



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

**BALANCE Y ANÁLISIS DE
RESULTADOS
ENERGÉTICOS,
ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS
DEL CAMBIO MASIVO A LED
EN ILUMINACIÓN URBANA -
EL CASO DE ESTUDIO DE LA
CIUDAD DE JAÉN**

Alumno: Manuel Pérez Martínez

Tutor: Prof. D. Manuel Jesús Hermoso Orzáez
Dpto: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Noviembre, 2019

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. OBJETO DE ESTUDIO.....	9
3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO	10
4. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL ARTE	11
4.1 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO.....	11
4.2 CARACTERÍSTICAS DEL ALUMBRADO PÚBLICO	12
4.2.1 Generalidades	12
4.2.2 Historia	13
4.2.3 Endesa	15
4.2.4 Sistema tarifario	16
4.2.5 Plan de Optimización Energética	20
4.3 INVENTARIO PREVIO.....	21
4.3.1 Inventario energético.....	22
4.3.2 Inventario de alumbrado público y semáforos	25
4.3.3 Inventario de las dependencia municipales	26
4.4 INVENTARIO ACTUAL	26
5. TECNOLOGÍA Y EFICIENCIA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO	33
5.1 LUMINARIAS.....	33
5.2 EQUIPOS AUXILIARES	34
5.2.1 Balastos	35
5.2.2 Condensadores.....	35
5.2.3 Arrancadores	36
5.2.4 Elementos de maniobra	36
5.3 LÁMPARAS	37
5.3.1 Lámparas tradicionales.....	38
5.3.2 Lámparas LED	47

5.4 SISTEMAS DE AHORRO	55
5.4.1 LÁMPARAS	55
5.4.2 EQUIPOS AUXILIARES	56
5.4.3 EQUIPOS DE CONTROL	57
5.4.4 MÉTODOS DE CONTROL.....	59
5.5 MODELOS DE LUMINARIAS LED INSTALADAS EN JAÉN	61
5.5.1 Luminaria LED serie T1A.....	61
5.5.2 Luminaria Villa LED.....	62
5.5.3 Luminaria Fernandina LED.....	63
5.5.4 Luminaria Globo serie GL1A Modelo Jaén	64
5.5.5 Luminaria serie FL1A – Ultra Bright.....	65
5.5 MEJORAS APLICABLES EN JAÉN.....	66
6. LEGISLACIÓN APLICABLE.....	68
6.1 DIRECTIVAS Y LEGISLACIÓN COMUNITARIAS	68
6.2 LEGISLACIÓN ESPAÑOLA.....	69
6.3 LEGISLACIÓN ANDALUZA	71
7. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE AHORRO	72
7.1 COSTE ENERGÉTICO	73
7.1.1 Análisis mensual.....	73
7.1.2 Análisis anual	76
7.2 CONSUMO ENERGÉTICO.....	77
7.2.1 Análisis mensual.....	77
7.2.2 Análisis anual	80
7.3 ESTUDIO IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	81
7.3.1 Número de lámparas instaladas.....	82
7.3.2 Consumo energético anual	82
7.4.3 Proceso de fabricación de las lámparas	83

7.4 ESTUDIO LUMINOTÉCNICO.....	83
7.4.1 Criterios de calidad.....	84
7.4.2 Niveles de iluminación recomendados.....	86
7.4.3 Aplicación en calles de la ciudad de Jaén.....	89
7.5 ESTUDIO DE RENTABILIDAD.....	92
7.5.1 Determinación de los flujos de caja.....	92
7.5.2 Cuadro de la inversión teórica.....	105
7.5.3 Cuadro de la inversión real.....	106
7.5.4 Análisis de la inversión.....	107
8. RESULTADOS.....	110
8.1 VAN.....	110
8.2 TIR.....	110
8.3 Pay-Back.....	111
9. DISCUSIÓN.....	112
10. CONCLUSIONES.....	113
11. ANEXOS.....	114
ANEXO I - “Mapas de los distintos centros de mando y puntos de luz de la ciudad de Jaén”.....	115
ANEXO II - “Cálculos luminotécnicos con diferentes luminarias en calles de Jaén. DIALUX” ...	148
ANEXO III - “Características de las luces LED existentes en Jaén. Catálogo LEDUS para alumbrado exterior”.....	232
12. Bibliografía.....	254

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa del municipio de Jaén.....	11
Ilustración 2. Composición de las luminarias. Fuente: THOMAS & BETTS CORPORATION	34
Ilustración 3. Lámpara fluorescente.	39
Ilustración 4. Lámpara de vapor de mercurio a alta presión.	40
Ilustración 5. Lámpara de mercurio con halógenos metálicos	42
Ilustración 6. Lámpara de vapor de sodio a baja presión	43
Ilustración 7. Lámpara de vapor de sodio a alta presión	44
Ilustración 8. Lámpara de descarga por inducción	45
Ilustración 9. Componentes de un LED	47
Ilustración 10. LED DIP.....	49
Ilustración 11. LED HIGH POWER	50
Ilustración 12. LED SMD	50
Ilustración 13. LED COB.....	51
Ilustración 14. LED MULTICOP.....	51
Ilustración 15. Luminaria de nueva instalación.....	52
Ilustración 16. Luminaria modificada	53
Ilustración 17. Luminaria modificada	53
Ilustración 18. Driver	54
Ilustración 19. Balasto electrónico	57
Ilustración 20. Balasto electromagnético	57
Ilustración 21. Esquema de un sistema de telegestión	60
Ilustración 22. Luminaria LED serie T1A. Fuente: LEDUS.....	61
Ilustración 23. Luminaria Villa LED. Fuente: LEDUS.....	62
Ilustración 24. Luminaria Fernandina LED. Fuente: LEDUS.....	63
Ilustración 25. Luminaria Globo GL1A modelo Jaén. Fuente: LEDUS	64
Ilustración 26. Serie FL1A – Ultra Bright. Fuente: LEDUS	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Distribución de módulos de medida en función del tipo de suministro	22
Gráfico 2. Distribución del consumo eléctrico en función del tipo de suministro	24
Gráfico 3. Distribución del coste eléctrico en función del tipo de suministro	24
Gráfico 4. Porcentaje de los diferentes tipos de lámparas	25
Gráfico 5. Proporción de luces LED de cada tipo	28
Gráfico 6. Distribución de potencias para luces viales.....	28
Gráfico 7. Distribución de potencias para luces globo.....	29
Gráfico 8. Distribución de potencias para luces villa.....	29
Gráfico 9. Distribución de potencias para luces Fernandinas	30
Gráfico 10. Distribución de potencias para proyectores.....	30
Gráfico 11. Distribución de potencias para bulbos	31
Gráfico 12. Facturación eléctrica 2009 Jaén.	73
Gráfico 13. Facturación eléctrica 2010 Jaén.	74
Gráfico 14. Facturación eléctrica 2011 Jaén.	74
Gráfico 15. Facturación eléctrica 2012 Jaén.	74
Gráfico 16. Facturación eléctrica 2013 Jaén.	75
Gráfico 17. Facturación eléctrica 2014 Jaén.	75
Gráfico 18. Facturación eléctrica 2015 Jaén.	75
Gráfico 19. Facturación eléctrica 2016 Jaén.	76
Gráfico 20. Facturación eléctrica 2017 Jaén.	76
Gráfico 21. Facturación eléctrica anual Jaén. Años 2009 a 2017.....	77
Gráfico 22. Consumo eléctrico 2009.....	77
Gráfico 23. Consumo eléctrico 2010.....	78
Gráfico 24. Consumo eléctrico 2011.....	78
Gráfico 25. Consumo eléctrico 2012.....	78
Gráfico 26. Consumo eléctrico 2013.....	79
Gráfico 27. Consumo eléctrico 2014.....	79
Gráfico 28. Consumo eléctrico 2015.....	79
Gráfico 29. Consumo eléctrico 2016.....	80
Gráfico 30. Consumo eléctrico 2009.....	80
Gráfico 31. Consumo eléctrico anual. Años 2009 a 2017	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de municipios en Andalucía con alumbrado público	14
Tabla 2. Margen de potencias Tarifa 1.0.....	17
Tabla 3. Unidades de consumo energético en Jaén	21
Tabla 4. Consumo y costes de los diferentes tipos de suministros	23
Tabla 5. Número de lámparas tradicionales de cada tipo en Jaén	25
Tabla 6. Número de instalaciones para cada tipo de uso en Jaén	26
Tabla 7. Número de luces LED de cada tipo en Jaén	27
Tabla 8. Potencias instaladas luces viales	28
Tabla 9. Potencias instaladas luces de tipo globo.....	29
Tabla 10. Potencias instaladas luces globo.....	29
Tabla 11. Potencias instaladas luces Fernandinas	30
Tabla 12. Potencias instaladas proyectores	30
Tabla 13. Potencias instaladas bulbos	31
Tabla 14. Potencia total instalada en Jaén	32
Tabla 15. Características lámparas fluorescentes	39
Tabla 16. Características lámparas de vapor de mercurio a alta presión.....	41
Tabla 17. Características lámparas de mercurio con halogenuros metálicos. Fuente: IDAE.....	42
Tabla 18. Características lámparas de vapor de sodio a baja presión. Fuente: IDAE	44
Tabla 19. Características lámparas de vapor de sodio a alta presión. Fuente: IDAE	45
Tabla 20. Características lámparas de descarga por inducción.	46
Tabla 21. Coste energético. Año 2009 al 2017	72
Tabla 22. Consumo energético. Año 2009 al 2017.	72
Tabla 23. Clases de alumbrado serie ME. Fuente: ITC.....	87
Tabla 24. Clases de alumbrado serie S. Fuente: ITC	88
Tabla 25. Clases de alumbrado serie CE. Fuente: ITC.....	89
Tabla 26. Gastos generales.....	95
Tabla 27. Inversión inicial en eficiencia energética	100
Tabla 28. Flujos de caja del estudio de la inversión teórica.	105
Tabla 29. Flujos de caja de la inversión real	106

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ciudad de Jaén vista satélite.....	116
Mapa 2. Zonas con iluminación LED Jaén	117
Mapa 3. Límites distrito 1	118
Mapa 4. Centros de mando distrito 1	119
Mapa 5. Puntos de luz distrito 1	120
Mapa 6. Límites distrito 2	121
Mapa 7. Centros de mando distrito 2	122
Mapa 8. Puntos de luz distrito 2.....	123
Mapa 9. Límites distrito 3	124
Mapa 10. Centros de mando distrito 3.....	125
Mapa 11. Puntos de luz distrito 3.....	126
Mapa 12. Límites distrito 4	127
Mapa 13. Centros de mando distrito 4.....	128
Mapa 14. Puntos de luz distrito 4. Zona Norte.....	129
Mapa 15. Puntos de luz distrito 4. Zona Este y Oeste.....	130
Mapa 16. Puntos de luz distrito 4. Zona Sur	131
Mapa 17. Límites distrito 5	132
Mapa 18. Centros de mando distrito 5.....	133
Mapa 19. Puntos de luz distrito 5. Zona Este.....	134
Mapa 20. Puntos de luz distrito 5. Zona Oeste.....	135
Mapa 21. Límites distrito 6	136
Mapa 22. Centros de mando distrito 6.....	137
Mapa 23. Puntos de luz distrito 6.....	138
Mapa 24. Límites distrito 7	139
Mapa 25. Centros de mando distrito 7.....	140
Mapa 26. Puntos de luz distrito 7	141
Mapa 27. Límites distrito 8	142
Mapa 28. Centros de mando distrito 8.....	143
Mapa 29. Puntos de luz distrito 8.....	144
Mapa 30. Límites distrito 9	145
Mapa 31. Centros de mando distrito 9.....	146
Mapa 32. Puntos de luz distrito 9.....	147

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente vivimos en un mundo rodeado de un creciente uso de los sistemas eléctricos que dependen de la energía y una tendencia al consumo de los recursos no renovables. Los distintos especialistas en este ámbito están procediendo a la búsqueda de soluciones sostenibles en el tiempo.

Con el rápido desarrollo de la sociedad y la tecnología aún resulta increíble la enorme cantidad de recursos ambientales y económicos ineficientes que se utilizan en los sistemas energéticos.

El objetivo para mejorar esta situación es alcanzar el mayor ahorro energético y eficiencia posible. En primer lugar, se busca obtener un ahorro económico reduciendo el gasto energético, para lo cual se obtendrá la maximización del beneficio con menores costes. En segundo lugar, se pretende reducir el impacto medioambiental que producen los sistemas energéticos, disminuyendo la utilización de los mismos. Por último, se buscan alcanzar mejoras en la tecnología de los sistemas y servicios energéticos con las que poder maximizar los recursos y conseguir una independencia económica.

En el ámbito de la energía eléctrica los costes han alcanzado últimamente niveles muy altos que se ven reflejados en un aumento de las facturas. La rama de la ingeniería electrónica esta vinculada con la eléctrica y permite controlar la energía y la potencia de los sistemas eléctricos. Con un buen control de la potencia de energía que utilizan los dispositivos eléctricos, podremos disminuir el consumo de energía.

El estudio y aplicación de tecnologías eficientes y diferentes medidas de ahorro existentes en el sector son esenciales para reducir el consumo y es el principal objetivo de este proyecto.

2. OBJETO DE ESTUDIO

El principal objetivo de este Trabajo Fin de Grado (TFG) es comprobar en términos económicos y energéticos la rentabilidad real de una inversión realizada en la ciudad de Jaén en el año 2013 para un aumento de la eficiencia energética. Otros objetivos perseguidos son los siguientes:

- Conocer la tecnología y los diferentes sistemas de ahorro existentes en la ciudad de Jaén.
- Disminuir el consumo eléctrico del alumbrado público empleando tecnología nueva.
- Mejorar la eficiencia energética de las instalaciones en función de los criterios del vigente Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.
- Estudiar la aplicación de una posible mejora para el sistema de alumbrado público.
- Cumplir con el compromiso social y medio ambiental de hacer cada vez las instalaciones más eficientes y sostenibles.

3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Para la realización del presente TFG se comenzará por definir la zona en la que se va llevar a cabo el estudio, la ciudad de Jaén. A continuación, se explican las características del sistema de alumbrado, los diferentes tipos de tecnologías existentes y de sistemas tarifarios. También se presenta un POE (Plan Optimización Energética) que se realizó en la ciudad de Jaén para la sustitución de luces convencionales por luces LED.

Sobre este POE se situará la referencia para el desarrollo del trabajo y gracias a la auditoria que plantea se puede saber cuál es la situación previa. Con la ayuda de esta información y los datos aportados por el Ayuntamiento de Jaén se procede a analizar los datos de consumos y gastos eléctricos y se calcula la rentabilidad del proyecto con datos reales. Se utilizarán los criterios del VAN, TIR y Pay-back para el cálculo de la rentabilidad.

Por último, se realizará una comparación de los datos reales y los datos aproximados del estudio previo que se realizó. Se establecerán conclusiones en función de los resultados obtenidos y se expondrá una posible medida de mejora.

4. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

4.1 SITUACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MUNICIPIO

La ciudad de Jaén es un municipio de España siendo la capital de la provincia de Jaén, perteneciente a la comunidad autónoma de Andalucía. A su alrededor hay diversas tierras de cultivo fértiles y una gran cantidad de olivares que cubren gran parte de su extensión. Sus límites naturales son: al norte el río Guadalbullón que pasa cerca de la ciudad, al sur, las sierras de Jaén y al suroeste el monte de Jabalcuz. Está situada entre la depresión Bética y la cordillera Subbética.

Este municipio se ubica en las laderas del cerro de Santa Catalina, cuya cima posee el castillo con el mismo nombre del cerro. Se encuentra a 570 metros de altitud sobre el nivel del mar, aunque tiene unas altitudes muy diferentes entre los distintos barrios debido a su situación. Su extensión es de 424,30 km² y cuenta con 113.457 de habitantes. La ciudad posee calles de gran pendiente que definen su urbanismo y se va extendiendo hacia las zonas más llanas y amplias.

En la ilustración 1 aparece el mapa de Andalucía junto con el de Jaén aumentado. La zona delimitada por la línea roja representa la zona metropolitana de Jaén y la zona en naranja el área que engloba a la ciudad de Jaén.

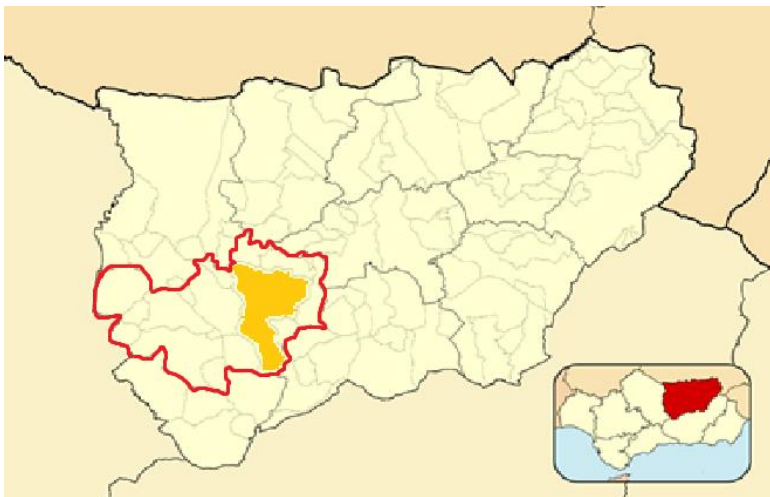


Ilustración 1. Mapa del municipio de Jaén

Jaén ha tenido una gran importancia estratégica debido a la situación que tiene, habiéndose encontrado varios de los asentamientos humanos de Europa más antiguos. Del mismo modo esta ciudad ha sido muy importante en la historia del Reino de Castilla y de al-Ándalus.

Su patrimonio histórico y artístico es también importante del que destacamos la catedral de la Asunción de la Virgen, los Baños Árabes, el castillo con sus tres alcázares, y el emblemático Monumento a las Batallas, que hace honor a la batalla de Las Navas de Tolosa y la batalla de Bailén, ambas sucedidas en la provincia de Jaén.

La producción de aceite de oliva es la actividad económica más importante de toda la provincia de Jaén, siendo la que más produce en el mundo, lo cual le hace recibir a la ciudad el lema de «Capital mundial del aceite de oliva».

4.2 CARACTERÍSTICAS DEL ALUMBRADO PÚBLICO

4.2.1 Generalidades

El alumbrado público es un servicio destinado a la iluminación de las vías públicas de los distintos municipios o espacios de libre circulación para proporcionar visibilidad adecuada para el desarrollo de las distintas actividades. Generalmente el alumbrado público es un servicio municipal que depende de cada ayuntamiento, el cual se encarga de su instalación y mantenimiento, aunque en las infraestructuras viales o carreteras esta tarea corresponde al gobierno regional o central.

Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA) el consumo eléctrico en el alumbrado público puede llegar a situarse entre un 50% y un 60% del consumo eléctrico total en un Ayuntamiento. En España, hay 8 millones de puntos de luz aproximadamente que consumen una media de 165 W por punto.

Con la realización de auditorías en muchos municipios y tras calcular aproximadamente unas 4.100 horas de funcionamiento medio al año, la cantidad de energía que consumen las instalaciones destinadas al alumbrado exterior en España es de 5,37 TWh anuales. En otras palabras, estas instalaciones suponen alrededor de un 10% del consumo eléctrico total en nuestro país.

(Beltrán)

4.2.2 Historia

A inicios del siglo XX en España, los ayuntamientos y las diputaciones se empezaron a hacer cargo de servicios sociales tanto tradicionales como novedosos (viviendas sociales, construcción de escuelas, centros residenciales y hospitales), de reformar los cementerios y de las instalaciones de saneamiento. También estuvieron a su cargo los servicios nacidos a raíz del desarrollo de la electricidad: el teléfono, el tranvía y el alumbrado que para nuestro estudio es el más interesante.

Por tanto, los ayuntamientos tenían la obligación de satisfacer el suministro de los servicios públicos mediante el uso de concesionarios privados o inversiones públicas que son financiadas a través del endeudamiento.

Las transformaciones más importantes del alumbrado público de Andalucía fueron durante el primer tercio del siglo XX que fue cuando se sustituyeron los sistemas tradicionales de alumbrado (petróleo y aceite) por luz eléctrica.

La iluminación por gas empezó a ser mucho menos utilizada en esa fecha y de ello se benefició el alumbrado público eléctrico. Esto fue gracias a los avances tecnológicos que permitieron conseguir un gran número de consumidores a un precio relativamente bajo.

Desde principios del siglo XX hasta principios de los años treinta, la industria de la electricidad en Andalucía que se dedicaba al alumbrado público sufrió un desarrollo positivo. Aumentó el número de fábricas más de un 40% y la producción en hasta un 76,2%. El número de municipios andaluces con alumbrado público creció de 114 a 388 entre los comienzos de siglo y finales de los años veinte.

Provincias	1906	1920-21	1928	1933
<i>Almería</i>	7	25	48	13
<i>Cádiz</i>	17	18	30	35
<i>Córdoba</i>	18	48	35	36
<i>Granada</i>	16	9	34	25
<i>Huelva</i>	7	40	57	63
<i>Jaén</i>	16	82	48	63
<i>Málaga</i>	19	26	50	20

Sevilla	14	84	86	102
Andalucía	114	333	388	357

Tabla 1. Número de municipios en Andalucía con alumbrado público

Esto no fue así para todas las provincias andaluzas ya que el reparto regional de los municipios con alumbrado público cambió drásticamente en menos de treinta años. A principio de siglo era menos presente en las provincias de Huelva y Almería. A finales de los años veinte la peor situación se situó en las provincias de Cádiz y Granada.

Otro hecho importante en el alumbrado público fue la concentración empresarial que se caracterizó por una disminución de empresas que se dedicaban a este servicio y también una rápida expansión en el ámbito de dominio. Así a principios de siglo su zona de influencia era a nivel municipal pero luego se desarrollaba a nivel comarcal.

A principios de los años treinta Sevillana de Electricidad era la que suministraba la electricidad para el alumbrado público a varias provincias en Andalucía. Las otras dos empresas grandes eran Mengemor y El Chorro que no superaban el ámbito provincial en la oferta de este servicio.

Analizando el desembolso económico efectuado por los ayuntamientos con respecto al pago de fluido para alumbrado podemos concluir que la media regional se situó en 0,2 pts./hab entre 1920 y 1921 (similar a la cifra del conjunto del estado).

ETAPAS

La evolución de la energía eléctrica en la provincia de Andalucía se divide en tres etapas:

- En la primera, entre los años 1908 y 1910, se tenían recursos financieros y técnicos limitados, predominaba la generación del vapor y el uso de la energía se realizaba a nivel local o incluso menor.
- En la segunda, desde principios de siglo y hasta mediados de los años veinte, la actividad se incrementó hasta los niveles comarcales y mayores. Con la ayuda de la tecnología ya se podía utilizar la energía de centrales alejadas de los lugares de consumo y se contaba con medianas y grandes empresas que atraían recursos financieros. Las redes eléctricas aumentaron su tamaño y se diversificaron para garantizar una demanda estable y suficiente. La electricidad

se convirtió en un servicio de primera necesidad y de coste bajo en la mayoría de municipios de Andalucía.

