San Segundo, H., Gandía Fornés, L. (2.017): *Eficiencia energética en instalaciones de iluminación*, 3ª Edición, Fundación para la Eficiencia Energética f2e, Universitat Jaume I, Comunidad Valenciana.
- [4] BP Global (1.996-2.018): *BP Statistical Review of World Energy*, Disponible en: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>.
- [5] Bustamante Mediavilla, B. (2.017): *Auditoría energética con CE3X y estudio de implantación de paneles fotovoltaicos en un hotel con gimnasio y spa, situado en Torrelavega*, Trabajo fin de grado, Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía, Universidad de Cantabria.
- [6] Consejo Superior de Investigaciones Científicas (2.015): Código Técnico de la Edificación (CTE), Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>.
- [7] Dirección General de Industria, Comercio y Consumo (2.014): *Directrices técnicas del Plan de sostenibilidad energética de Cantabria 2.014 - 2.020*, B.O.C., jueves 17 de julio de 2.014 (137), Disponible en: http://www.dgicc.cantabria.es/detalle/-/journal_content/56_INSTANCE_DETALLE/16626/2534689.
- [8] Dirección General de Industria, Comercio y Consumo (2.014): *Plan de sostenibilidad energética de Cantabria 2.014 - 2.020*, B.O.C., jueves 17 de julio de 2.014 (137), Disponible en: http://www.dgicc.cantabria.es/detalle/-/journal_content/56_INSTANCE_DETALLE/16626/2534689.
- [9] Fernández Herrero, P. (2.011): *Cómo realizar una auditoría energética*, FC Editorial.
- [10] Gobierno de España (n.d.): Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR), Disponible en: <https://sede.minetur.gob.es/es-es/Paginas/contacto.aspx>.
- [11] IEA (2.018): *International Energy Agency*, Disponible en: <https://www.iea.org>.
- [12] Instituto Nacional de Estadística (2.018): *INEbase / Estadísticas territoriales*, Disponible en: https://www.ine.es/FichasWeb/RegComunidades.do?fichas=49&busc_comu=&botonFichas=Ir+a+la+tabla+de+resultados.
- [13] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2.017): *Guía técnica de eficiencia energética en iluminación: alumbrado público*, Disponible en: <http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/servicios/alumbrado-exterior>.

- [14] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2.017): *Iluminando las ciudades. Publicación Comisión Europea*, Disponible en: <http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/servicios/alumbrado-exterior>.
- [15] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2.017): *Inventario, consumo de energía y potencial de ahorro del alumbrado exterior municipal en España 2.017*, Disponible en: <http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/servicios/alumbrado-exterior>.
- [16] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2.017): *Protocolo de auditoría energética de las instalaciones de alumbrado público exterior*, Disponible en: <http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/servicios/alumbrado-exterior>.
- [17] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) (2.017): *Requerimientos técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior*, Disponible en: <http://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/servicios/alumbrado-exterior>.
- [18] Jefatura de Estado (2.008) “Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07”, *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, miércoles 19 de noviembre 2.008 (279), pp. 45.988 – 46.057.
- [19] Jefatura de Estado (2.018) “Artículo 16. Modificación del Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica”, *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, sábado 6 de octubre de 2.018 (242), pp. 97.452 – 97.454.
- [20] Nieto Romero, R.A., Arturo Saldarriaga, C. (2.016): *Estudio de viabilidad de la implementación de la tecnología LED en el alumbrado público existente sobre la Cl 31 en la ciudad de Palmira*, Estudio, Colección Académica de Ciencias Estratégicas, Universidad Pontificia Bolivariana.
- [21] Oria Alonso, C. (2.016): *Transformación y uso eficiente de la energía. Bloque II*, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía, Universidad de Cantabria.
- [22] Plasencia Plaza, C.G. (2.017): *Auditoría energética del municipio de Navas del Madroño (Cáceres)*, Trabajo fin de grado, Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía, Universidad de Cantabria.
- [23] Red Eléctrica de España (2.018): *Informe del Sistema Eléctrico Español 2.017*, Disponible en: <https://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/informe-anual/informe-del-sistema-electrico-espanol-2017>.
- [24] Secom (2.017): *Secom Iluminación, S.L.*, Disponible en: <http://www.secom.es>.
- [25] Universidad de Cantabria (n.d.): *Biblioteca Universitaria*, Disponible en: <https://web.unican.es/buc>.
- [26] Instituto Cántabro de Estadística (n.d.): *Fichas municipales de Cantabria*, Disponible en: <https://www.icane.es/munreport/dashboard/60>.



[27] Cardozo Méndez, G.A., Noguera Vega, L.A. (2015): *Diseño de una metodología de evaluación técnico-económica de nuevas tecnologías para la iluminación de espacios exteriores de uso peatonal*, Tecnura: Tecnología y Cultura Afirmando el Conocimiento, ISSN-e 0123-921X, Vol. 19, N°. Extra 1, 2015 (Ejemplar dedicado a: Edición especial), págs. 25-40.

[28] Rubén Pérez Maldonado, R., Gago Calderón, A. (2017): *Análisis de las instalaciones de alumbrado público en España a través de concursos públicos y tendencias de renovación y mejora en base a la eficiencia energética*, WPS Review International on Sustainable Housing and Urban Renewal: RI-SHUR, ISSN-e 2387-1768, N°. 5, 2017, págs.21-49.

[29] Grigoryeva, S., Baklanov, A., Titov, D., Sayun, V., Grigoryev, E. (2017): *Analysis energy efficiency of automated control system of LED lighting*, 2017 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON).