- La tercera comienza en los años veinte y se caracteriza por la interconexión de las redes entre regiones, con las que se producían intercambios de electricidad. También se desarrollan los modos de generación y la optimización para la reducción de costes.

Las empresas andaluzas que protagonizaron esta tercera etapa fueron: Sevillana de Electricidad, Mengemor, Hiroeléctrica del Chorro y la sociedad de Fuerzas Motrices del Valle de Lecrín.

- Actualmente en Andalucía existe la siguiente tecnología para generar electricidad:
 - 8 centrales térmicas de gran tamaño que suman una potencia de 2.887,5 MW.
 - 66 centrales hidráulicas de tamaño medio-pequeño con una potencia total de 1.050 MW.
 - 2 parques eólicos con una potencia global de 30 MW
 - 14 centrales térmicas de cogeneración con una potencia con un 172 MW de potencia global.

(Paradas)

4.2.3 Endesa

Endesa (Empresa Nacional de Electricidad Sociedad Anónima) es una compañía perteneciente a la industria de la energía y dedicada a la producción de electricidad y de gas. Es una de las tres grandes empresas del sector eléctrico español y junto a Naturgy e Iberdrola lideran el 90% aproximadamente del mercado eléctrico en España.

Fue fundada en el año 1944 por el Instituto Nacional de Industria con el nombre de Empresa Nacional de Electricidad S.A. En los años 80 llega a ser la mayor productora de energía eléctrica y dando lugar al Grupo Endesa. A partir de la década de los 2000, la empresa comienza a internacionalizarse, centrándose en Latinoamérica. También empieza a diversificarse y a entrar en sectores como el de la telecomunicación.

En el año 1894 fue fundada la Compañía Sevillana de Electricidad, S.A. en Sevilla. Durante el siglo XX y sufriendo muchos procesos de fusión y absorción de distintas compañías, dominó casi la totalidad de la producción de energía eléctrica en Andalucía. Con la entrada del país en la Unión Europea se produjo la liberalización del mercado eléctrico español y Endesa empezó a tener un gran número de acciones de la compañía sevillana en 1991.

En 1996, el Grupo Endesa se hace con el 75% de las acciones y con su absoluto control. Al principio continuó siendo una filial hasta que en 1999 dejó de cotizar en bolsa y en 2002 desapareció la compañía y pasó a formar parte por completo del Grupo Endesa, la mayor empresa de sector eléctrico en España.

Actualmente, esta empresa es la encargada de suministrar electricidad en la ciudad de Jaén entre otras ciudades, de la cual parte de ella se destina al alumbrado público.
(EuropaPress, 2016)

4.2.4 Sistema tarifario

El sistema de tarifas en España esta regulado por la Orden Ministerial de 12 de Enero de 1995 siendo el ámbito en el que se aplica la energía suministrada por empresas del Sistema Integrado de Facturación de Energía Eléctrica (SIFE). En las facturas eléctricas tenemos dos términos: término de facturación de energía (T_e) en kWh y el término de facturación de potencia (T_p) en kW.

El término de energía incluye la energía que consume el abonado en el periodo de facturación en el que se encuentre, obtenido del producto de la energía que ha sido consumida en el período por el precio de la energía.

El término de potencia se refiere a la potencia contratada por el abonado y es obtenido del producto de la potencia que hay que facturar por el precio de la potencia en función de la tarifa elegida. La suma de ambas es la tarifa básica que se incluye en todo tipo de facturación:

$$T_p = \text{Potencia contratada [kW]} \times \text{Precio del término de potencia} \times 2 \text{ (si es bimensual)}$$

$$T_e = \text{Energía consumida [kWh]} \times \text{Precio del término de Energía}$$

$$\text{Tarifa básica} = T_p + T_e$$

También existen complementos que se pueden aplicar a los términos anteriores:

- Discriminación horaria
- Energía reactiva
- Interrumpibilidad (sólo para alta tensión).
- Estacionalidad (sólo para alta tensión).

Las distintas tarifas que se pueden contratar dependerán de la tensión necesaria para su acometida que será alta o baja. Las de baja tensión son las que se aplican a instalaciones que necesiten una tensión nominal inferior a 1000 V. En cambio, las de media o alta tensión se aplica a aquellas instalaciones que requieran de una tensión nominal superior a 1000 V.

A continuación, veremos en detalle aquellas tarifas que tiene contratadas el ayuntamiento de Jaén con Endesa en función de la tensión y potencia necesaria.

4.2.4.1 Tarifas para baja tensión

Tarifa 1.0

Esta tarifa es aplicable a todos los usos, permite utilizarse en instalaciones bifásicas o de fase-neutro con potencias contratadas no superiores a 770 W. El margen de potencias se encuentra entre 330 W y 770 W.

Tensión nominal	Potencia contratada
130 V	445 W, 635 W
240 V	330 W, 770 W

Tabla 2. Resumen margen de potencias Tarifa 1.0

Tarifa 2.0

Se puede aplicar a cualquier suministro de baja tensión siempre y cuando la potencia contratada no sea superior a 10 kW. A esta tarifa se le aplicará el complemento de energía reactiva solo si su factor de potencia ($\cos \phi$) es inferior a 0,8.

También se le puede aplicar el complemento por discriminación horaria (2.0 DHA) lo que significa que tiene diferentes períodos de facturación con precios de energía diferentes (valle y punta). Estos horarios dependerán de si nos encontramos en verano o en invierno ya que las horas de luz natural serán diferentes. En caso de no tener discriminación horaria la tarifa sería llamada 2.0 A y el precio de la energía sería siempre el mismo.

Tarifa 2.1

Se asemeja bastante a la tarifa 2.0 con la única diferencia de que esta ofrece potencias entre 10 kW y 15 kW. Al igual que en la anterior también se le puede aplicar el complemento por discriminación horaria (2.1 DHA) y en caso de no hacerlo tendría el nombre de tarifa 2.1 A.

Tarifa 3.0 A

Se aplica a cualquier tipo de instalación con independencia de la potencia contratada. Se puede aplicar los complementos de energía reactiva y discriminación horaria pero no los de estacionalidad ni interrumpibilidad.

Esta tarifa se caracteriza por su división en tres periodos de tiempo (valle punta y llano), en los cuales se incluye la potencia y energía proporcionada en función de diferentes valores económicos que dependerán del momento de consumo. La potencia energética que se suministra debe ser superior a los 15kW, por lo que esta pensada para zonas en las que se precisa una gran cantidad de energía como pueden ser calles amplias y largas.

4.2.4.2 Tarifas para alta tensión

Tarifa 3.1 A

La principal diferencia con la anterior es que, en relación con la cantidad de energía y potencia ofrecida al consumidor, aporta entre 1 kV y 36 kV de energía y la potencia debe ser igual o inferior a 450 kW.

Al igual que la anterior se divide en tres periodos en términos de potencia y energía, para los cuales será diferente el importe de contratación en función de la hora de uso que corresponderá a cada periodo. Aquí se distinguen también diferentes horarios para sábados, domingos y festivos nacionales al contrario que las anteriores.

Tarifa 6.1 A

La tarifa 6.1 A esta caracterizada por una potencia mayor a 450kW y por su división en seis periodos (P1, P2, P3, P4, P5 y P6) que no tienen nada que ver con los periodos de punta, llano y valle. Este tipo de tarifa tiene discriminación horaria, por eso posee seis periodos distintos. El coste de la potencia y energía contratada irá dependiendo del tramo horario en el que sea consumida, por lo que es recomendada para un elevado consumo.

También dependerá del mes en el que estemos diferenciando diferentes horarios para Enero y Febrero, Marzo, Abril y Mayo, 1^a quincena de Junio, 2^a quincena de Junio y Julio, Agosto, sábados, domingos y festivos nacionales, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre.

Tenemos dos variantes en función de energía y potencia, ambas para una potencia superior a 450 kW:

-Tarifa 6.1 A: tarifa general entre 1 kV y 30 kV de energía.

-Tarifa 6.1 B: tarifa general entre 30 kV y 36 kV de energía.

(Mc Graw Hill Educación)

4.2.5 Plan de Optimización Energética

Un Plan de Optimización Energética Municipal o POE es un análisis energético detallado de todas las instalaciones energéticas que dependen del Ayuntamiento, con el que se establecen un conjunto de propuestas de ahorro que influyen directamente en el coste y consumo energético en el alumbrado, edificios y el resto de instalaciones municipales.

En el caso de Jaén se realizó un estudio en el año 2013 para llevar a cabo un cambio de luces tradicionales a luces LED. La UTE (Unión Temporal de Empresas) que realizó la oferta para solucionar estos problemas estaba compuesta por TECDOA e INDRA. Estas empresas hacen un planteamiento para abordar la gestión de Servicio de Alumbrado en Jaén, conjuntamente con el Servicio Semafórico y el asociado a las Fuentes ornamentales y de beber, propiedad del Ayuntamiento de Jaén. La oferta se basa en una gestión integral y avanzada del servicio, cuyo objetivo principal es la reducción de los costes asociados sin la necesidad de una disminución de la calidad lumínica, ni de los niveles de servicio requeridos.

Los objetivos perseguidos en la oferta planteada se resumen en:

- **Reducción de los consumos energéticos:** con el objetivo de disminuir la dependencia de los incrementos tarifarios, reducir los costes económicos asociados y mitigar la emisión de gases contaminantes.
- **Reducción de costes totales del servicio de alumbrado:** reducción de los costes actuales del servicio de alumbrado público incrementando la calidad del mismo.
- **Mejora de la iluminación y reducción de la contaminación lumínica:** mediante la implantación de sistemas de iluminación avanzados y de bajo consumo energético.
- **Garantía de los niveles de servicio requeridos:** mediante la prestación de un servicio preventivo y correctivo de calidad que garantice al mantenimiento adecuado de las instalaciones y facilite la supervisión y control por parte de los responsables municipales.
- **Facilitación de la gestión directa municipal:** Mediante la contratación de una gestión integrada de los suministros, intervenciones, desarrollos y proveedores

necesarios, incluido el pago del suministro energético (Empresa de Servicios Energéticos).

4.3 INVENTARIO PREVIO

El inventario previo corresponde a la Auditoria Energética realizada para el proyecto del cambio a luminarias LED y la puesta en marcha de las mejoras propuestas en el año 2013. Incluye lo siguiente:

- **Inventario energético:** Análisis detallado de los costes y consumos totales de la ciudad en función del tipo (renovables, combustibles o eléctricos).
- **Inventario de alumbrado público y semáforos:** Estudio de las características y los usos del alumbrado público y los semáforos (INVIEM y SICAP).
- **Inventario de edificios y otras dependencias municipales:** Análisis exhaustivo de los usos, centros y características de consumo de las dependencias municipales (INVIEM).

Los siguientes datos que se consideran en el estudio son los que corresponden a los años 2009 y 2010, a partir de las facturaciones aportadas por el Ilustrísimo Ayuntamiento de Jaén. Las unidades de consumo energético que dependen de un Ayuntamiento se clasifican en: Alumbrado público, Semáforos, Edificios y otros que pertenecen instalaciones de ámbito municipal. El número de estos módulos de medida inventariados en la ciudad es de 400.

Tipo de suministro	Nº de Suministros
Edificios	143
Alumbrado Público	228
Semáforos	10
Otros	19
TOTAL	400

Tabla 3. Unidades de consumo energético en Jaén

En otros se incluyen suministros de bombeos, fuentes, repetidores de televisión y contenedores soterrados, como cualquier tipo de suministro no aplicable a los demás grupos. En el gráfico 1 se detalla el reparto de estos suministros:

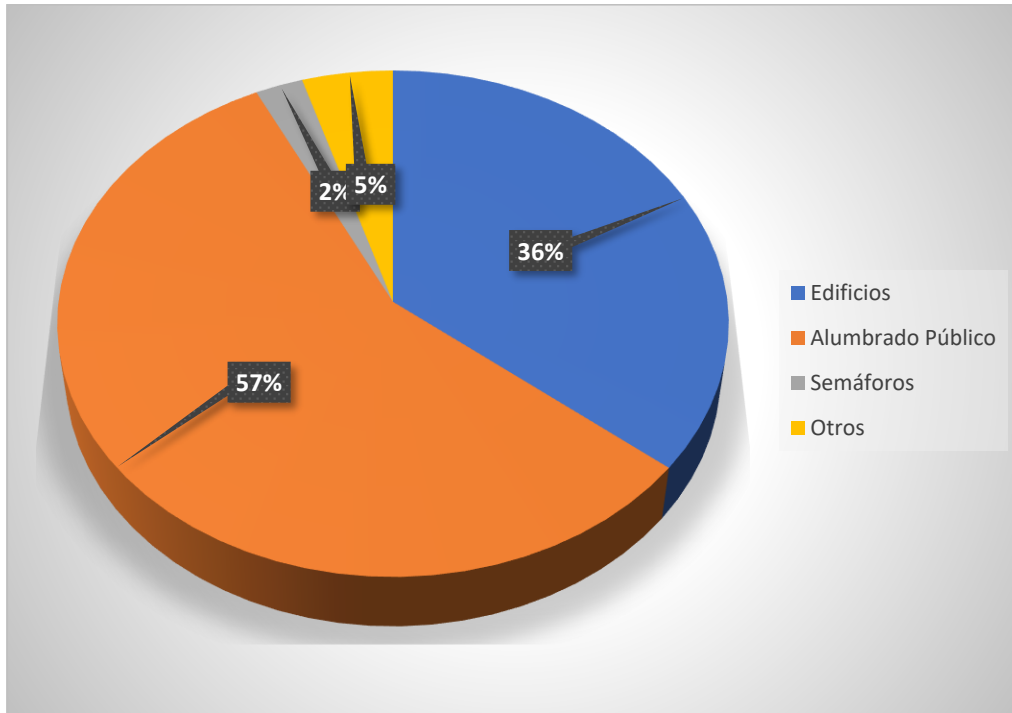


Gráfico 1. Distribución de módulos de medida en función del tipo de suministro

Es importante saber que, de los 70 grupos semafóricos existentes, 57 se encuentran conectados a suministros de alumbrado público y 2 de ellos a otras instalaciones. Con las fuentes ocurre de forma similar, 22 fuentes se encuentran conectadas a suministros de alumbrado público y 2 a edificios municipales.

4.3.1 Inventario energético

4.3.1.1 Consumos y costes totales

El consumo energético total que corresponde a la energía primaria de las instalaciones municipales es de 4.382,24 tep/año, lo que conlleva un coste económico anual de 3.742.113,98 euros.

La energía eléctrica es el tipo de energía más consumida en las instalaciones municipales. Representa el 83,0% del consumo de energía primaria y el 93,9% del coste energético del Ayuntamiento.

4.3.1.2 Consumos eléctricos

En relación a los consumos eléctricos se pueden clasificar como hemos hecho anteriormente en el inventario energético, como se puede ver en la Tabla 4.

Tipo de suministro	Consumo		Coste		
	kWh	kWh/hab	€	€/hab	€/kWh
Edificios	5.986.835	51,36	1.173.165,45	10,07	0,1960
Alumbrado Público	14.051.874	120,56	2.200.096,74	18,88	0,1566
Semáforos	28.109	0,24	4.666,26	0,04	0,1660
Otros	718.035	6,16	134.545,96	1,15	0,1874
TOTAL	20.784.853	178,32	3.512.474,42	30,14	0,1690

Tabla 4. Consumo y costes de los diferentes tipos de suministros

Es importante saber que los 59 reguladores semaforicos conectados a las instalaciones de alumbrado público y otras instalaciones, tienen un consumo y un coste que han sido incluidos en los suministros de alumbrado público y otras instalaciones.

Al igual que las 24 fuentes conectadas a instalaciones de alumbrado público y dependencias municipales también tienen costes y consumos contabilizados en los suministros de alumbrado público y dependencias municipales.

En los gráficos 2 y 3 se aprecia el reparto de los consumos eléctricos y los costes eléctricos:

Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN

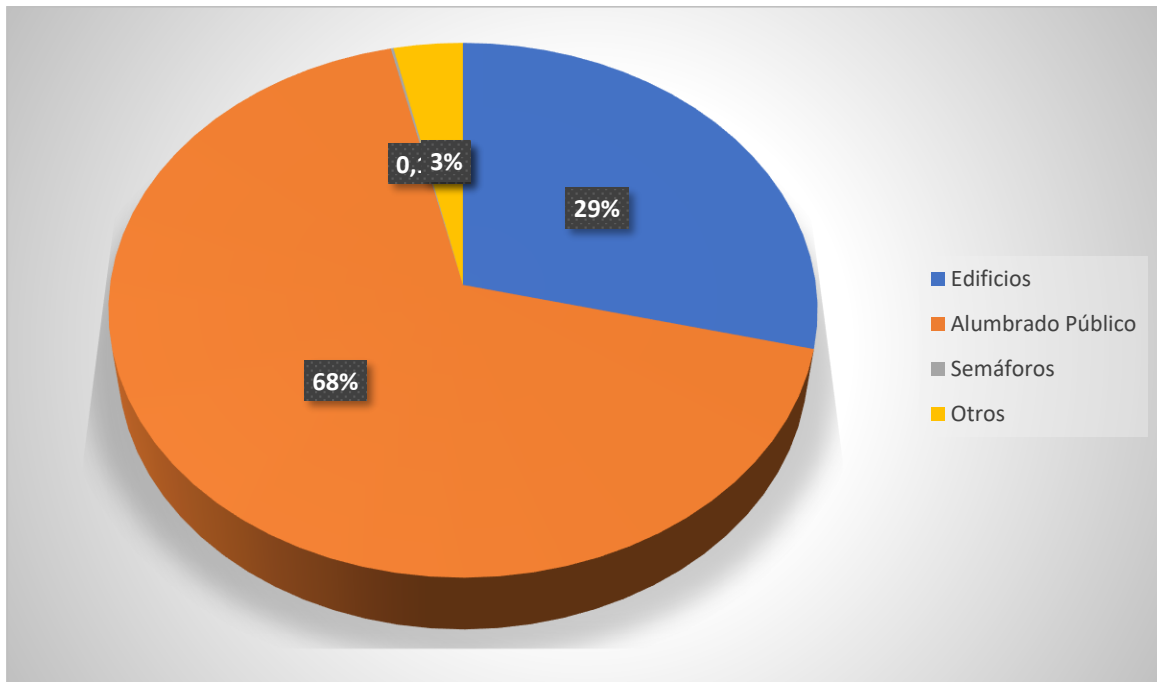


Gráfico 2. Distribución del consumo eléctrico en función del tipo de suministro

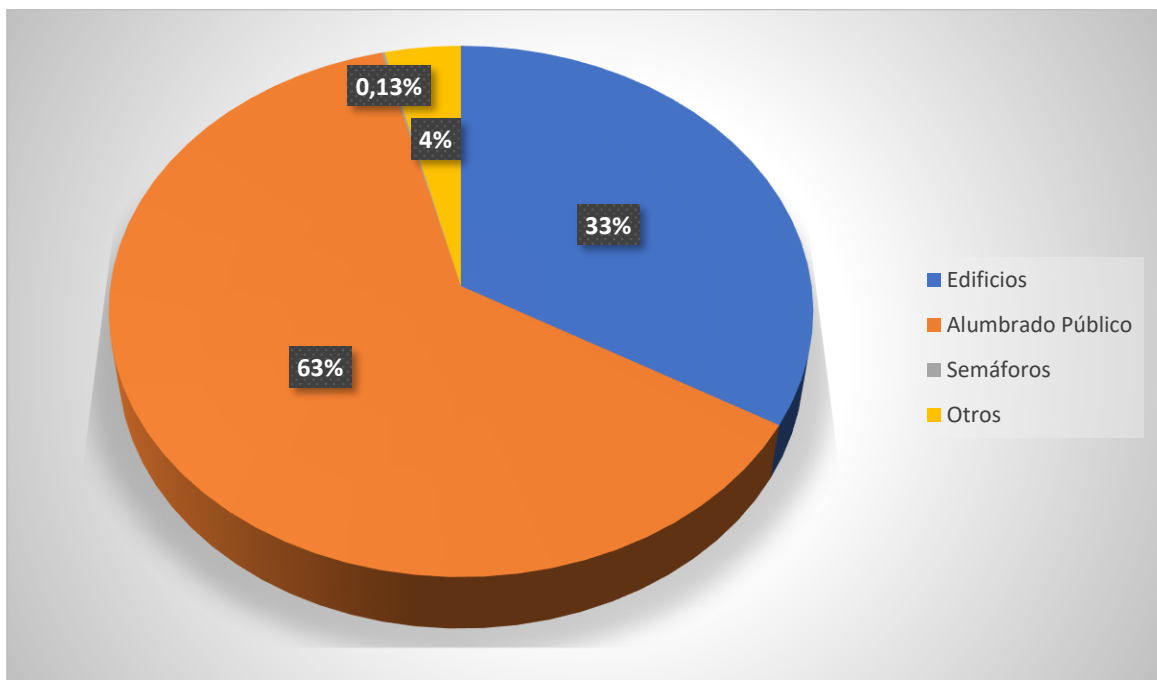


Gráfico 3. Distribución del coste eléctrico en función del tipo de suministro

4.3.2 Inventario de alumbrado público y semáforos

Hay un total de 223 centros de mando de Alumbrado Público en los que el número de lámparas que dependen de ellos son 19.025 con una potencia total instalada de 2.857 kW. También existen un total 508 semáforos con 3.534 de lámparas que dependen de ellos y 70 reguladores que suman una potencia total de 14kW.

Los tipos de lámparas empleados son en su mayoría vapor de sodio de alta presión, vapor de mercurio y halogenuros metálicos. En la tabla 5 y el gráfico 4 se refleja el reparto de las 19.025 lámparas.

Tipo de lámpara	Nº de lámparas
Vapor de sodio de alta presión	7.474
Vapor de mercurio	4.654
Halogenuros metálicos	5.223
Otras lámparas	1.674
Total	19.025

Tabla 5. Número de lámparas tradicionales de cada tipo en Jaén

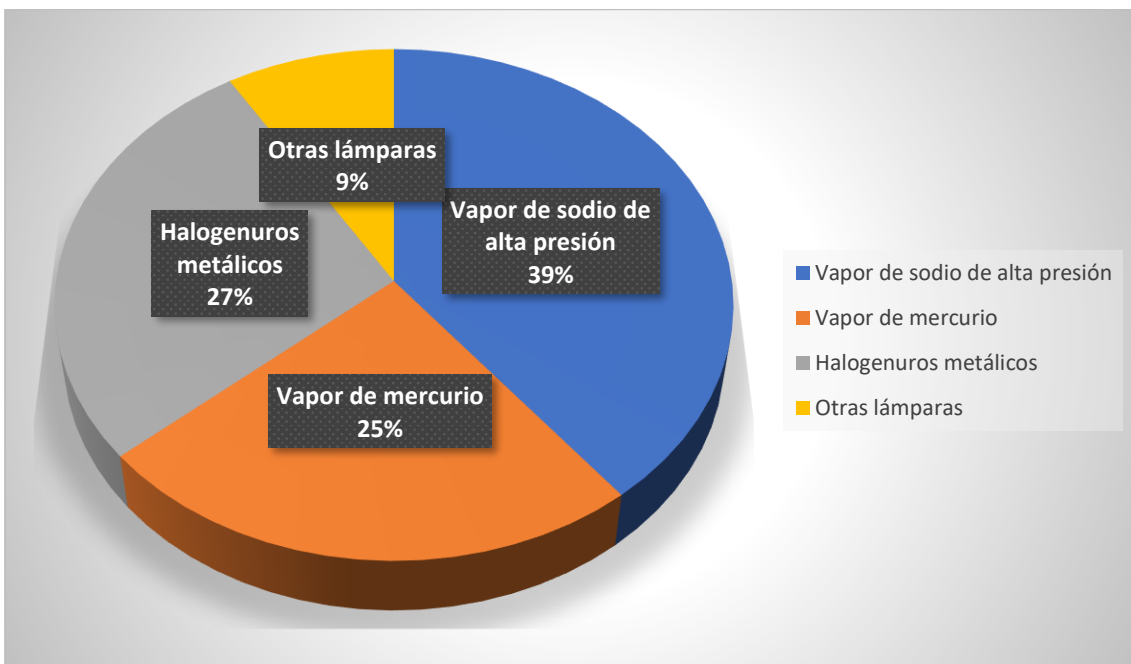


Gráfico 4. Porcentaje de los diferentes tipos de lámparas

El tipo de lámpara que tienen los semáforos actualmente en la ciudad de Jaén es casi en su totalidad de tipo led, que representa el 100% de la potencia que ha sido instalada en semáforos.

4.3.3 Inventario de las dependencias municipales

El consumo energético de las dependencias municipales supone el 35% del consumo total de los consumos de energía del Ayuntamiento, en términos de energía primaria. En relación al consumo energético de los suministros que pertenecen al grupo Otros, la energía primaria corresponde a un 3%. Por lo tanto, el consumo total de estas instalaciones supone el 38%.

A continuación se muestra una tabla que representa la distribución de las instalaciones según el uso que se le da:

Uso principal de la instalación	Número
Albergue, hotel o similar	1
Centro de día	7
Centro de salud	1
Edificio de oficinas	22
Edificio de usos múltiples	19
Edificio educativo	33
Edificio histórico	1
Instalaciones deportivas	15
Juzgado	0
Mercado o similar	3
Museo	1
Nave industrial	2
Teatro	2
Otro tipo de edificio	19
Suministro tipo Otros	18
TOTAL	144

Tabla 6. Número de instalaciones para cada tipo de uso en Jaén

4.4 INVENTARIO ACTUAL

El inventario del que dispone en la actualidad la ciudad de Jaén es similar en cuanto al número de instalaciones existentes. La diferencia más significativa ha sido el número de los centros de mando que ha aumentado en 7, pasando a ser de 223 a 230 durante el desarrollo del proyecto.

En el inventario energético, los consumos han resultado ser inferiores como se esperaba. En el capítulo 7 del proyecto se analiza con más detalle la evolución de los consumos energéticos entre los años 2009 y 2017.

En cuanto a las luces instaladas, ahora son casi en su totalidad de tipo LED, las cuales han sustituido a las de vapor de sodio de alta presión, vapor de mercurio, halogenuros metálicos y otros tipos de lámparas que había previamente. Todas estas luces han sido equipadas con un driver, un interruptor horario astronómico y un sistema de telegestión para conseguir que la instalación sea más eficiente y, por tanto, se consigan ahorros mayores.

En la tabla 7 y el gráfico 5 se observa la distribución de los diferentes tipos de luces LED instalados en la actualidad. El recuento se ha hecho recientemente en el año 2019, concretamente el 30 de septiembre de 2019.

TIPO	TEMP. COLOR	UNIDADES
VIALES	5000 K	6857
GARDEN	5000 K	5992
VILLAS	5000 K	2823
FERNANDINAS	5000 K	212
PROYECTORES	3000 K / 5000 K	694
BULBOS	6500 K	765
PAR38	4000 K	13
PANTALLAS ESTANCAS	5000 K	22
LAMPARAS BAJO CONSUMO	4000 k	3
TOTAL UNIDADES		17381

Tabla 7. Número de luces LED de cada tipo en Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN

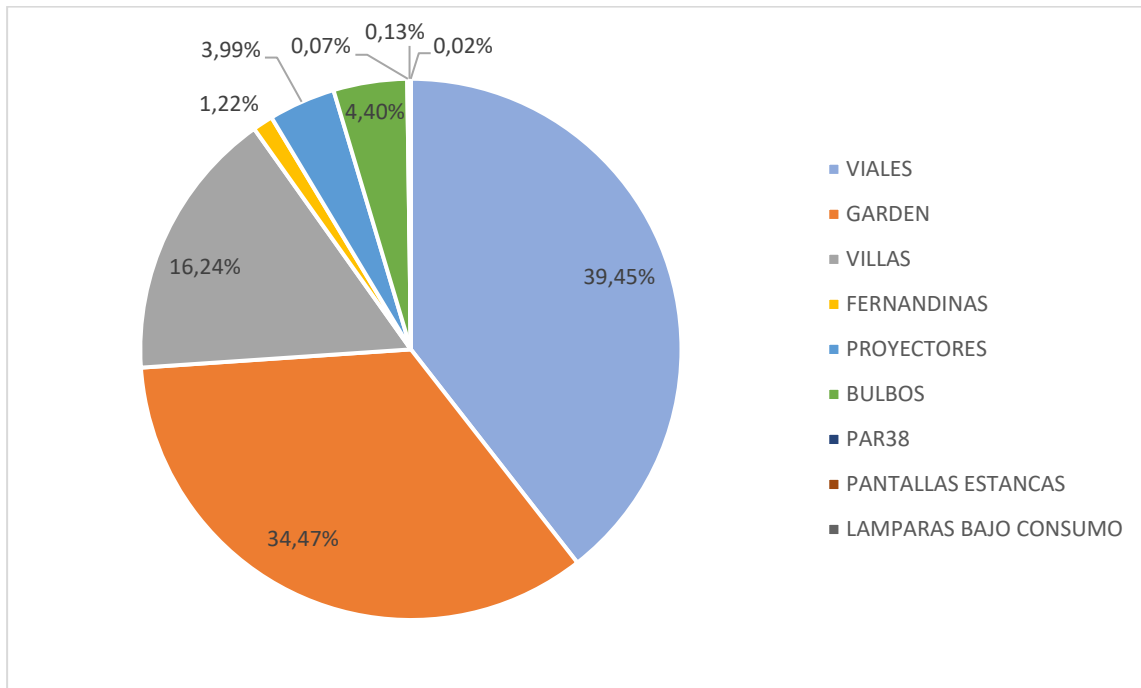


Gráfico 5. Proporción de luces LED de cada tipo

Tipo vial

La mayoría de las luces instaladas de tipo vial poseen una potencia 80 W junto a las de 60 W. La minoría pertenece a las de 50 W y las de 160W.

Tabla 8. Potencias instaladas luces viales

Potencia	Unidades
30 W	119
35 W	844
40 W	502
50 W	59
60 W	1959
70 W	323
80 W	2077
100 W	178
105 W	133
110 W	161
120 W	458
160 W	44
TOTAL	6857

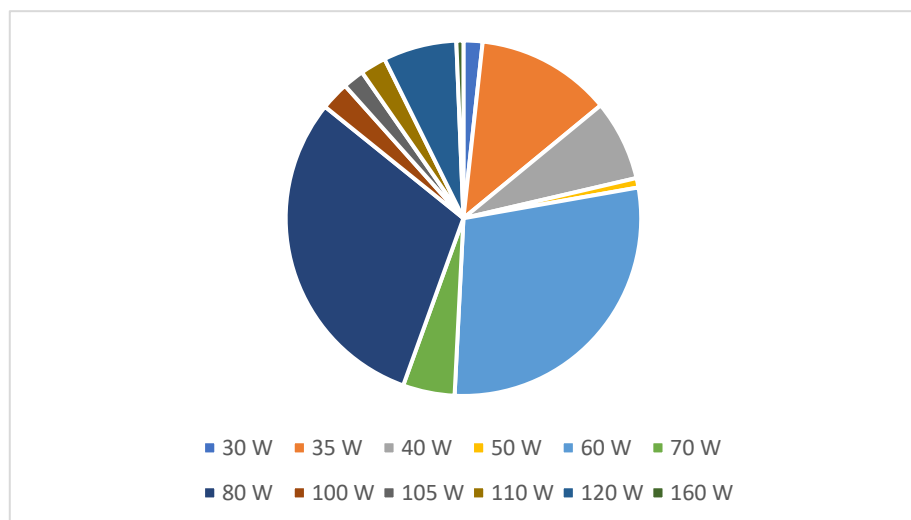


Gráfico 6. Distribución de potencias para luces viales

Tipo globo

El mayor número de luces de tipo globo instaladas es de 30 W, en cambio, el menor número es de 40W.

Tabla 9. Potencias instaladas luces de tipo globo

Potencia	Unidades
30 W	2359
40 W	554
50 W	1634
60 W	1445
TOTAL	5992

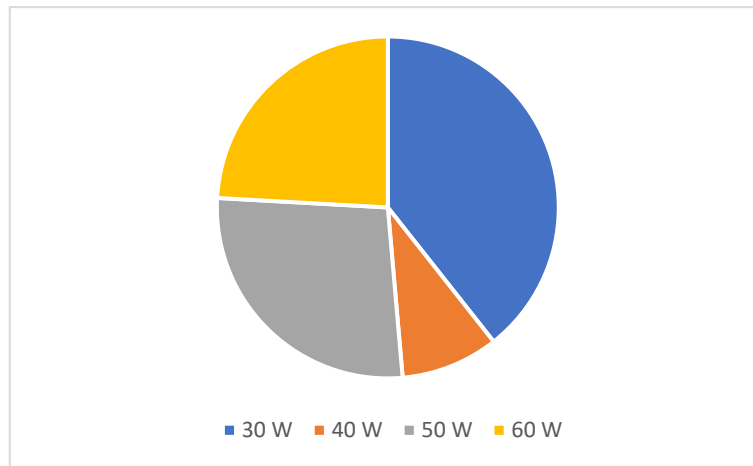


Gráfico 7. Distribución de potencias para luces globo

Tipo villa

Un elevado porcentaje de las luces tipo villa es de 50 W, siendo las menos utilizadas las de 40 W.

Tabla 10. Potencias instaladas luces globo

Potencia	Unidades
30 W	508
40 W	327
50 W	1988
TOTAL	2823

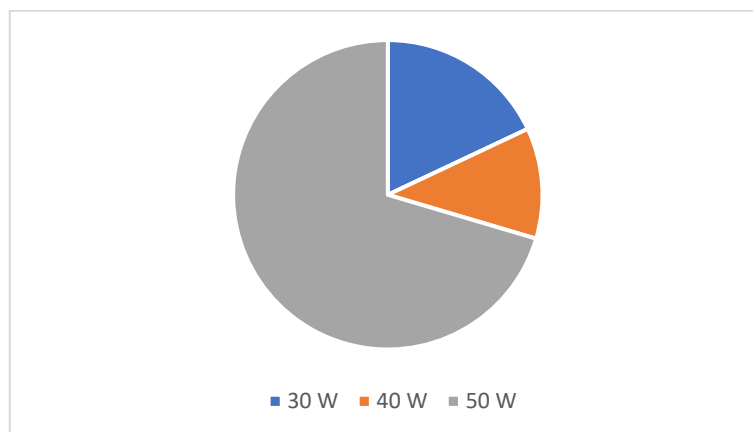


Gráfico 8. Distribución de potencias para luces villa

Fernandinas

Las luces fernandinas que más se han utilizado en las instalaciones han sido de 50 W y las de 30 W y 50 W aparecen en una proporción muy pequeña.

Tabla 11. Potencias instaladas luces Fernandinas

Potencia	Unidades
30 W	5
40 W	9
50 W	198
TOTAL	212

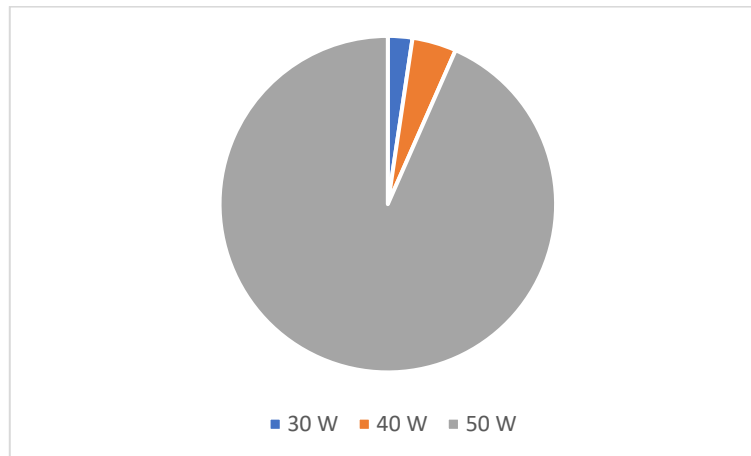


Gráfico 9. Distribución de potencias para Luces Fernandinas

Proyectores

La mayoría de proyectores instalados es de 120 W, mientras que los de 30 W o 300 W son prácticamente inexistentes.

Tabla 12. Potencias instaladas proyectores

Potencia	Unidades
10 W	48
23 W	12
30 W	2
40 W	13
50 W	37
80 W	58
120 W	156
150 W	119
160 W	109
200 W	84
300 W	9
400 W	47
TOTAL	694

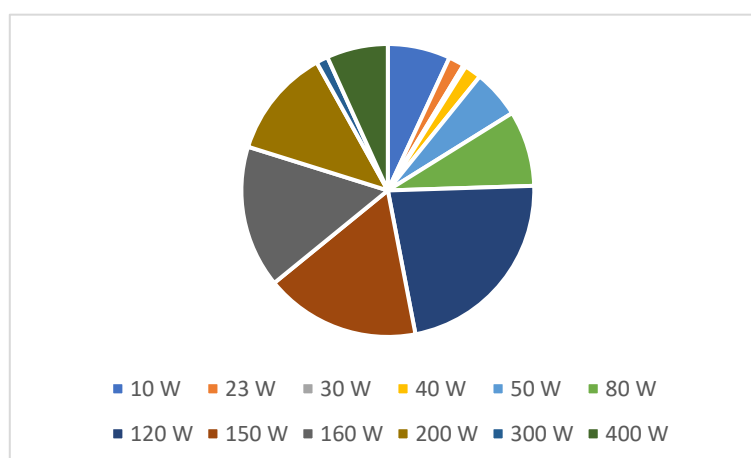


Gráfico 10. Distribución de potencias para proyectores

Bulbos

Las lámparas de tipo bulbo instaladas son casi en su totalidad de 8 W, apareciendo las de 5 W en una proporción muy baja.

Tabla 13. Potencias instaladas bulbos

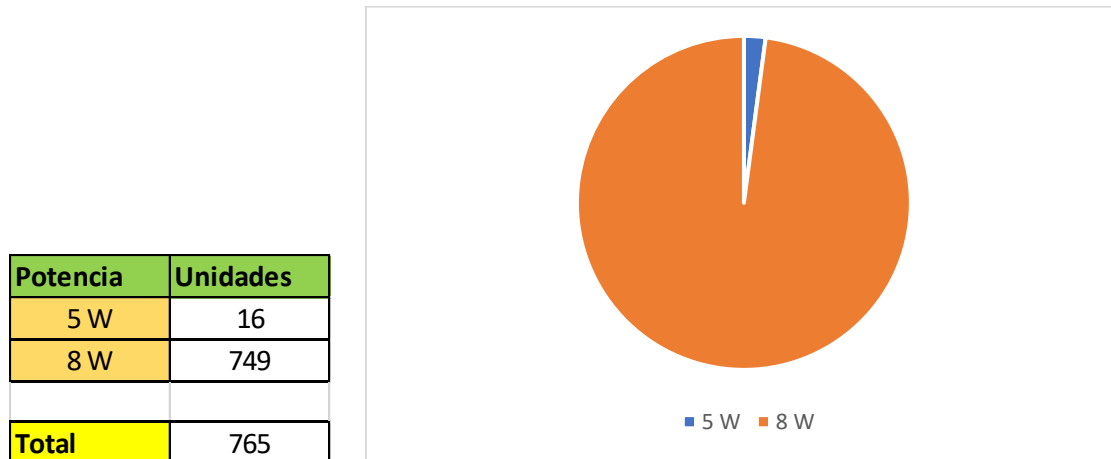


Gráfico 11. Distribución de potencias para bulbos

Par 38, pantallas estancas y pantallas de bajo consumo

Este grupo lo representa la minoría de las luces led que están siendo utilizadas en la ciudad de Jaén. El número de luces par 38 es 13 y todas ellas tienen una potencia instalada de 18 W. Las luces de pantalla estanca existentes en la instalación son 22 y cada una de ellas posee una potencia de 45 W. Por último, el número de pantallas de bajo consumo es de 3, siendo la potencia de cada una de 45 W.

De las tablas y gráficos anteriores se obtiene la potencia total de cada tipo de lámpara y la potencia total instalada en la ciudad de Jaén. Para su cálculo se ha multiplicado para cada tipo de lámpara, el número de lámparas existentes por la potencia correspondiente a cada una.

En la siguiente tabla se observa como el tipo de lámpara con más potencia es la de tipo vial con 473.925 W de potencia instalados de un total de 980.895 W que componen la ciudad de Jaén.

Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO
MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN

TIPO	POTENCIA
VIALES	473925
GARDEN	261330
VILLAS	127720
FERNANDINAS	10410
PROYECTORES	100136
BULBOS	6072
PAR38	234
PANTALLAS ESTANCAS	990
LAMPARAS BAJO CONSUMO	78
TOTAL POTENCIA	980895

Tabla 14. Potencia total instalada en Jaén

En el **capítulo 5** se analizan rigurosamente estos modelos junto con las características de cada uno de ellos y sus aplicaciones. Los grupos de los bulbos, par 38, pantallas estancas y pantallas de bajo consumo pertenecen a la parte de alumbrado interior para las dependencias del ayuntamiento y puesto que análisis del proyecto se basa en el alumbrado exterior no se añadirá más información sobre ellos.

En el **anexo I** se detalla la distribución de los puntos de luz de cada una de estas luminarias LED para el alumbrado exterior con la ayuda de mapas aportados por Google Earth.

Estos mapas están divididos por distritos que es como se a procedido a realizar su estudio siendo un total de 9 distritos. En ellos se incluyen los centros de mando y los puntos de luz con cada tipo de lámpara LED instalada que componen las instalaciones de alumbrado público de la ciudad de Jaén.

5. TECNOLOGÍA Y EFICIENCIA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO

5.1 LUMINARIAS

Las luminarias son aparatos destinados a distribuir, filtrar o transformar la luz que emiten una o varias lámparas. En su interior existen los distintos accesorios para fijar y proteger las lámparas y cuando es necesario incluyen circuitos y dispositivos que son necesarios para lograr conectarlas a la red eléctrica.

Las luminarias utilizadas para el alumbrado público se componen de las siguientes partes:

- **Cuerpo o carcasa:** es la parte estructural que soporta las partes óptica y eléctrica de la luminaria por lo que debe ser mecánicamente resistente. El material mas recomendado para su fabricación son las carcasas de aleación ligera como la inyección de aluminio, aunque también existen otros de plástico y chapa de aluminio.
- **Bloque óptico:** normalmente esta formado por difusor, refractor y reflector, aunque también puede haber otros elementos como el filtro.
 - a) Difusor: es la pantalla o carcasa que envuelve a la lámpara y se usa principalmente para poder difundir el haz de luz y evitar el deslumbramiento.
 - b) Filtro: en él van acoplados los difusores que permiten aumentar o disminuir la radiación infrarroja o ultravioleta, alteración de los colores de la radiación o la polarización de la luz en un plano concreto.
 - c) Reflector: corresponde a las superficies que han sido diseñadas para poder reflejar el flujo luminoso que produce la lámpara en la dirección deseada. Suelen ir acompañados de una pantalla que evita los deslumbramientos. Su fabricación se realiza con chapas de acero
 - d) Refractor: es la superficie que cambia la distribución mediante refracción del flujo luminoso de la lámpara.
- **Equipo eléctrico:** lo forman el portalámparas y los distintos elementos necesarios para el funcionamiento y arranque de la lámpara.

- **Junta de hermeticidad:** parte que aporta el grado de estanqueidad a la luminaria. Este elemento ha de ser flexible y resistente a altas temperaturas y a los distintos agentes atmosféricos. Normalmente se emplean cauchos de silicona, termopolímeros de etileno-propileno, policloroprenos, poliéster calandrado, etc.

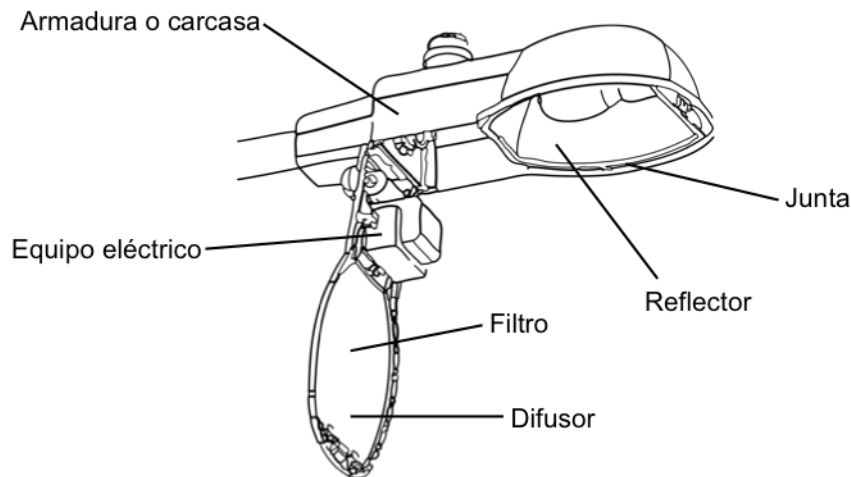


Ilustración 2. Composición de las luminarias. Fuente: THOMAS & BETTS CORPORATION

La luminaria y, sobre todo, el bloque óptico, deben disponer de los adecuados sistemas de reglaje para poder cambiar la posición de la lámpara con respecto al reflector, en función del tipo de implantación y las prestaciones requeridas de la luminaria.

Podemos decir que las luminarias son un elemento con gran importancia en el alumbrado público ya que son los elementos que permiten dirigir la luz de la lámpara a la zona que nos interesa iluminar.

5.2 EQUIPOS AUXILIARES

En las lámparas de descarga para su correcto funcionamiento y alargar la vida de la lámpara es necesario el uso de unos elementos que ayudan a corregir algunas características. Estos elementos los veremos a continuación.

5.2.1 Balastos

Son dispositivos limitadores de intensidad y estabilizadores de la corriente de la lámpara que se utilizan para evitar el crecimiento descontrolado de la corriente y que puede desencadenar la destrucción de la lámpara. Existen balastos electrónicos y electromagnéticos (inductivos, autorreguladores y autotransformadores) que veremos a continuación con más detalle:

- **Balasto de tipo inductivo:** es el más utilizado y proporciona una regulación baja de corriente y de potencia para las oscilaciones de tensión en la red de alimentación, por lo que normalmente serán utilizados para cuando la tensión no fluctúe más de un 5%.
Los balastos de tipo inductivo con dos tomas de tensión son los más adecuados en caso de que haya variaciones constantes a lo largo del tiempo.
- **Balasto autorregulador:** tienen una buena capacidad para regular la potencia y corriente de las lámparas que se utilizarán cuando las oscilaciones de la tensión de la red de alimentación sean superiores al 10%. Es ideal si dichas oscilaciones son variables en el tiempo
- **Balasto autotransformador:** son utilizados en el caso de que la tensión no sea lo suficientemente elevada para el funcionamiento correcto de la lámpara que logran elevar la tensión y regular la corriente. Al igual que el autorregulador este tipo no es muy utilizado.
- **Balasto electrónico:** Es un dispositivo compacto que también realiza la función de equipo auxiliar y sustituye, por tanto, al condensador, arrancador y balasto electromagnético en lámparas de sodio a alta presión.

5.2.2 Condensadores

Es un elemento que va asociado al balasto en lámparas de descarga. Cuando va conectado a la red de alimentación sirve para corregir el factor de potencia y, para regular la corriente y compensarla (como en los balastos autorreguladores) va conectado en serie con la lámpara y el balasto

5.2.3 Arrancadores

Es un dispositivo que por sí mismo o junto a un balasto, es capaz de generar y superponer un impulso o impulsos a la tensión de la red necesarios para el correcto encendido de la lámpara. Estos equipos pueden ser de tipo eléctrico, electrónico o electromecánico y estos son los diferentes tipos de arrancadores:

- Conectado en serie a la lámpara (con impulsos independientes).
- Conectado en semiparalelo (con impulsos que dependen del balasto que lleva asociado).
- Conectado en paralelo (con impulsos independientes de dos hilos).

Para las lámparas fluorescentes tubulares se usan cebadores, que pueden ser efluvios o electrónicos.

5.2.4 Elementos de maniobra

Son equipos que permiten la programación del funcionamiento del alumbrado público ajustándolo en mayor o menor grado a las necesidades efectivas presentes. Los dispositivos de maniobra más comunes son las fotocélulas y los relojes astronómicos o analógicos los cuales pueden ser programados in situ o remotamente mediante sistemas de telegestión.

Según estudios de la Agencia Andaluza de la Energía, en el año 2012, el 34% de las instalaciones eran controladas con fotocélulas o relojes horarios, sistemas que poseen considerables desviaciones en las horas de funcionamiento y las horas en las que existe la necesidad de las instalaciones, con la resultante pérdida de energía. En este año había los sistemas de telegestión representaban sólo el 1% mientras que en la actualidad más del 60% son telegestionados.

Por otro lado, existen otros sistemas que son los de reducción de flujo que permiten disminuir el nivel de iluminación a partir de una hora concreta de la noche en la que hay menos actividad en la calle. El resto de sistemas, como los reguladores de flujo de cabecera y balastos de doble nivel, no han sido utilizados con tanta frecuencia en instalaciones, aunque son con los sistemas que se consiguen los ahorros económicos y energéticos más grandes.

Con la aparición del Nuevo Reglamento de Eficiencia Energética en Alumbrado Exterior (RD1890/2008) se asegura una mayor utilización de equipos de eficiencia energética la cual entra en vigor en abril de 2009.

(Grupo de Estudios Luminotécnicos de la UPC)

5.3 LÁMPARAS

Las lámparas que se utilizan en el alumbrado público deben poseer ciertas cualidades impuestas por los requerimientos específicos de su funcionamiento. Las dos más importantes que conviene que tengan las lámparas son:

- **Eficacia luminosa:** disponer de una eficacia luminosa elevada permitirá disminuir los gastos de funcionamiento o explotación (energía consumida) y los costes de la instalación (potencia instalada).
- **Duración de la Vida Económica:** es la duración óptima de la vida de la lámpara desde el punto de vista de su coste de funcionamiento (precio más bajo de lumen-hora). Esta duración dependerá de unas variables como:
 - Duración de la vida real de la lámpara en condiciones de instalación y utilización.
 - Flujo luminoso que posee la lámpara y la evolución con el paso del tiempo.

También dependerá de factores como el precio de la lámpara al inicio y el coste en la instalación y reemplazamiento. La vida económica de una lámpara puede variar notablemente de un modelo a otro e incluso siendo el mismo modelo depende de las características de la propia instalación para el alumbrado.

Hay dos cualidades más que se deben considerar, aunque tengan menos importancia en este tipo de instalaciones para el alumbrado público:

- **Temperatura de Color:** corresponde al color de la luz que emite la lámpara:
 - a) **Cálido:** tonalidad blanca-amarillenta
 - b) **Intermedio:** aspecto blanco-neutro $3300^{\text{a}}K < T_c \leq 5300^{\text{a}}K$
 - c) **Frío:** apariencia blanco-azulado $T_c > 5300^{\text{a}}K$

- **Rendimiento de Color:** Es la capacidad de una luz artificial para reproducir los colores, tomando como referencia la luz del sol. Para el alumbrado público no es esencial esta característica, pero sí para el de interior.

5.3.1 Lámparas tradicionales

Por orden en el que aparecieron en el mercado se verán los distintos tipos de lámparas que se han ido utilizando en las instalaciones de alumbrado público.

5.3.1.1 Lámparas fluorescentes

Estas lámparas en realidad son lámparas de descarga de vapor de mercurio a baja presión. Funciona mediante un proceso de transformación ultravioleta en radiación visible debido al efecto de descarga que hace que se activen los polvos fluorescentes que hay en el interior.

Al cerrar el interruptor, se establece una tensión sobre las láminas que hay en el cebador. Con la ayuda del gas de relleno aparece entre las dos láminas un arco de tensión que permite aumentar la temperatura en el interior del cebador y se deforma la lámina bimetálica que hará contacto con la fija.

Por tanto, el circuito quedará cerrado y permitirá el paso de la corriente a través de los dos electrodos y es cuando se inicia el proceso de emisión de electrones. Al cabo de un rato, la temperatura que posee la ampolla en el interior del cebador disminuye lo que provoca que la lámina bimetálica deje de estar en contacto con la fija. Tras ocurrir esto, el circuito se abre y el balasto producirá una sobretensión que hará que el arco se establezca entre los electrodos a través del gas que hay dentro del tubo, lo que producirá una emisión de radiaciones luminosas de tipo visible.

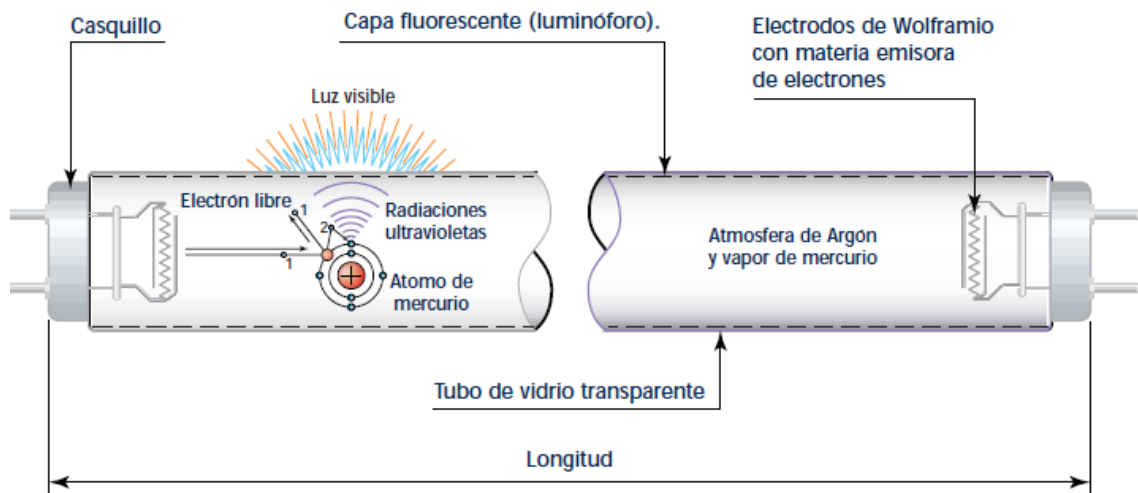


Ilustración 3. Lámpara fluorescente.

Este tipo de lámparas tienen la necesidad de contar con equipos auxiliares para que funcionen correctamente. En concreto, deben contar con un balasto y un cebador. El balasto es una bobina que permite limitar la intensidad que circula a través del tubo y así poder estabilizar la descarga. El cebador es el elemento encargado de encender la lámpara al permitir el paso de la corriente a través de los electrodos y también interrumpe el paso de la corriente cuando está encendida.

En la tabla 15 se detallan algunas de las características de estas lámparas que dependen a su vez del tipo de lámpara fluorescente:

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Estándar con cebador 26 mm	18	1.050	58,3	6.500 K	75 (2A)	10.000
	36	2.500	69,4			
	58	4.000	69	3.000 K	65 (2B)	
	18	1.150	63,9			
Alta frecuencia 26 mm	36	2.950	81,9	3.000 K	65 (2B)	12.000
	58	4.700	81,0			
	16	1.500	93,7			
Compactas	32	3.400	106,2	3.000 K	85 (1B)	9.000
	50	5.400	108			
	18	1.200	66,7			
	24	1.800	75			
Compactas	36	2.900	80,5	3.000 K	85 (1B)	9.000
	55	4.800	87,2			

Tabla 15. Características lámparas fluorescentes

5.3.1.2 Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

Estas lámparas se caracterizan por tener un color blanco y el funcionamiento es el siguiente: Al cerrar el interruptor, se da lugar a un pequeño arco entre los electrodos principal y auxiliar de arranque que generan una ionización del gas que hay en el relleno del tubo de cuarzo y esto inicia la descarga principal.

Al principio la descarga será producida con ayuda del gas debido a que el mercurio en este instante aun estará a temperatura ambiente y a presión baja. Conforme va aumentando la temperatura del mercurio, se va vaporizando y esto hace que aumente la presión que hay en el interior del tubo y a su vez la tensión en los bornes de la lámpara.

Después de que transcurran unos minutos, el mercurio estará totalmente volatilizado y en este caso la descarga se produce gracias a este. A partir de este momento aumentará el flujo luminoso y también variará el color que posea la fuente. Alcanzado el equilibrio, el balasto será el que regule la intensidad.

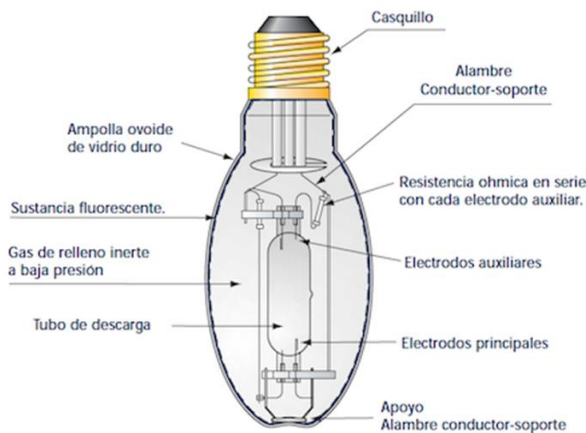


Ilustración 4. Lámpara de vapor de mercurio a alta presión.

Este tipo de lámparas necesitará como equipo auxiliar una reactancia, es decir, una bobina que estabilice la descarga y limite la intensidad que circula por el tubo. Por el contrario, no necesitan tener un equipo de arranque, pero si tienen un condensador en serie que compensa el factor de potencia.

En la tabla 16 se muestran las características más importantes de estas lámparas que dependen a su vez del modelo.

Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO
MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN

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

Tabla 16. Características lámparas de vapor de mercurio a alta presión

A partir del 13 de abril de 2015 se prohibió la comercialización de estas lámparas en la Unión Europea según el reglamento *UE N.º 245/2009 (ErP)* y el *N.º 347/2010 (ErP)*, junto con las condiciones de la Directiva *2011/65/UE (RoHS 2)*.

5.3.1.3 Lámparas de mercurio con halogenuros metálicos

Son una variante de las lámparas de vapor de mercurio. Dentro del tubo de descarga hay aditivos metálicos previamente añadidos cuya labor es aumentar el rendimiento luminoso y de color al potenciar ciertas zonas del espectro visible. La composición de estas lámparas es muy variada y tienen la ventaja de poder adaptarlas de acuerdo a las necesidades porque dependen de la composición de los metales que se añaden.

El funcionamiento de las lámparas de mercurio con halogenuros metálicos es muy similar el de la lámpara de vapor de mercurio. Con la descarga eléctrica generada por una diferencia de potencial entre los electrodos se obtiene la luz. Esto hace que el gas sea atravesado por un flujo de electrones y de esta manera se consiga excitar a los átomos que hay en el interior del tubo de descarga. El color de esta lámpara dependerá del ioduro con el que sea rellenado el tubo.

Por lo tanto, la principal diferencia es la manera en la que se produce el arranque. Las de halogenuros metálicos necesitan una elevada tensión de encendido que podremos conseguir con un arrancador que deberá ser conectado junto a un condensador y un balasto en serie con el tubo.

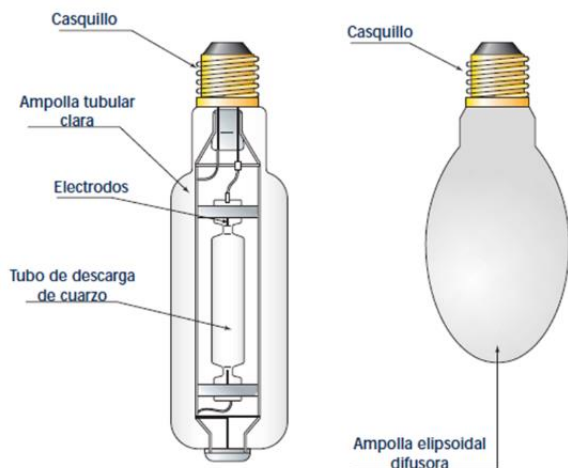


Ilustración 5. Lámpara de mercurio con halógenos metálicos

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

Las características de las lámparas con halógenos metálicos son las expuestas en la tabla 17.

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

Tabla 17. Características lámparas de mercurio con halógenos metálicos. Fuente: IDAE

5.3.1.4 Lámparas de vapor de sodio a baja presión

Lámparas de vapor de sodio a baja presión guardan cierta similitud con la forma y el funcionamiento de las lámparas de vapor de mercurio. En los diferentes componentes del tubo de descarga serán donde encontraremos las diferencias.

Debido a las radiaciones que se producen se concentran en la parte del espectro visible donde se encuentra la máxima percepción visual que se corresponde con el color amarillo (color característico del sodio). Con lo cual estas lámparas son utilizadas para aprovechar la agudeza visual, aunque su reproducción cromática es baja. Esta lámpara es la primera que se creó de este tipo.

El funcionamiento es el siguiente: al cerrar el interruptor comienza la descarga entre los electrodos que hay en el tubo de descarga con la ayuda del gas neón. Conforme aumenta la temperatura, va empezando a vaporizarse el sodio hasta que se comienza la descarga a través del vapor de sodio. Es cuando la lámpara empieza a verse de color amarillo hasta que en el punto de más intensidad se estabiliza la descarga y es cuando la lámpara proporciona el máximo flujo de luz.

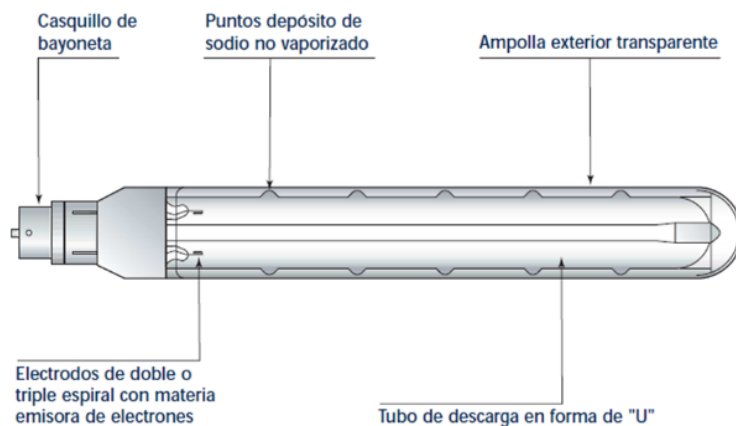


Ilustración 6. Lámpara de vapor de sodio a baja presión

Un balasto y un transformador con ignitor separado son necesarios como equipos auxiliares en este tipo de lámpara. El balasto debe ser conectado en serie a la lámpara y un arrancador en paralelo al igual que un condensador también en paralelo para poder corregir el factor de potencia. El transformador es un ignitor separado que está formado por un ignitor electrónico y un condensador conectado en serie para corregir el factor de potencia.

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Estándar	18	1.800	100	1.700 K	-	14.000
	35(37)	4.650	125,7			
	55(53)	7.900	149			
	90(89)	13.750	154,5			
	135(129)	21.600	167,4			
	180	32.650	181,4			
Eficacia Mejorada	18(17,5)	1.800	102,8	1.700 K	-	14.000
	26(27)	3.700	137			
	36(35)	5.800	165,7			
	66(65)	10.700	164,6			
	91(90)	17.000	188,9			
	131(127)	25.800	203,1			

Tabla 18. Características lámparas de vapor de sodio a baja presión. Fuente: IDAE

5.3.1.5 Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Son las más modernas en comparación a las vistas anteriormente. La radiación que emiten estas lámparas tiene un espectro de emisión más amplio. Las características son mejoradas con respecto a las anteriores, pero la reproducción cromática y la eficacia luminosa son aún una desventaja en estas. Se llegan a alcanzar temperaturas de 1000 °C en el tubo de descarga.

La luz es obtenida mediante la emisión que se genera en el choque de los átomos del gas en el tubo de descarga con los electrones libres. Estos choques provocan la excitación de los electrones que llegan a órbitas de más energía y al regresar a su órbita se produce la emisión de fotones o lo que es lo mismo la radiación de la luz.

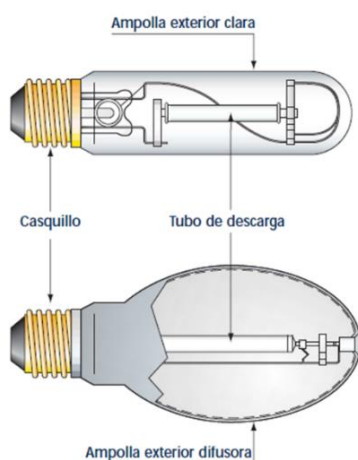


Ilustración 7. Lámpara de vapor de sodio a alta presión

Para su funcionamiento será necesaria una tensión muy elevada para el arranque. Por lo tanto, necesitaremos un arrancador conectado en semiparalelo o serie y un balasto. El condensador también será necesario para que se permita corregir el factor de potencia.

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

Tabla 19. Características lámparas de vapor de sodio a alta presión. Fuente: IDAE

5.3.1.6 Lámparas de descarga por inducción

Las lámparas de inducción son una mezcla entre las fluorescentes y las de mercurio. Su característica más importante es que no necesita electrodos para producir la ionización.



Ilustración 8. Lámpara de descarga por inducción

Para su funcionamiento necesita una antena interna que será la que obtendrá la potencia de un generador externo que posee alta frecuencia y permite originar un campo electromagnético en el interior del recipiente de descarga y así es como se produce la inducción de la corriente eléctrica en el gas para originar la ionización. Una de las grandes ventajas de esta lámpara es que se consigue aumentar enormemente la vida útil de la misma.

Las lámparas de descarga por inducción están formadas por un circuito primario y uno secundario. En el primario se encuentra la bobina inductora que posee un núcleo de ferrita alimentado por un generador electrónico y un transmisor de potencia que proporcionan una corriente de alta frecuencia. Esta corriente origina un campo electromagnético que llega al circuito secundario que es la atmósfera del interior de la ampolla perteneciente el vapor de mercurio.

La inducción en el circuito secundario origina una descarga que da lugar a la ionización de los electrones del gas del interior que se dedican a excitar los átomos de vapor de mercurio. Con esto, se crea una radiación ultravioleta pasa a ser luz visible con la ayuda de la sustancia fluorescente que hay en el interior de la ampolla.

Tipo	Potencia W	Flujo lm.	Eficacia lm/W	Temperatura Color	Rendimiento Color	Duración Horas
Forma Esférica	55	3.500	64	2.700 K	82(1B)	60.000
	55	3.500	64	3.000 K		
				4.000 K		
	85	6.000	71	2.700 K		
	85	6.000	71	3.000 K		
	150	11.000	73	4.000 K		
	165	12.000	73			

Tabla 20. Características lámparas de descarga por inducción. Fuente: IDAE

Las lámparas de inducción son idóneas para cuando se necesita una gran vida útil o en lugares donde se necesite un elevado IRC y un nivel de iluminación bajo. Su duración puede ser de hasta 20 años con 8 horas diarias de uso.

(IDAE)

5.3.2 Lámparas LED

Los LED (light emitting diode) son elementos semiconductores capaces de emitir luz cuasi monocromática al ser polarizados directamente y atravesados por una corriente eléctrica.

En el año 1956 se produce la invención del LED y comienza a utilizarse en los entornos industriales hacia el año 1970. En un principio su uso era muy limitado ya que poseía baja eficacia luminosa y sólo era aplicado en algunos electrodomésticos o automóviles. Después de grandes avances e investigaciones se ha logrado aumentar su eficacia modificando su diseño.

Los LED están compuestos principalmente por un ánodo (positivo), un cátodo (negativo), una lente (una cápsula que lo recubre de plástico epoxi), un contacto metálico que funciona como hilo conductor, una cavidad reflectora, un yunque y una plaqueta como se observa en la ilustración 9.

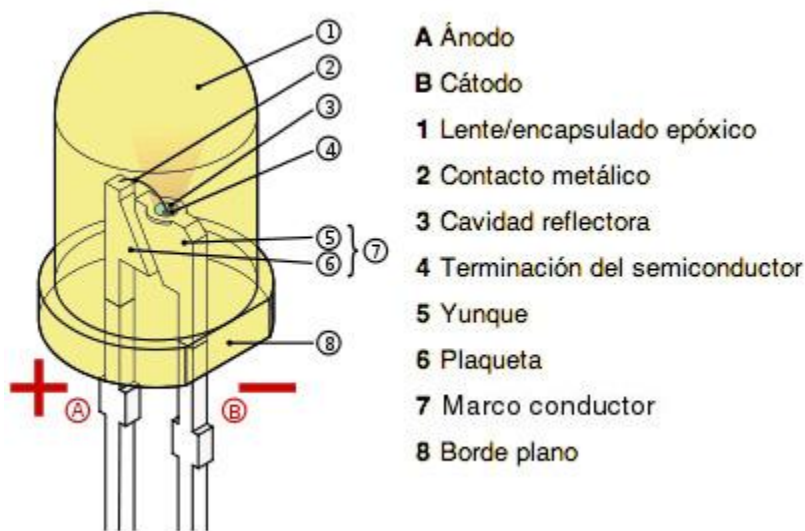


Ilustración 9. Componentes de un LED

Estos dispositivos están formados por semiconductores compuestos que permiten convertir la energía eléctrica en luz. Tienen un tamaño pequeño, de unos pocos milímetros y poseen una tecnología avanzada que nos ofrece numerosas ventajas por lo que en la mayoría de los casos es el perfecto sustituto a las tradicionales lámparas.

Un LED consiste en un semiconductor que está unido a dos terminales (cátodo y ánodo) y cuando la corriente eléctrica circula por ellos se produce un efecto

denominado electroluminiscencia. Mediante este efecto se produce radiación visible a través de la energía eléctrica sin necesidad de un filamento, cápsula de vidrio o gas inerte como en las tecnologías anteriores. Se produce cuando al estimular por una diferencia de voltaje las cargas eléctricas negativas (electrones) y las positivas producen una liberación de energía en forma de fotones.

Por tanto, el funcionamiento es el siguiente: al aplicar corriente eléctrica a través de un diodo, uno de los materiales (dentro de un chip-reflector) posee unos átomos que son excitados a un nivel mayor. Los átomos que están en el primer material almacenan mucha energía que necesitan liberar. La energía libera electrones al segundo material en el interior del chip-reflector y mientras se produce esta liberación, se produce la luz.

(Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, FENERCOM, 2015)

5.3.2.1 Ventajas de la tecnología LED

La tecnología LED presenta una serie de ventajas en comparación con la convencional. A continuación, destacamos las más importantes:

- **Bajo consumo:** consumen muy poco y ahorran energía debido a la poca potencia que necesitan.
- **Alta eficiencia en colores:** saturación de color elevada lo que hace que no sea necesario los filtros de color. Son fuentes de luz monocromáticas con una gama de colores amplia.
- **Larga duración:** su vida útil es muy amplia, respetando las condiciones requeridas para su correcto funcionamiento alcanza entre las 50.000 y 1000.000 horas de uso.
- **Tamaño pequeño:** tienen un reducido tamaño, de escasos milímetros lo que le hace poder ajustarse a diferentes aplicaciones.
- **Resistencia elevada a golpes:** resisten impactos o vibraciones haciendo que sean más fiables que las lámparas tradicionales en las que se podía producir un fallo en los filamentos. Estos poseen elementos muy compactos que permiten trabajar en condiciones mecánicas desfavorables.
- **Efectividad a temperaturas bajas:** Funciona fiablemente a temperaturas bajas de hasta -30° C.

- **No emite radiación UV/IR:** al no emitir este tipo de radiaciones los materiales expuestos a esta luz no son deteriorados.

Las características y propiedades de la tecnología LED nos permiten tener esta serie de ventajas que a su vez aportan una serie de beneficios para los usuarios que son los siguientes:

- Rentabilidad económica elevada debido al consumo bajo de energía y a su largo ciclo de vida.
- Aumento de la seguridad gracias a su fiabilidad, incluso cuando las condiciones ambientales no son favorables.
- Existen opciones creativas de diseño para aplicaciones innovadoras en iluminación, debido a su variedad de colores, dimensiones compactas y productos versátiles.

(Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, FENERCOM, 2015)

5.3.2.2 Tipos de LED

Existen principalmente tres tipos de LED, con características particulares y aplicaciones específicas para cada uno de los tipos:

- **LED DIP:** Fueron los primeros en crearse y son los más básicos. Se pueden ver en algunos electrodomésticos como pilotos luminosos, señales viales o semáforos. A partir de la evolución de los LED estos solo serán utilizados para productos específicos en los que cada uno actúe de manera independiente. Un ejemplo actual de este tipo de LED serían los rótulos electrónicos que sólo son de un color.

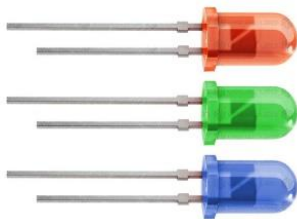


Ilustración 10. LED DIP

- **LED HIGH POWER:** Se crean a partir de la evolución del diodo DIP y tienen una potencia lumínica considerable, aunque tiene un mayor consumo (1w por cada LED aproximadamente). En un principio se utilizaban en focos y bombillas de potencia en interiores y eran muy utilizados, pero hoy en día han sido sustituido por otros diodos más eficientes.



Ilustración 11. LED HIGH POWER

- **LED SMD:** el LED SMD (Surface Mount Device o dispositivo de montaje superficial) son los más usados. Se utilizan para iluminación doméstica o profesional. En este caso el diodo está encapsulado en una resina de material semirígido por lo que está cuenta una buena protección para los golpes. Produce una elevada cantidad de luz unidireccional y si alguno de los LED sufre daño los demás seguirán funcionando a pleno rendimiento gracias a un dispositivo con el que cuentan. También gracias al sistema RGB pueden producir hasta un total de 16 millones de combinaciones de color y su índice de reproducción cromática es bastante alto, de hasta el 80%



Ilustración 12. LED SMD

- **COB:** El LED COB (Chip on board o chip en placa) está formado por varios LEDs en paralelo y/o en serie en el interior del encapsulado. Estos disipan mejor el calor en comparación con los anteriores al no aumentar de temperatura y proporcionar más luz y también son capaces de emitir luz multidireccional con un menor deslumbramiento. Anteriormente era muy utilizado para focos de potencia y en la actualidad es usado en focos de hasta potencia de 50 W. Su

índice de reproducción cromática puede llegar a ser superior a 90. Este tipo de LED y el SMD son los más utilizados hoy en día.



Ilustración 13. LED COB

- **MULTICOP:** El LED tipo MULTICOP (Multiple chip on board o multichip de placa) está formado por varios pequeños chips y es más eficiente que el COB. En comparación con el COB normal se mejora la eficiencia óptica en un 15%. Aporta múltiples ventajas como energía térmica mejor gestionada, flexibilidad en el diseño mayor, distribución del espectro mayor, mínimo consumo y máximo rendimiento. También puede disipar bien el calor y evitar deslumbramientos. Actualmente no es muy utilizado debido a su alto precio.



Ilustración 14. LED MULTICOP

- **OLED (Organic Light Emitting Diode):** Este tipo de LED se encuentra en desarrollo y la principal diferencia con el LED habitual es que éste no lleva silicio en su composición. El propio chip mediante una carga eléctrica hace que la sustancia electroluminiscente emita el color que deseamos: azul, rojo o verde. Está formado por una capa de vidrio que posee el ánodo y el cátodo, dos capas de electrones orgánicas y una capa que emite la luz. Las principales ventajas frente al LED común es que son más finos, flexibles, ligeros y brillantes.

Existen derivados del OLED como es el TOLED (Transparent OLED) que pueden emitir por ambas caras al estar fabricados con materiales transparentes.

(Factorled, 2018)

5.3.2.3 Luminarias de alumbrado LED para exterior

Las lámparas de tecnología LED están compuestas por varias bobillas LED o módulos dependiendo de la intensidad luminosa que se quiera conseguir. A la hora de realizar un cambio a luces LED, no es lo mismo sustituir directamente una lámpara LED como se ha hecho en la ciudad de Jaén que adaptar una luminaria tradicional existente a iluminación LED. Teniendo en cuenta esto, podemos diferenciar tres tipos de instalaciones para alumbrado exterior:

- **Luminaria de instalación nueva:** no se utiliza ninguna parte eléctrica, electrónica o mecánica que estuviera anteriormente y, por tanto, los componentes serán proporcionados por el propio fabricante.



Ilustración 15. Luminaria de nueva instalación

- **Luminaria modificada (re-lamping):** en esta luminaria se reemplazan las diferentes lámparas de descarga existentes por las lámparas LED que se conectan directamente a la luminaria que existía con anterioridad.



Ilustración 16. Luminaria modificada

- **Luminaria modificada (retrofit):** para este tipo de luminaria hay que modificar el diseño original, por lo que habrá que realizar modificaciones eléctricas y/o mecánicas que varíen en mayor o menor medida, las características del fabricante.



Ilustración 17. Luminaria modificada

Según el Real Decreto 1890/2008 de 14 de noviembre, en el que se aprueba el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior, las instalaciones que posean una potencia instalada superior a 5kW deberán disminuir el nivel de iluminación mediante el uso de dispositivos o equipos que permitan regular el nivel luminoso a excepción de que por razones de seguridad no resulte conveniente reducir los niveles de iluminación.

Con esta normativa, la inclusión de estos dispositivos dependerá del instalador o proyectista y en función del tipo de instalación planeada, se le requerirá al fabricante las luminarias con o sin los sistemas de regulación.

5.3.2.6 Drivers y control de alumbrado

Las lámparas LED no son conectadas a la corriente directamente, sino que es necesario que tenga también un driver o fuente de alimentación, que se encarga de transformar la tensión que le llega de la red eléctrica adecuándola a las especificaciones de la luminaria LED.

Debido a que los LED funcionan con corriente continua y, para que trabajen en una instalación que tenga corriente alterna (presente en edificios y en la mayor parte de instalaciones) necesita un driver que permita convertir esta corriente alterna en continua y que adapte la tensión de salida a las que requieran los LED.



Ilustración 18. Driver

Los LED trabajan a una tensión de corriente baja debido a la baja impedancia que poseen y si trabajan a una tensión elevada no funcionarían correctamente e incluso podrían quemarse. La corriente de salida en una instalación eléctrica supera los escasos miliamperios que necesita un LED para que pueda emitir la luz. Por lo tanto, el driver es el equipo que se ocupará de que la intensidad disminuya sin que esto signifique una pérdida de energía, pudiendo mantener la tensión constante y aminorando la generación de calor.

La sensibilidad que poseen los LED a las alteraciones en la corriente también se podrá solucionar con un driver que pueda estabilizar la tensión, el flujo luminoso que emiten los LED (color e intensidad) y la temperatura, que permitirá alargar la vida útil disipando el calor. El driver, por tanto, es un elemento muy importante ya que de él depende en gran parte la energía eléctrica que podemos aprovechar del consumo de los LED.

5.4 SISTEMAS DE AHORRO

Para conseguir el objetivo de disminuir el consumo de energía en alumbrado público se deben modificar las instalaciones optimizando los sistemas existentes o bien renovando los sistemas más antiguos por otros más modernos con mayor eficiencia. Se puede llegar a reducir el consumo eléctrico del alumbrado exterior entre un 20% y un 85%. En los siguientes apartados se describen las diferentes medidas existentes.

5.4.1 LÁMPARAS

Las lámparas son las encargadas de emitir la luz en la instalación, por lo que la elección de cada una de ellas presenta una dificultad cuando se diseña una instalación. Esto se debe a que el tipo de lámpara influye en la duración de vida, el color de la luz e incluso la potencia consumida. Los factores más importantes a tener en cuenta, como bien hemos visto antes son la temperatura de color, rendimiento cromático, eficacia luminosa y la duración de vida media y útil.

La lámpara que ha sido más utilizada para el alumbrado público ha sido la de vapor de mercurio. Este tipo de lámpara ha sido sustituida por las de sodio a baja o alta presión en zonas sin exigencia de color. Las lámparas de sodio de alta presión poseen una gran eficacia que las hace ideales para sitios en los que los requisitos de color no son muy importantes como las autopistas.

Las lámparas de descarga de sodio a baja presión llegaron a ser la solución más eficiente hace unos años, pero tenían escasa utilización debido a que son de gran tamaño y el cambio de luminaria para adaptarse a la lámpara añade un coste adicional con el que el proyecto se hace menos rentable.

En zonas en las que se requiere luz blanca se recomienda utilizar las lámparas de halogenuros metálicos, que tienen un mejor comportamiento energético que las lámparas de vapor de mercurio y emiten una luz semejante.

En los últimos años existe una tendencia al cambio de estas luces de alumbrado público por luces Led que aprovechan mucho mejor la energía emitida y poseen mayor vida útil. Por lo tanto, a elección del tipo de bombilla es un factor que determinará en gran parte el consumo eléctrico y es una de las principales medidas a adoptar para conseguir instalaciones más eficientes.

(Agencia Andaluza de la Energía, 2011)

5.4.2 EQUIPOS AUXILIARES

Tal y como hemos visto anteriormente, es común que se presenten variaciones en la tensión de alimentación en las redes de alumbrado que poseen lámparas de descarga de sodio de Alta presión o Vapor de Mercurio con balastos en serie. Una tensión que supere el 105% del valor nominal para las que fueron diseñadas disminuye enormemente la vida de los equipos y lámparas lo que produce un incremento de energía eléctrica.

En la siguiente figura se refleja cómo varía el consumo y la vida de una lámpara de vapor de Sodio de Alta Presión en función de la tensión de alimentación. Un incremento del 12,5% provoca que la vida de la lámpara disminuya un 8%. Por eso es tan importante la estabilización de la alimentación aportada a los receptores en el alumbrado.

(IDAE)

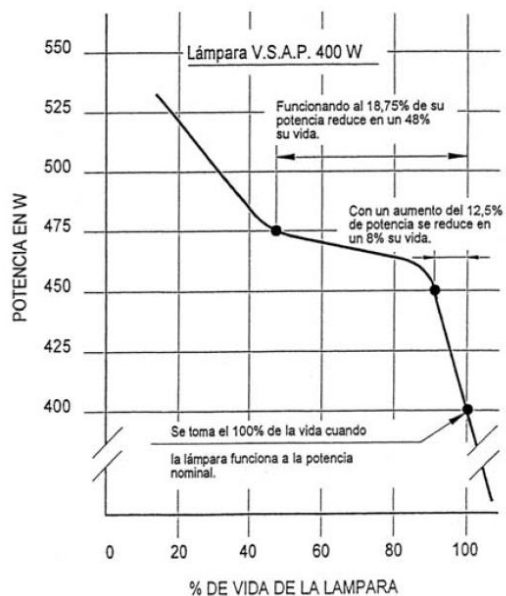


Gráfico 5.1 Vida de una lámpara V.S.A.P. en función de la potencia

Con la introducción de balastos electrónicos podemos solucionar este problema y también disminuir el consumo de manera importante. Como hemos visto con anterioridad, el balasto electrónico es un dispositivo que puede sustituir al condensador, arrancador y al balasto electromagnético en lámparas de sodio a alta

presión. Este elemento permite la estabilización de la potencia de la lámpara y el consumo frente a variaciones de tensión desde 180 V hasta 250 V. Al estabilizar la potencia conseguimos mantener la vida media de la lámpara mucho mejor que los balastos electromagnéticos, aunque estos equipos son menos robustos y más sensibles que los balastos electromagnéticos.

En el funcionamiento las pérdidas del balasto electrónico son inferiores al 4 o 5% de la potencia que se consume en la lámpara mientras que, en los demás equipos auxiliares (condensador, arrancador y balasto electromagnético) este valor asciende a valores de entre 9,3 y 27,5% de la potencia nominal de la lámpara.

Los balastos electrónicos presentan también presentan un inconveniente y es que, frente a los electromagnéticos, se debe tener una protección específica para las tormentas con sobrecargas eléctricas producidas por los rayos, perturbaciones eléctricas, elevadas temperaturas, etc.



Ilustración 20. Balasto electromagnético



Ilustración 19. Balasto electrónico

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

(IDAE)

5.4.3 EQUIPOS DE CONTROL

Se puede operar desde varios puntos en el funcionamiento del ciclo de iluminación. Una opción es optimizar los tiempos de apagado (en el orto) y los de encendido (en el ocaso) ajustándolo a las condiciones que sean de nuestro interés. Esto es realizable

gracias al uso de equipos de control que permiten realizar estas funciones como los interruptores horarios astronómicos y los interruptores crepusculares.

5.4.3.1 Interruptores horarios astronómicos

Son interruptores que incluyen un programa que conoce los horarios de ocasos y ortos en función de la zona geográfica en la que es instalado. La principal ventaja es que no es necesario programar periódica y manualmente los tiempos para el encendido y apagado. También permiten retrasar o adelantar uniformemente los tiempos de maniobra para conseguir un ahorro adicional.

Poseen dos circuitos independientes, uno correspondiente al encendido y apagado de todo el alumbrado y otro para la recuperación y reducción de flujo luminoso en las horas que es menos necesario. Para que funcione de manera adecuada el interruptor horario debe contar con una buena precisión para la puesta en marcha y una óptima base de tiempos. En algunos modelos más modernos se pueden incluir días especiales que varían las maniobras debido a las festividades.

5.4.3.2 Interruptores crepusculares

Estos interruptores son aparatos electrónicos que tienen la capacidad de conmutar en función de la luminosidad ambiente un circuito. Está formado por una célula fotoeléctrica que es un elemento sensible a la luz y detecta cuanta luz natural hay en el lugar que ha sido instalado. Un relé será activado o desactivado dependiendo de la cantidad de luz que haya con la ayuda de los elementos de maniobra que permiten el encendido y apagado de la instalación.

Para que funcionen a la perfección las instalaciones que incluyen esta tecnología, los interruptores deben tener circuitos con un retardo que permite eliminar problemas en los encendidos o apagados debido a fenómenos meteorológicos temporales como pueden ser el paso de nubes.

Los inconvenientes que presenta el uso de estos interruptores es la dificultad que poseen para el mantenimiento reparación al ser instalados en sitios de complicado acceso. Otro de ellos es la polución que produce que se oscurezcan las envolventes y hace que a lo largo del tiempo las actuaciones no se realicen en los momentos deseados.

(IDAE)

5.4.4 MÉTODOS DE CONTROL

5.4.4.1 *Apagado parcial*

Con este método se logra una reducción del consumo eléctrico apagando durante un periodo de tiempo determinado una parte de las luminarias, siendo el ahorro mayor cuantas más luminarias sean apagadas.

Por lo tanto, el sistema resulta efectivo, pero tiene el inconveniente de perder la uniformidad lumínica. También existe una diferencia significativa en la vida de las lámparas entre las que siempre son apagadas durante estos periodos y las que no. El desarrollo de interruptores horarios astronómicos con diferentes circuitos soluciona este problema de manera que cada día se alterne el circuito a apagar.

5.4.4.2 *Reactancias de doble nivel*

Las reactancias de doble nivel o balastos de doble nivel son los primeros dispositivos para el ahorro energético que aparecieron en Europa. Estos balastos son similares a los anteriores, pero incorporan un bobinado adicional. Este bobinado permite a través de una reactancia, modificar la impedancia de un circuito con la ayuda de un relé exterior y así poder variar la intensidad de las lámparas para conseguir ahorros de hasta un 40%. La activación vendrá dada por un temporizador interno o un mando.

Aunque no presenta el problema de la uniformidad lumínica, provoca una sensación de falta de luz al usuario al cambiar bruscamente de una intensidad normal a una reducida. En las instalaciones que tienen un temporizador, éste es de retardo a la conexión y, por tanto, la reducción no está sincronizada y se da lugar a un destiempo entre lámparas. Al reencender la instalación de alumbrado en nivel reducido, el temporizador tiene de nuevo otro retardo para volver a la tensión de red con lo que se pierde prácticamente todo el ahorro.

Este sistema al igual que el de apagado parcial, no soluciona el problema de sobretensión que produce una disminución de la vida de los equipos y lámparas, lo que provoca el incremento en el consumo eléctrico.

5.4.4.3 Estabilizadores de tensión y reductores de flujo luminoso

Son equipos que se instalan a en el cuadro eléctrico y se utiliza para instalaciones de alumbrado público en las que es posible reducir la cantidad de iluminación en determinadas horas.

Se consigue con estos dispositivos un descenso en la iluminación general y uniforme en la totalidad de la instalación, lo que evita que existan zonas oscuras. Son parecidos a los equipos de doble nivel con la diferencia de que son instalados en todo el circuito y el ahorro estimado suele ser inferior.

Los estabilizadores de tensión y los reductores de flujo luminoso son aplicables a instalaciones ya existentes u otras nuevas obteniendo una semejante rentabilidad de inversión. Existe otro ahorro correspondiente a la eliminación de la sobretensión que se produce por la noche con frecuencia en la mayoría de las instalaciones.

(Escuela de Organización Industrial)

5.4.4.4 Telegestión

Los sistemas de telegestión presentan la principal ventaja de poder controlar energéticamente las instalaciones de forma remota, pudiendo supervisar en cualquier momento el consumo eléctrico que se esta produciendo. Con esto se puede realizar una valoración para ver si son coherentes y si se esta efectuando correctamente el ahorro tras la instalación de medidas de ahorro. Por otra parte, se pueden gestionar las instalaciones a distancia detectando luces que no funcionan o problemas que surjan.

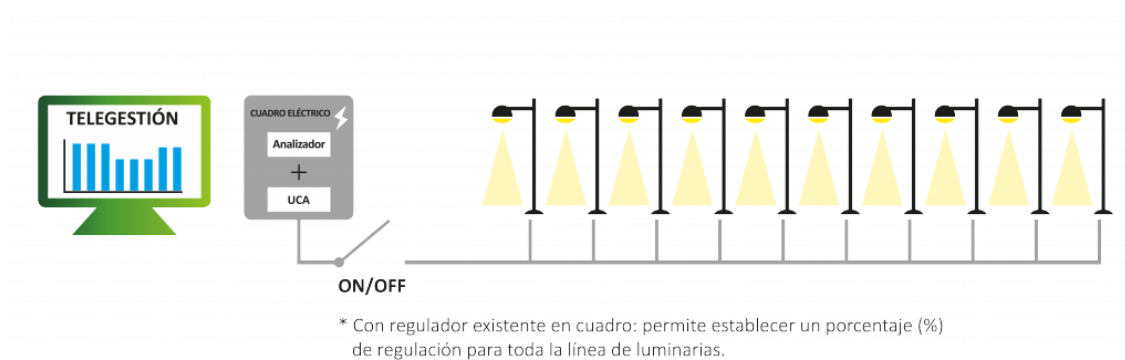


Ilustración 21. Esquema de un sistema de telegestión

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

5.5 MODELOS DE LUMINARIAS LED INSTALADAS EN JAÉN

LEDUS es un proveedor de soluciones de iluminación eficiente mundial dedicado exclusivamente a producir productos LED. A continuación, veremos los distintos modelos existentes en Jaén siendo todos ellos de LEDUS.

5.5.1 Luminaria LED serie T1A

La serie T1A de farolas y luminarias para viales LEDUS ofrecen una solución personalizada para cada cliente e instalación puesto que son equipos modulares de 40W por módulo.



Ilustración 22. Luminaria LED serie T1A. Fuente: LEDUS

CARACTERÍSTICAS

- Tecnología modular con mantenimiento insitu libre de herramienta.
- Disipación mediante efecto Briquelette y tecnología de refrigeración a través de la estructura completa de la luminaria.

- Doble acoplamiento para protección IP68.
- Distribución de luz ergonómica para lograr cualquier efecto de iluminación.
- Personalización mediante diferentes potencias y ópticas.

APLICACIONES

- Iluminación de carreteras (calles, autopistas, autovías).
- Áreas a iluminar (plazas, distritos, aparcamientos...).

(LEDUS, 2014)

5.5.2 Luminaria Villa LED

Las placas LEDUS ofrecen una solución personalizada para cada cliente e instalación en la sustitución de luminarias tipo Villa con una sustitución directa y sencilla puesto que únicamente se cambia la placa interior donde se aloja la bombilla por una placa integrada por el módulo LED, su disipador de calor y el LED driver correspondiente.



Ilustración 23. Luminaria Villa LED. Fuente: LEDUS

CARACTERÍSTICAS

- Tecnología de refrigeración a través de toda estructura, alta disipación de calor.
- Doble anillo de protección IP68, nivel de resistencia al agua mayor.
- Equipo electrónico multicircuito de corriente constante, larga vida útil.
- Distribución de luz ergonómica para lograr cualquier efecto de iluminación.

- Diseño clásico, simple y elegante

APLICACIONES

- Iluminación de jardines, parques, patios...
- Iluminación de calles, escuelas, áreas residenciales.

(LEDUS, 2014)

5.5.3 Luminaria Fernandina LED

Las placas LEDUS ofrecen una solución personalizada para cada cliente e instalación en la sustitución de luminarias tipo Fernandina con una sustitución directa y sencilla puesto que únicamente se cambia la placa interior donde se aloja la bombilla por una placa integrada por el módulo LED, su disipador de calor y el LED driver correspondiente



Ilustración 24. Luminaria Fernandina LED. Fuente: LEDUS

CARACTERÍSTICAS

- Tecnología de refrigeración a través de toda estructura, alta disipación de calor.
- Doble anillo de protección IP68, nivel de resistencia al agua mayor.
- Equipo electrónico multicircuito de corriente constante, larga vida útil.
- Distribución de luz ergonómica para lograr cualquier efecto de iluminación.
- Diseño clásico, simple y elegante.

APLICACIONES

- Iluminación de zonas exteriores (zonas de paso, jardines, zonas residenciales ...)
- Iluminación de lugares públicos (zonas turísticas, parques temáticos, plazas ...)

(LEDUS, 2014)

5.5.4 Luminaria Globo serie GL1A Modelo Jaén

La serie GL1A de luminarias tipo Globo para viales LEDUS ofrecen una solución personalizada para cada cliente e instalación puesto que son equipos modulares. Esta característica junto a que tienen una vida útil superior a las 50,000 horas con un factor de potencia muy elevado y un consumo reducido, hacen de esta serie una opción idónea para el cambio de tecnologías obsoletas usadas en alumbrado público



Ilustración 25. Luminaria Globo GL1A modelo Jaén. Fuente: LEDUS

CARACTERÍSTICAS

- Simula y adopta el principio de combustión de “panal de Briquette”, así como la refrigeración a través de toda la estructura de la luminaria.
- Doble acoplamiento de protección IP68, nivel de resistencia al agua mayor.
- Tecnología modular que facilita el mantenimiento in-situ.
- Equipo electrónico multicircuito de corriente constante, larga vida útil.

- Estructura de aluminio para facilitar la disipación de calor.
- Distribución de luz ergonómica para lograr cualquier efecto de iluminación

APLICACIONES

- Iluminación de jardines, parques, patios...
- Iluminación de calles, escuelas, áreas residenciales...

(LEDUS, 2014)

5.5.5 Luminaria serie FL1A – Ultra Bright

Las series FL1A y TF1A de proyectores y campanas LEDUS ofrecen una solución personalizada para cada cliente e instalación puesto que son proyectores modulares de 40W por módulo.



Ilustración 26. Serie FL1A – Ultra Bright. Fuente: LEDUS

CARACTERÍSTICAS

- Tecnología modular con mantenimiento insitu libre de herramienta.
- Disipación mediante efecto Brikette y tecnología de refrigeración a través de la estructura completa de la luminaria.
- Doble acoplamiento para protección IP68, nivel de resistencia al agua mayor.
- Distribución de luz ergonómica para lograr cualquier efecto de Iluminación.
- Personalización mediante diferentes potencias y ópticas.

APLICACIONES

- Iluminación de fachadas de edificios, monumentos, zonas comerciales....
- Iluminación de naves industriales, almacenes, fábricas...
- Iluminación aparcamientos, instalaciones deportivas...

(LEDUS, 2014)

5.6 MEJORA APLICABLE EN LAS INSTALACIONES DE JAÉN

La principal mejora que se expone en este proyecto es la aplicación de placas solares en algunas de las farolas de la ciudad de Jaén. De esta manera podemos conseguir que algunas zonas que antes estaban más oscuras ya no lo estén por un bajo coste económico y baja contaminación lumínica.

Las farolas solares son el futuro en la iluminación exterior ya que permite favorecer la sostenibilidad de las ciudades y la instalación en puntos donde incluso el alumbrado público no tiene accesibilidad.

La iluminación solar básicamente es aprovechar la energía del sol y permitir ofrecer a gracias a ella una elevada calidad luminaria.

Ventajas

Según el fabricante Philips sus modelos tienen los siguientes beneficios:

- **Seguridad para los habitantes:** A esta luz solar se le pueden aplicar detectores de movimiento que aumentan la calidad y seguridad de la vida de las personas y a su vez, la autonomía de las baterías.
- **Energía de tipo renovable:** El problema de que la energía eléctrica no llega a algunos lugares se soluciona con este tipo de farolas permitiendo tener luz en zonas residenciales o parques. La iluminación de tipo solar permite que estos lugares posean un autoconsumo energético. De esta manera se disminuye el impacto ambiental al no depender de la electricidad.
- **Mejor retorno de inversión posible:** Este tipo de farolas no implican ningún tipo de obras para su instalación o trabajo de conexionado especial y también respetan la estética de la zona. La luz solar para esta aplicación tiene un

mantenimiento como instalación sencilla. Lo que permite que la inversión no sea tan elevada.

(Philips lighting)

Desventajas

Este sistema también presentaría una serie de desventajas como puede ser que requieren una inversión inicial más alta en comparación con las luces convencionales para el alumbrado público.

Otras desventajas sería que el riesgo de robo aumentaría por el hecho de no estar cableado y la acumulación de humedad, nieve o polvo sobre los paneles fotovoltaicos horizontales que puede producir la reducción o el paro de la producción de energía por lo que habría que revisarlo con cierta periodicidad.

También habría que añadir que la vida útil de las baterías es baja por lo que tendrían que ser remplazadas varias veces durante la vida útil de los demás accesorios. Esto tendría otro coste que deberíamos sumar.

Por lo tanto, habría que valorar detenidamente si realmente una inversión de este tipo es rentable para la puesta en marcha en las instalaciones eléctricas de una ciudad.

(Sunmaster solar Light Manufacturer)

En la actualidad, estos modelos de farolas ya han sido instalados en algunos lugares de Sevilla en los que ha sido un total éxito. En la ciudad de Jaén actualmente se poseen algunas farolas de este tipo en la Universidad de Jaén, aunque estas no dependen del alumbrado público en el que se basa nuestro estudio.

Actualmente se está realizando el estudio para la puesta en marcha de farolas solares en algunas zonas de Jaén como es en el Parque del Bulevar. Esta zona es amplia y se garantiza que la luz del sol incide correctamente y también es una zona con una gran iluminación que podría suponer un ahorro considerable.

6. LEGISLACIÓN APLICABLE

6.1 DIRECTIVAS Y LEGISLACIÓN COMUNITARIAS

- CONSEJO EUROPEO Bruselas, 8-9 marzo 2007 Plan de Acción del Consejo Europeo (2007 – 2009). Política Energética para Europa.
- DIRECTIVA 2004/8/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 11 de febrero de 2004 relativa al fomento de la cogeneración sobre la base de la demanda de calor útil en el mercado interior de la energía y por la que se modifica la Directiva 92/42/CEE.
- DIRECTIVA 2003/54/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 26 de junio de 2003 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- DIRECTIVA 2003/30/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 8 de mayo de 2003 relativa al fomento del uso de biocarburantes u otros combustibles renovables en el transporte.
- DECISIÓN DEL CONSEJO de 25 de abril de 2002 relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad Europea, del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al cumplimiento conjunto de los compromisos contraídos con arreglo al mismo (2002/358/CE).
- DIRECTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios: Normativa sobre EDIFICACIÓN.
- DIRECTIVA 2001/77/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 27 de septiembre de 2001 relativa a la promoción de la electricidad generada a partir de fuentes de energía renovables en el mercado interior de la electricidad.
- RESOLUCIÓN DEL CONSEJO de 7 de diciembre de 1998 sobre la eficacia energética de la Comunidad Europea (98/C 394/01).

(Boletín Oficial del Estado, 2019)

6.2 LEGISLACIÓN ESPAÑOLA

- RESOLUCIÓN de 13 de mayo de 2008, de la Dirección General de Industria, por la que se amplían los anexos I, II y III de la Orden de 29 de noviembre de 2001, por la que se publican las referencias a las normas UNE que son transposición de normas armonizadas, así como el período de coexistencia y la entrada en vigor del mercado CE relativo a varias familias de productos de construcción.
- REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- CORRECCIÓN de errores del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (B.O.E. 28-06-08).
- 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.
- REAL DECRETO 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- CORRECCIÓN de errores del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción (B.O.E. 17-11-07).
- CODIGO TÉCNICO: Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Tarifas eléctricas:

- ORDEN ITC/1732/2010, de 28 de junio, por la que se revisan los peajes de acceso a partir de 1 de julio de 2010 las tarifas y primas de determinadas instalaciones de régimen especial. los peajes de acceso a partir de 1 de julio de 2010 las tarifas y primas de determinadas instalaciones de régimen especial. ORDEN ITC/1659/2009, de 22 de junio, por la que se establece el mecanismo

de traspaso de clientes del mercado a tarifa al suministro de último recurso de energía eléctrica y el procedimiento de cálculo y estructura de las tarifas de último recurso de energía eléctrica.

- REAL DECRETO 485/2009, de 3 de abril, por el que se regula la puesta en marcha del suministro de último recurso en el sector de la energía eléctrica.
- REAL DECRETO 1432/2002, de 27 de Diciembre, por el que se establece la metodología para la aprobación o modificación de la tarifa eléctrica media o de referencia y se modifican algunos artículos del Real Decreto 2017/1997, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el procedimiento de liquidación de los costes de transporte, distribución y comercialización a tarifa, de los costes permanentes del sistema y de los costes de diversificación y seguridad de abastecimiento.
- 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.
- ORDEN de 12 de enero de 1995, por la que se establecen las tarifas eléctricas. *Observaciones: El anexo de la Orden de 12 de enero de 1995 es de especial interés dado que en él se define la Estructura General Tarifaria. Se advierte, sin embargo, que algunos de sus puntos han sido modificados por legislación posterior.*

Régimen especial:

- REAL DECRETO 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.
- REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- REAL DECRETO 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. *Observaciones: Ver modificaciones posteriores del Real Decreto 436/2004*

- REAL DECRETO 1433/2002, de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.
- REAL DECRETO 841/2002, de 2 de agosto, por el que se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida.
- REAL DECRETO 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.

(Boletín Oficial del Estado, 2019)

6.3 LEGISLACIÓN ANDALUZA

- ORDEN de 4 de febrero de 2009, por la que se establecen las bases reguladoras de un programa de incentivos para el desarrollo energético sostenible de Andalucía y se efectúa su convocatoria para los años 2009-2014.
- DECRETO 279/2007, de 13 de noviembre, por el que se aprueba el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética (PASENER 2007-2013).
- ACUERDO de 5 de junio de 2007, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan Andaluz de Acción por el Clima 2007-2012: Programa de Mitigación.
- LEY 2/2007 de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía.
- ORDEN de 26 de marzo de 2007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas.

(Boletín Oficial del Estado, 2019)

7. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE AHORRO

La información aportada por el Ayuntamiento de Jaén, ha permitido llevar a cabo un análisis de los términos de coste (€) y consumo energético (kwh).

Debido a la falta de datos en algún mes, se han realizado extrapolaciones mediante ecuaciones exponenciales de grado 2 entre los diferentes años de un mismo mes. Esto ha permitido trazar una curva que nos muestra cual es la tendencia de cada uno de los meses y así poder obtener un valor estimado en un mes de un año concreto.

En cambio, en otros años se ha dispuesto sólo del término del coste o sólo del término de consumo. El término del consumo se puede calcular de manera aproximada multiplicando el coste por el precio de la energía (€/kWh) y el término del consumo dividiendo el coste por éste mismo precio.

En las tablas 21 y 22 se resume el coste energético y consumo energético obtenido en diferentes años:

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	102.197,64 €	134.374,85 €	186.128,66 €	203.535,37 €	220.942,07 €	131.908,89 €	90.750,20 €	74.496,28 €	87.450,55 €
Febrero	250.063,74 €	175.716,65 €	290.956,92 €	245.918,31 €	188.198,37 €	105.295,59 €	78.989,58 €	65.583,93 €	86.389,39 €
Marzo	351.057,50 €	179.472,39 €	220.195,65 €	156.463,05 €	180.179,58 €	105.864,76 €	81.789,82 €	64.262,00 €	83.123,54 €
Abril	173.706,42 €	215.901,03 €	100.213,38 €	208.465,59 €	174.571,61 €	93.426,23 €	71.085,12 €	56.373,83 €	58.041,79 €
Mayo	103.170,06 €	164.303,59 €	91.109,69 €	115.841,37 €	144.852,72 €	88.355,39 €	63.034,59 €	52.386,64 €	81.766,52 €
Junio	185.990,33 €	255.904,51 €	114.205,60 €	120.551,23 €	126.896,85 €	81.152,83 €	59.242,89 €	12.068,45 €	66.639,59 €
Julio	102.947,24 €	136.211,49 €	169.475,74 €	147.469,61 €	125.463,47 €	79.322,53 €	62.853,89 €	41.217,72 €	52.593,72 €
Agosto	178.190,02 €	245.516,51 €	143.980,12 €	155.747,85 €	167.515,58 €	79.908,85 €	59.941,85 €	42.219,52 €	62.541,70 €
Septiembre	127.200,00 €	136.650,33 €	141.930,85 €	128.347,42 €	114.763,99 €	74.763,38 €	44.300,27 €	68.370,66 €	56.702,26 €
Octubre	192.300,00 €	173.693,16 €	154.016,39 €	197.200,17 €	240.383,95 €	58.838,95 €	70.721,30 €	56.312,29 €	63.247,36 €
Noviembre	182.100,00 €	188.932,84 €	186.279,79 €	170.577,93 €	154.876,07 €	69.982,15 €	77.090,39 €	95.090,25 €	81.474,90 €
Diciembre	112.446,66 €	248.872,81 €	174.099,54 €	162.522,42 €	150.945,29 €	89.465,24 €	80.074,21 €	69.077,97 €	82.983,32 €
TOTAL	2.061.369,61 €	2.255.550,16 €	1.972.592,33 €	2.012.640,30 €	1.989.589,55 €	1.058.284,77 €	839.874,11 €	697.459,54 €	862.954,64 €

Tabla 21. Coste energético. Año 2009 al 2017

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	786.135,69	1.033.652,69	1.443.558,23	1.578.559,43	1.713.560,63	1031547	557632	486958	472077
Febrero	1.890.796,56	1.328.639,00	2.265.679,82	1.914.964,43	1.465.499,60	845168	471346	410952	399118
Marzo	3.067.280,78	1.568.097,00	1.822.077,71	1.294.702,40	1.490.952,24	831976	475420	414085	402997
Abril	1.255.349,15	1.560.283,00	745.052,19	1.549.870,33	1.297.880,15	715157	412736	356213	350578
Mayo	807.384,47	1.285.801,00	694.071,54	882.476,90	1.103.484,70	655680	369215	328894	322875
Junio	1.214.855,94	1.671.523,00	786.424,44	830.120,67	873.816,91	590864	320955	300601	294080
Julio	791.901,85	1.047.780,69	1.169.455,05	1.017.603,31	865.751,57	496271	336958	317906	309563
Agosto	1.370.692,42	1.888.588,54	933.967,28	1.010.301,95	1.086.636,62	448122	366444	348748	339688
Septiembre	1.050.390,21	1.128.429,00	996.935,29	901.524,04	806.112,78	456887	391037	374975	365354
Octubre	1.235.978,59	1.116.386,00	1.143.551,51	1.464.185,42	1.784.819,32	517130	445803	427868	416891,0814
Noviembre	1.203.210,58	1.248.358,00	1.321.776,52	1.210.361,61	1.098.946,69	536189	462183	448336	437516,5406
Diciembre	864.974,31	1.914.406,23	1.215.971,10	1.135.112,49	1.054.253,87	572194	496737	481882	470213,8725
TOTAL	15.538.950,55	16.791.944,15	14.538.520,70	14.789.782,98	14.641.715,08	7.697.185,00	5.106.466,00	4.697.418,00	4.580.951,49

Tabla 22. Consumo energético. Año 2009 al 2017.

La representación gráfica de estos valores en los gráficos 12 a 31 que se verá en el siguiente apartado permitirá ver con más claridad la evolución del coste y del consumo energético.

7.1 COSTE ENERGÉTICO

7.1.1 Análisis mensual

A continuación, se muestran las gráficas de los diferentes meses para el coste energético en los que se observa por lo general un comportamiento similar salvo algunas excepciones. En los meses de enero y diciembre suelen darse mayores costes y en los meses de verano en cambio, los costes en general son menores debido a que en verano hay más horas de luz y, por tanto, disminuyen las horas en las que el alumbrado público está en funcionamiento.

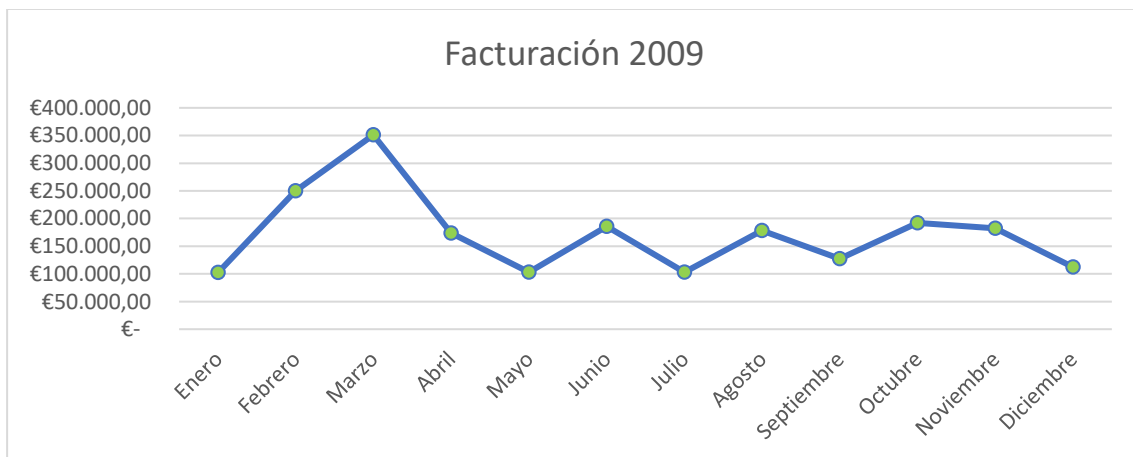


Gráfico 12. Facturación eléctrica 2009 Jaén.

Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN

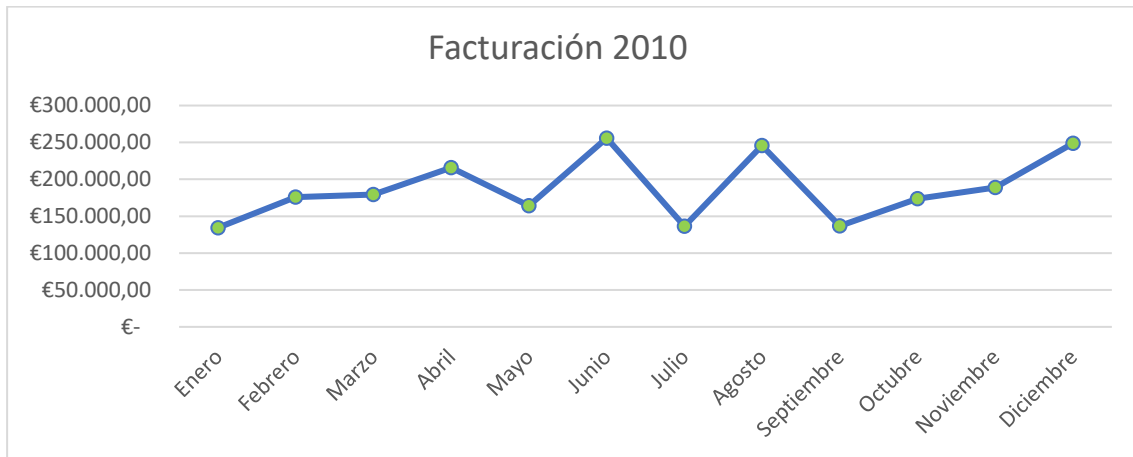


Gráfico 13. Facturación eléctrica 2010 Jaén.

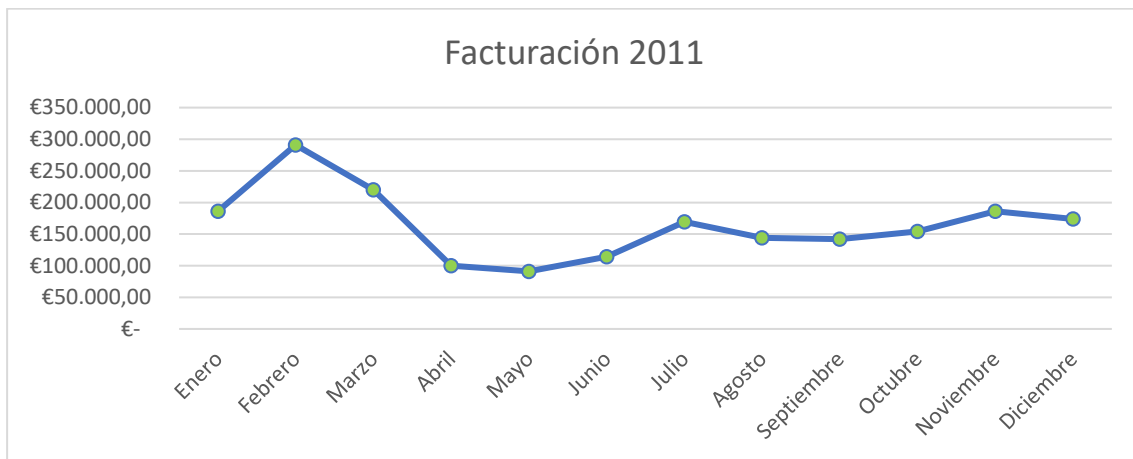


Gráfico 14. Facturación eléctrica 2011 Jaén.



Gráfico 15. Facturación eléctrica 2012 Jaén.

Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO
MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN

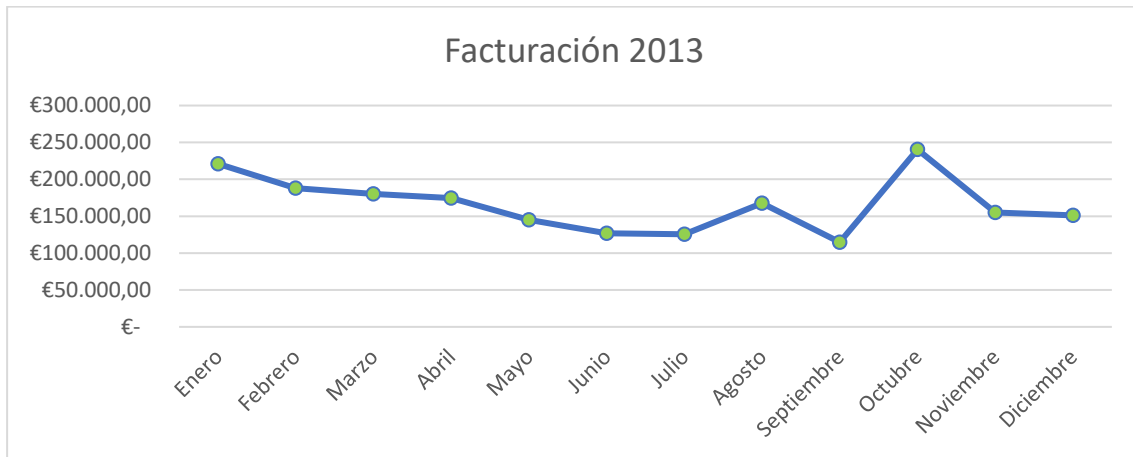


Gráfico 16. Facturación eléctrica 2013 Jaén.

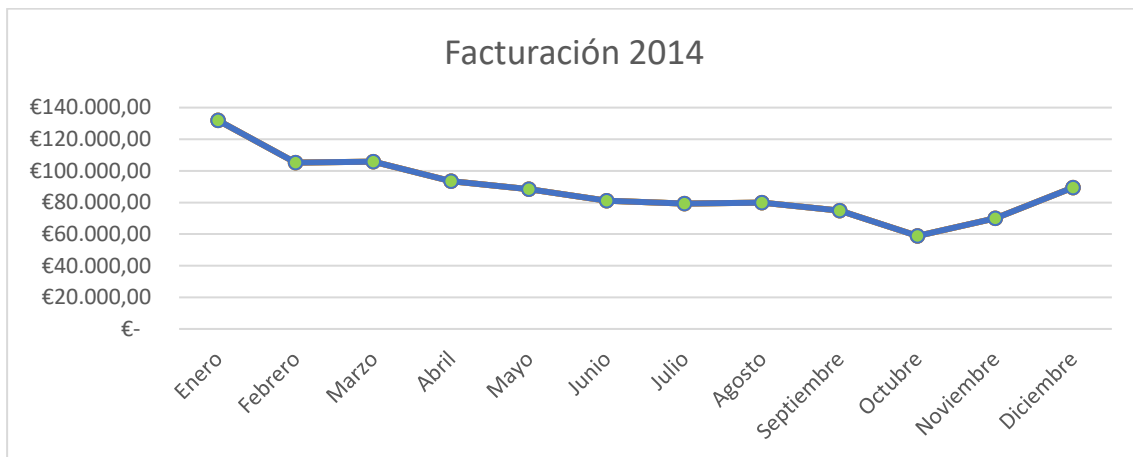


Gráfico 17. Facturación eléctrica 2014 Jaén.

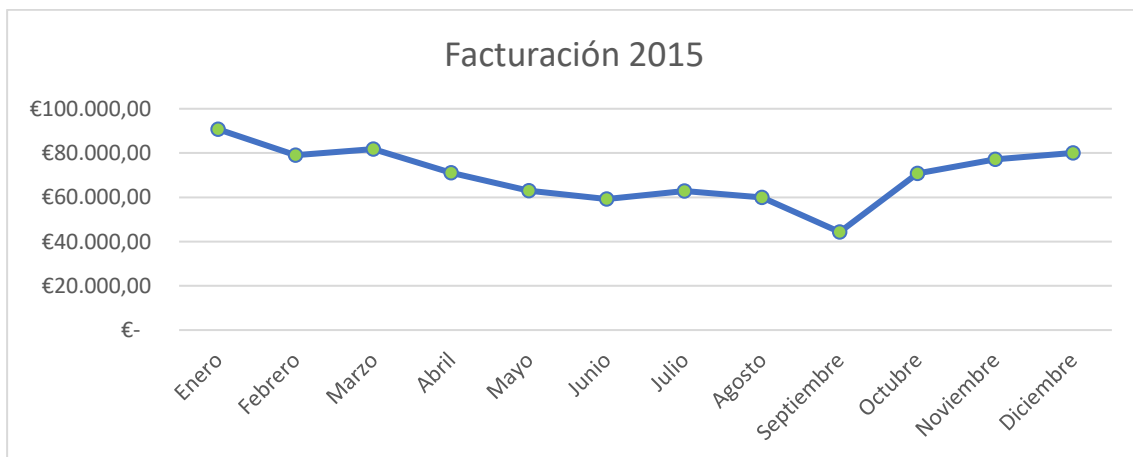


Gráfico 18. Facturación eléctrica 2015 Jaén.

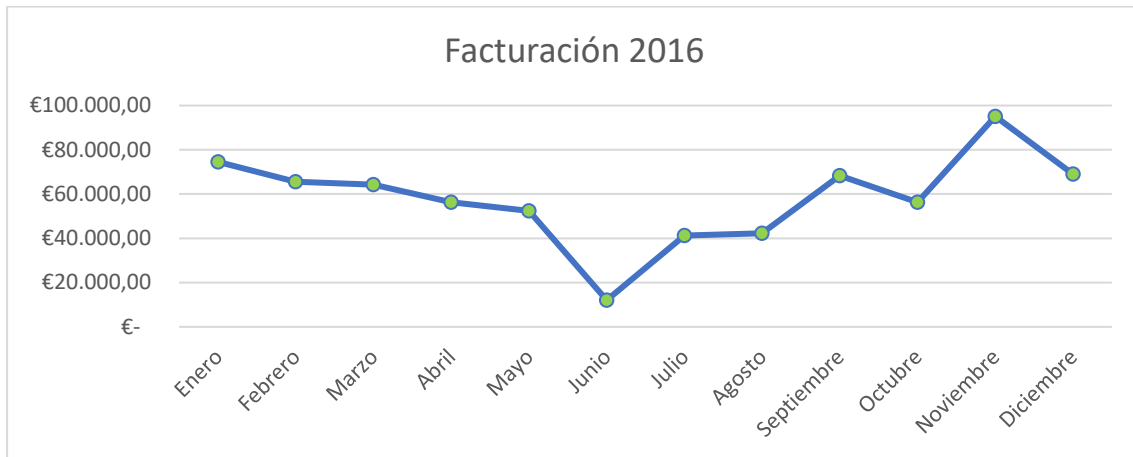


Gráfico 19. Facturación eléctrica 2016 Jaén.

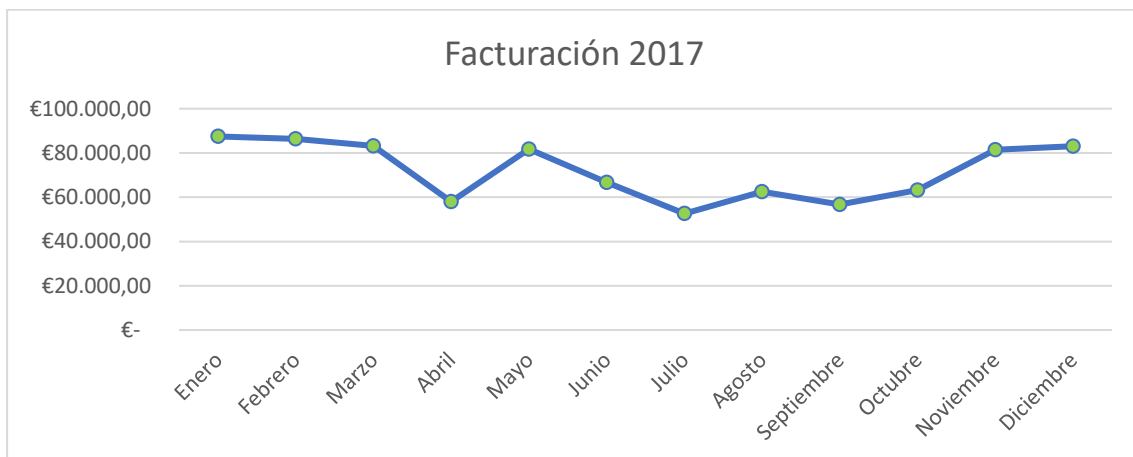


Gráfico 20. Facturación eléctrica 2017 Jaén.

7.1.2 Análisis anual

La facturación anual se ha obtenido sumando el coste de todos los meses para cada uno de los años.

En gráfico siguiente se puede observar que, a partir del año 2013, los términos de coste energético disminuyen considerablemente y esto es debido al cambio de luces tradicionales a las de tipo led en el año 2013.

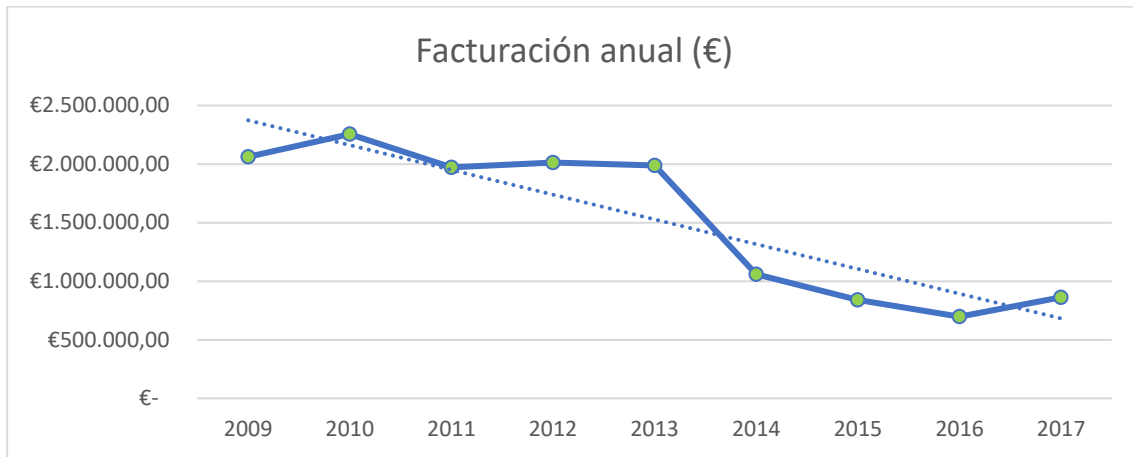


Gráfico 21. Facturación eléctrica anual Jaén. Años 2009 a 2017

7.2 CONSUMO ENERGÉTICO

7.2.1 Análisis mensual

Al igual que en el caso del coste energético en los meses de invierno suele haber un mayor consumo y en los de verano un menor consumo debido a que tenemos más horas de luz en verano y en estos meses hay menos horas en las que el alumbrado público se mantiene en funcionamiento.

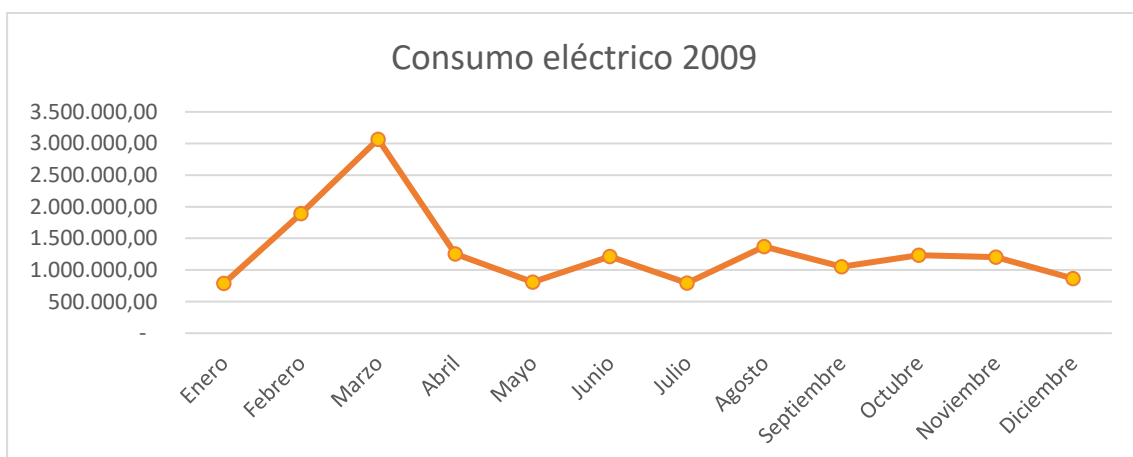


Gráfico 22. Consumo eléctrico 2009.

Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN

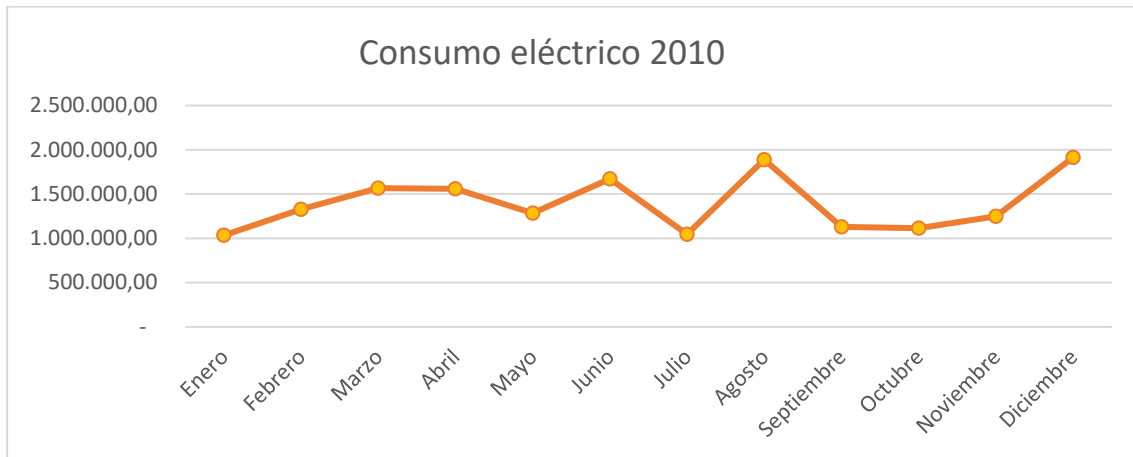


Gráfico 23. Consumo eléctrico 2010.

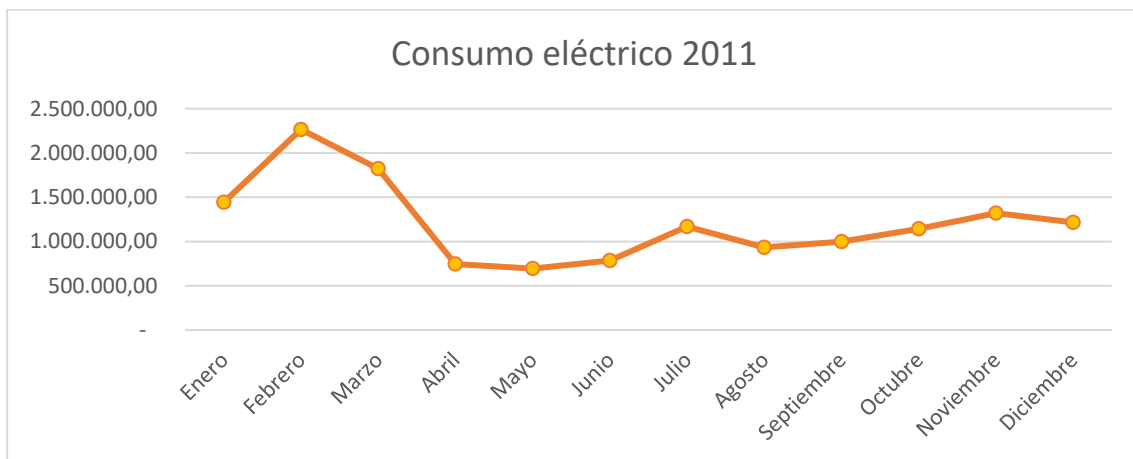


Gráfico 24. Consumo eléctrico 2011.

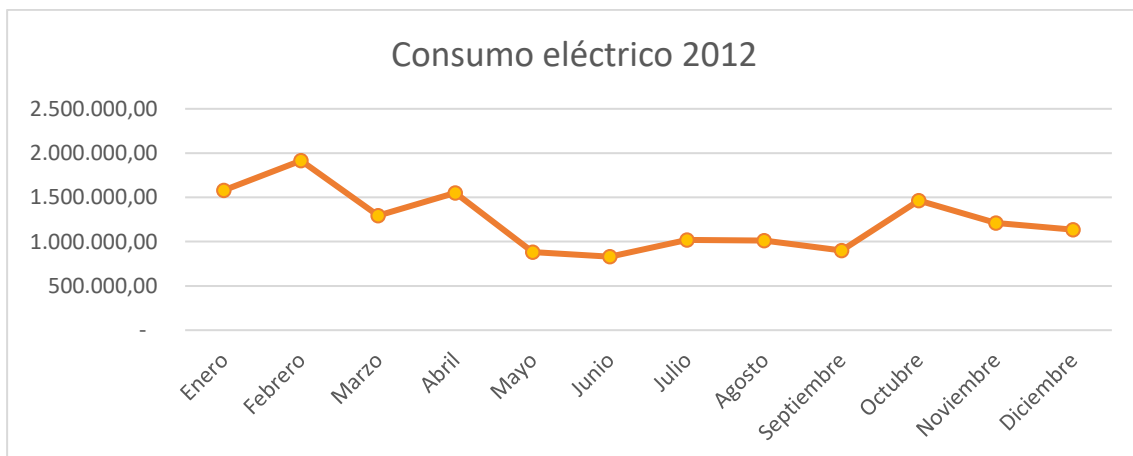


Gráfico 25. Consumo eléctrico 2012.

Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO
MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN

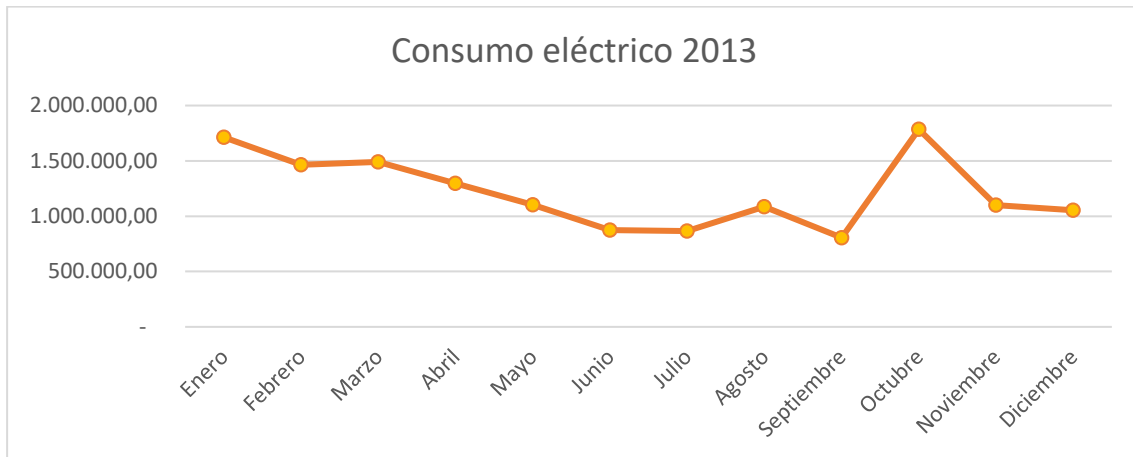


Gráfico 26. Consumo eléctrico 2013.

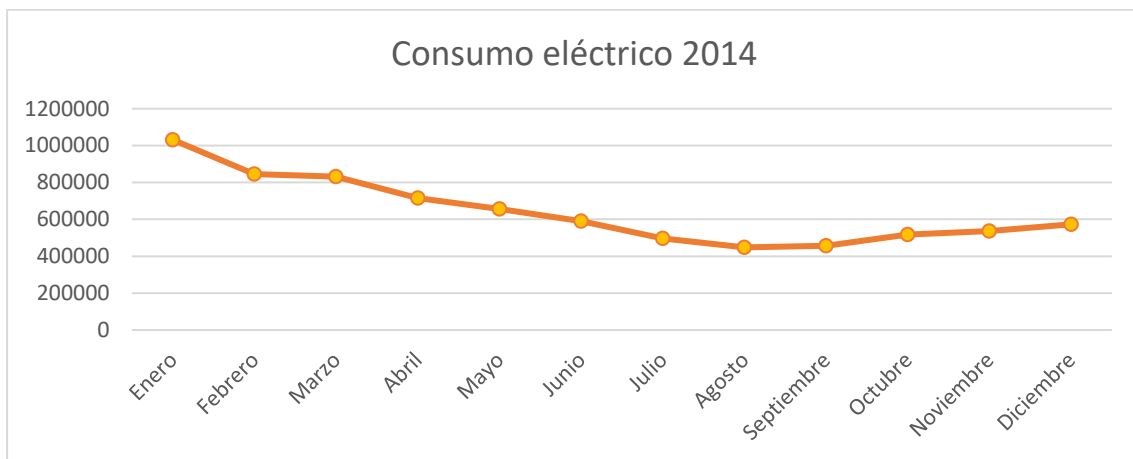


Gráfico 27. Consumo eléctrico 2014.

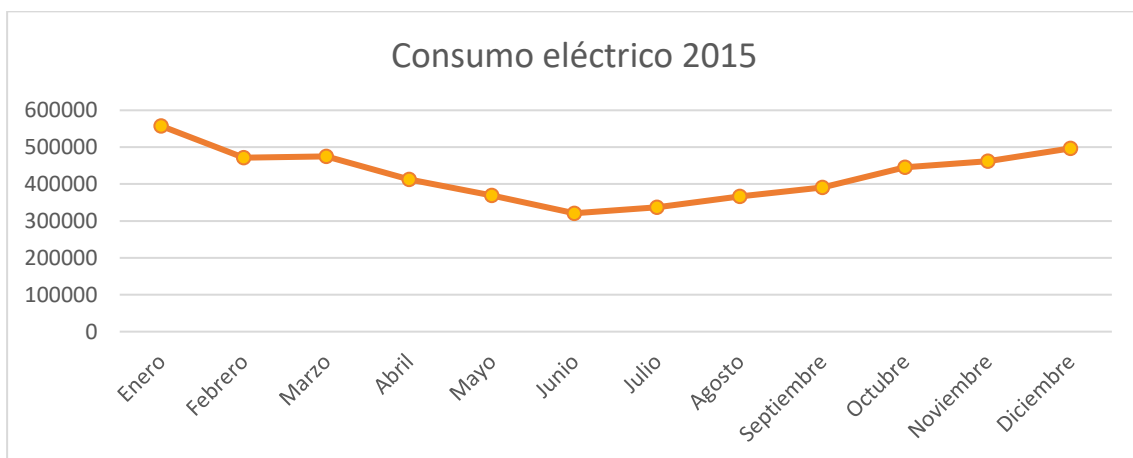


Gráfico 28. Consumo eléctrico 2015.

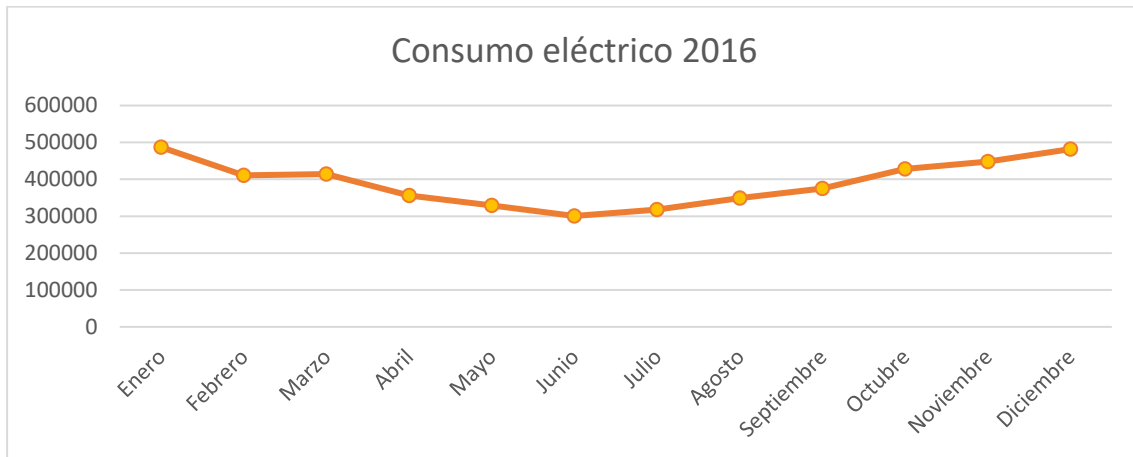


Gráfico 29. Consumo eléctrico 2016.

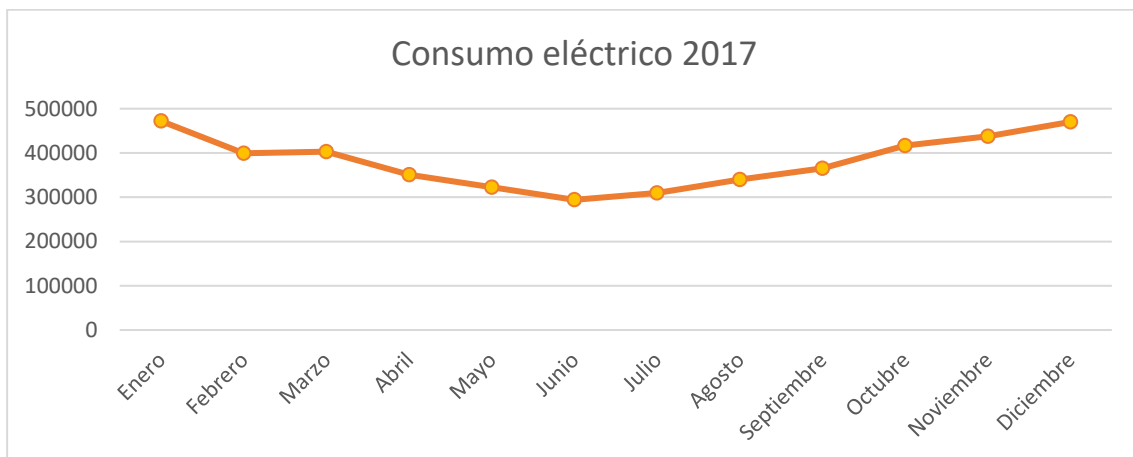


Gráfico 30. Consumo eléctrico 2009.

7.2.2 Análisis anual

Para el cálculo del consumo energético anual se ha realizado la suma de cada uno de los meses para cada año correspondiente.

En el gráfico siguiente se puede observar como ocurría en el gráfico anual de coste energético que los términos de consumo energético disminuyen a partir del año 2013 como consecuencia del cambio de luces a las de tipo LED.

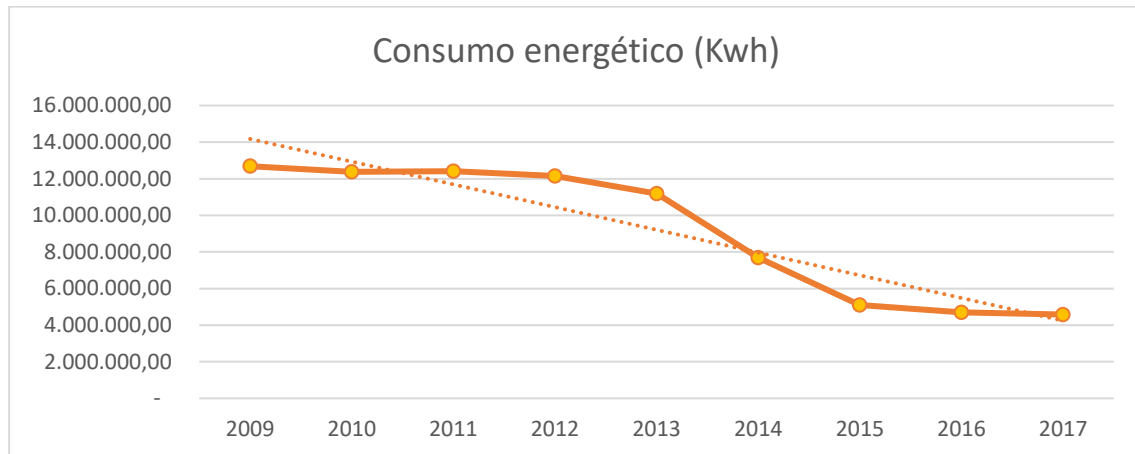


Gráfico 31. Consumo eléctrico anual. Años 2009 a 2017

7.3 ESTUDIO IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La energía eléctrica tiene una estrecha relación con los problemas medioambientales, en particular cuando es generada con la utilización de combustibles fósiles, aunque también lo es al hacerlo por medio de centrales hidroeléctricas y nucleares. Estos problemas pueden ser los siguiente: producción de Co₂, efecto invernadero, impacto a ecosistemas, riesgos de manipulación y manejo de reactores, cambios de costumbres, etc.

Las instalaciones eléctricas consumen gran cantidad de energía y, por tanto, contribuyen a esta contaminación y a los desechos de sus propios elementos como las bombillas tradicionales que poseen componentes nocivos como el mercurio (a excepción de las incandescentes). Estas bombillas son perjudiciales para la salud humana y de otros seres vivos además de ser contaminantes de los ecosistemas al no tener un adecuado proceso de disposición.

También hay otros efectos contaminantes provocados por las instalaciones de iluminación artificial como la suciedad, mal aspecto u olor del agua, suelo o el aire. Esta variedad de contaminación la han tratado los ambientalistas tradicionalmente que poseen amplios conocimientos en relación a este tema, pero últimamente con el gran desarrollo industrial que se esta experimentando mundialmente y el crecimiento de las grandes ciudades aparecen nuevas contaminaciones no detectables físicamente como la contaminación lumínica.

En los siguientes apartados se verá en qué medida el cambio a luces led en la ciudad de Jaén ha disminuido la contaminación que producían las lámparas tradicionales que estaban previamente instaladas. Para ello estudiaremos los siguientes factores: número de luces instaladas, consumo energético anual y proceso de fabricación de las lámparas.

7.3.1 Número de lámparas instaladas

Gracias a la eficiencia de las luces LED, el número de lámparas necesarias para conservar los niveles de iluminación que había con las lámparas tradicionales ha sido inferior.

El número de lámparas tradicionales que había instaladas era de **19.025** unidades de las cuales 7.474 eran de vapor de sodio y 4.654 de vapor de mercurio las cuales son muy contaminantes y corresponden a más del 50% de las luces que había instaladas anteriormente.

La cantidad de lámparas led que hay ahora mismo en funcionamiento es de **17.381**, lo que supone 1644 puntos de luz menos en funcionamiento en comparación con los que había antes en la instalación.

7.3.2 Consumo energético anual

El consumo energético también está relacionado con la contaminación de tal manera que si se consume más electricidad nuestra instalación será más contaminante debido a las fuentes de donde se obtiene la electricidad. Teniendo en cuenta que las luces LED pueden ofrecer la misma potencia consumiendo menos electricidad, una instalación con luces LED también será menos contaminante que una de iluminación tradicional.

El consumo energético en el año 2013 antes de la puesta en marcha del cambio de luces era de **20.784.853 Kw/h** anuales que corresponde a **3.512.474,42 €** de coste eléctrico.

Para el cálculo del consumo energético con datos más actuales partiremos de los de 2017 que son los más actuales que tenemos. Observando la tabla 7.21 y 7.22 que se han visto con anterioridad obtenemos el valor del consumo energético y el coste eléctrico en el año 2017. En el consumo energético tenemos un valor de **4.580.951,49 Kw/h** anuales y para el coste eléctrico un valor de **862.954,64 €**.

Ambos valores han resultado ser inferiores (alrededor de un 65%) con respecto a los del año 2013 que se traduce en menor consumo energético y por lo tanto, menor contaminación del medio ambiente.

7.4.3 Proceso de fabricación de las lámparas

Otro factor que influye en el impacto medioambiental es el proceso de fabricación de las lámparas siendo en las tradicionales muy contaminante al incorporar compuestos como el mercurio o el sodio.

En cambio, la fabricación de productos LED está hecha con materiales que son 100% reciclables lo que permite que al final de sus vidas no terminen en la naturaleza y sean recicladas.

7.4 ESTUDIO LUMINOTÉCNICO

Para el estudio luminotécnico se ha utilizado el programa DIALux que es una herramienta muy potente a nivel internacional para el cálculo de iluminación teniendo en cuenta los estándares nacionales e internacionales. Puede realizar el cálculo para espacios interiores o exteriores como en este caso.

Para su funcionamiento hay que seleccionar el tipo de luminarias con las que se va a realizar el estudio a partir de una base de datos desarrollada por los fabricantes. También se pueden añadir cuantos carriles de circulación necesitamos o calzadas peatonales.

Será necesario también añadir datos relativos a las vías (tipo de vía, medidas...) y de las lámparas (tipo de disposición de las lámparas, altura del punto de luz, inclinación y longitud del brazo, distancia mástil-calzada, saliente del punto de luz...) para poder realizar los cálculos.

Se precisará también de un factor de mantenimiento que dependerá del tipo de luminaria que hayamos elegido.

7.4.1 Criterios de calidad

Los criterios de calidad son unos parámetros que nos permiten saber si una instalación cumple con los estándares de seguridad y visibilidad necesarios y, por tanto, es adecuada para su utilización.

Los criterios de calidad son: luminancia media (L_m), iluminancia media (E_m), coeficientes de uniformidad (U_0 y U_L), deslumbramiento (T_i) y coeficiente de iluminación de los alrededores (SR).

7.4.1.1 Luminancia

Se llama luminancia a la relación existente entre la intensidad luminosa (flujo luminoso) y la superficie aparente que ve el ojo en una dirección determinada. Por lo tanto, se puede decir que es la cantidad de luz que llega en dirección al ojo y es responsable de excitar la retina para provocar la visión.

Es aplicable tanto en el caso de que la luz provenga de un foco luminoso o la luz sea reflejada procedente de un cuerpo. La luminancia se puede medir en diferentes unidades de medición, pero la unidad SI es candela por metro cuadrado (cd/m^2).

(Universidad Politécnica de Cataluña)

7.4.1.2 Iluminancia

La iluminancia describe la relación de la cantidad de luz cayendo (iluminando) y que se expande en una superficie determinada, es decir, se define como el flujo luminoso que incide en una superficie. También se relaciona con el brillo que las personas son capaces de percibir en un área iluminada.

La unidad SI de medida es el Lux que equivale a un lumen por metro cuadrado ($lumen/m^2$).

(Universidad Politécnica de Cataluña)

7.4.1.3 Coeficientes de uniformidad

Los coeficientes de uniformidad se utilizan para evaluar y comprobar la uniformidad de la iluminación en la vía. Para ello se analiza el rendimiento con el coeficiente global de uniformidad (U_0) y la comodidad visual con el coeficiente longitudinal de uniformidad (U_L) medidos a lo largo de la línea central.

Los anteriores coeficientes se definen con las siguientes fórmulas:

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

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

Donde:

- L_{min} = Luminancia mínima de la calzada
- L_{max} = Luminancia máxima de la calzada
- L_m = Luminancia media de la calzada

(Universidad Politécnica de Cataluña)

7.4.1.4 Deslumbramiento

El deslumbramiento puede ser producido por las farolas o por los reflejos en la calzada y es un problema importante por sus repercusiones. Es una sensación de molestia que dificulta la visión y pudiendo en algunos casos extremos provocar ceguera transitoria.

Este suceso puede suponer un peligro tanto para peatones que no puedan ver un coche como para los conductores que no puedan conducir con comodidad y una visión segura. Por lo tanto, es necesario cuantificar de alguna manera este problema y establecer unos criterios que permitan prevenir estas situaciones complicadas.

Diferenciaremos dos tipos de deslumbramientos:

- **Deslumbramiento perturbador:** se origina por la aparición de un velo luminoso que provoca que la visión sea borrosa, carente de nitidez y con muy poco contraste que desaparecen cuando este manto cesa. Este proceso no está asociado con una sensación incómoda como se da con el

deslumbramiento molesto. Se mide en términos de porcentaje normalmente y su fórmula es la siguiente:

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0.5}}$$

donde L_v equivale a la luminancia del velo y L_m es la luminancia media de la calzada.

- **Deslumbramiento molesto:** corresponde a la sensación desagradable que se sufre cuando la luz con demasiada intensidad a los ojos. Esto se evalúa con una escala numérica que ha sido obtenida con estudios estadísticos, que va del deslumbramiento insoportable al inapreciable. Este criterio no se utiliza mucho porque se considera una situación aceptable siempre y cuando el deslumbramiento perturbador esté dentro de los valores adecuados.

(Universidad Politécnica de Cataluña)

7.4.1.5 Coeficiente de iluminación de los alrededores

Este coeficiente mide la iluminación en zonas contiguas a la vía. Con esto se asegura que los elementos que hay en estas zonas (vehículos, objetos y/o personas) sean visibles para las personas que están conduciendo.

El índice SR es obtenido a partir del cálculo de la iluminancia media para una franja de 5 m de ancho a cada lado de la calzada.

(Universidad Politécnica de Cataluña)

7.4.2 Niveles de iluminación recomendados

Los niveles de iluminación recomendados dependerán de las normativas en vigor de cada territorio, aunque la mayoría toman los valores de referencia que establece el Boletín eléctrico o CIE (Certificado de Instalación Eléctrica).

Clases de alumbrado serie ME

En vías de tráfico rodado de alta y moderada velocidad correspondientes a situaciones de proyecto A y B, se definen para calzadas secas las siguientes clases de alumbrado

o niveles de iluminación de la serie ME: ME1, ME2, ME3 (a, b, c), ME4 (a, b), ME5 y ME6, establecidas en orden de mayor a menor exigencia en los niveles luminosos.

Cada clase de alumbrado serie ME comprende los siguientes niveles de iluminación:

- Nivel de luminancia medio de la superficie de la calzada.
- Uniformidad global de luminancia.
- Uniformidad longitudinal de luminancia.
- Deslumbramiento perturbador (incremento umbral de contraste).
- Relación entorno (iluminación de zonas adyacentes a la calzada).

(Comité Español de Iluminación, 2013)

Clase de Alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas			Deslumbramiento Perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia ⁽⁴⁾ Media L_m (cd/m ²) ⁽¹⁾	Uniformidad Global U_o [mínima]	Uniformidad Longitudinal U_{\square} [mínima]	Incremento Umbral TI (%) ⁽²⁾ [máximo]	Relación Entorno SR ⁽³⁾ [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisitos

Tabla 23. Clases de alumbrado serie ME. Fuente: ITC

Clases de alumbrado serie S

Para vías de tráfico de baja y muy baja velocidad correspondientes a las situaciones de proyecto C, D y E, se establecen las siguientes clases de alumbrado de la serie S: S1, S2, S3 y S4, dispuestas de mayor a menor exigencia en los niveles luminosos. Cada clase de alumbrado de serie S comprende los siguientes niveles de iluminación en la superficie de la calzada:

- nivel de iluminancia media.

- nivel de iluminancia mínima.
- uniformidad media Los tramos conflictivos también se dan en las vías de tráfico rodado de baja y muy baja velocidad, carriles bici y vías peatonales, como es el caso de los pasos inferiores, zonas de escaleras, pasarelas peatonales, etc., por lo que también son de aplicación las clases de alumbrado serie CE.

(Comité Español de Iluminación, 2013)

Clase de Alumbrado ⁽¹⁾	Iluminancia horizontal en el área de la calzada	
	Iluminancia Media E_m (lux) ⁽¹⁾	Iluminancia mínima E_{min} (lux) ⁽¹⁾
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1

Tabla 24. Clases de alumbrado serie S. Fuente: ITC

Clases de alumbrado serie CE

Sólo cuando resulte impracticable aplicar los criterios de luminancia, se utilizarán los criterios de iluminancia. Esta situación puede ocurrir cuando la distancia de visión sea inferior a los 60 m (valor mínimo que se utiliza para el cálculo de luminancia), y cuando no se pueda situar adecuadamente al observador debido a la sinuosidad y complejidad del trazado de la carretera.

En estos casos se aplicarán los criterios de calidad de iluminación mediante la iluminancia media y su uniformidad, que corresponden a las clases de alumbrado de la serie CE.

(Comité Español de Iluminación, 2013)

Clase de Alumbrado (1)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media <i>Em (lux)</i> [mínima mantenida ⁽¹⁾]	Uniformidad Media <i>Um</i> [mínima]
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

Tabla 25. Clases de alumbrado serie CE. Fuente: ITC

7.4.3 Aplicación en calles de la ciudad de Jaén

Para el estudio luminotécnico se ha optado por elegir tres calles significativas que tendrán diferentes tipos de luces. Una de ellas será una vía colectora de comportamiento similar a una calle principal (Avenida de Barcelona), una calle peatonal (Calle Navas de Tolosa) y una carretera (Nacional N-323A).

Este análisis fue realizado con varios tipos de luces de las cuales algunas cumplieron con los estándares y otras no. En este momento tiene poco sentido hacerlo ahora que ya están implantadas las luces. Aun así, se va a realizar el análisis de los niveles de iluminación recomendados para comprobar que efectivamente estas luces cumplen con los estándares

En el ANEXO II se detalla cada uno de los cálculos hechos con el programa DIALux y las distintas características de las vías y lámparas utilizadas.

7.4.3.1 Avenida de Barcelona

El modelo de lámpara con el que se ha realizado el análisis es LED Street Light 80W, 4100K y corresponde al modelo de luminarias LED serie T1A.

Las características que se han establecido para esta luminaria han sido:

- tipo de disposición de las lámparas: bilateral desplazado
- altura del punto de luz = 8 m
- inclinación del brazo = 0°
- longitud del brazo = 0 m

- distancia entre mástiles = 25 m
- saliente del punto de luz = -3 m
- Factor de mantenimiento = 0.67

Criterios de calidad

La clase de iluminación para este tipo de luz es CE5 y que los criterios de calidad son la iluminancia media y el coeficiente global de uniformidad. La comprobación de los criterios es la siguiente:

La iluminancia media es de 14 lux y en la tabla observamos que el valor adecuado es de 7 lux o más.

El coeficiente global de uniformidad es de 0.7 y según la tabla el valor que debe tener es mayor o igual a 0.4.

Por lo tanto, este tipo de luminaria es apta para su uso en este tipo de vía ya que ha cumplido los dos criterios de calidad necesarios.

7.4.3.2 Calle Navas de Tolosa

El modelo de lámpara con el que se ha realizado el análisis es LED Street Light 80W, 4100K que corresponde a la luminaria LED seria T1A.

Las características que se han establecido para esta luminaria han sido:

- tipo de disposición de las lámparas: bilateral desplazado
- altura del punto de luz = 9 m
- inclinación del brazo = 0°
- longitud del brazo = 0 m
- distancia entre mástiles = 45 m
- saliente del punto de luz = -0.5 m
- Factor de mantenimiento = 0.67

Criterios de calidad

La clase de iluminación para este tipo de luz es S2 y que los criterios de calidad necesarios para este tipo de luz son la iluminancia media y mínima. A continuación, se comprueban los criterios:

La iluminancia media es de 14.5 lux y en la tabla observamos que el valor adecuado es de 10 lux o más.

La iluminancia mínima obtenida es de 9.8 lux y según la tabla el valor que debe tener es mayor o igual a 3 lux.

Al igual que la anterior este tipo de luminaria es apta para su uso en este tipo de vía ya que ha cumplido los dos criterios de calidad necesarios.

7.4.3.3 Carretera nacional N-323A

El modelo de lámpara con el que se ha realizado el análisis es LED Street Light 160W, 4100K. Este tipo de luces corresponden a las luminarias LED serie T1A y como se ha explicado con anterioridad se utilizan para iluminar carreteras entre otros tipos de vías.

Las características que se han establecido para esta luminaria han sido:

- tipo de disposición de las lámparas: sobre arcén central
- altura del punto de luz = 12 m
- inclinación del brazo = 0°
- longitud del brazo = 0 m
- distancia entre mástiles = 28 m
- saliente del punto de luz = -1.5 m
- Factor de mantenimiento = 0.67

Criterios de calidad

La clase de iluminación para este tipo de luz es A1 y que los criterios de calidad necesarios para este tipo de luz son la iluminancia media y el coeficiente global de uniformidad. A continuación, se comprueban los criterios:

La iluminancia media obtenida es de 17.09 lux y según la tabla el valor que debe tener es mayor o igual a 5 lux.

El valor del coeficiente global de uniformidad es de 0.39 y en la tabla observamos que el valor adecuado es de 0.15 o más.

Al igual que la anterior este tipo de luminaria es apta para su uso en este tipo de vía ya que ha cumplido los dos criterios de calidad necesarios.

7.5 ESTUDIO DE RENTABILIDAD

El estudio de la rentabilidad del proyecto se hace para 16 años, siendo el primer año en el que se empiezan a implantar las nuevas luces LED en el mes de octubre. El método por el que se realizará este estudio es el siguiente:

En primer lugar, se han calculado los diferentes flujos de caja: ingresos, gastos generales para la prestación de servicios, consumos de energía, margen industrial y las inversiones a realizar.

En segundo lugar, se muestra un cuadro de inversión en el que se resumen los flujos de caja anuales anteriormente calculados de los 16 años y sobre el que se han realizado cada uno de los cálculos necesarios.

Por último, con la ayuda de este cuadro, se analiza la inversión mediante los criterios del VAN, TIR y Pay-Back que nos permiten saber la viabilidad del proyecto.

Se realizará este estudio para dos casos distintos, uno en el que los datos usados son los estimados en el año 2013 (antes de la realización del proyecto) y los otros son datos más cercanos a la realidad tras el desarrollo del proyecto.

7.5.1 Determinación de los flujos de caja

Para la determinación de los flujos de caja en los dos casos descritos anteriormente, se partirá de la misma cantidad en el primer periodo y la diferencia entre ambos casos será la tasa de variación o IPC (Índice de Precios al Consumo) con el que se va actualizando anualmente cada importe.

En los siguientes apartados se explican con más profundidad cada uno de los flujos de caja.

7.5.1.1 Ingresos

Los ingresos obtenidos se obtienen de sustraer una cantidad del Presupuesto tipo de Licitación:

- % de ahorro que se cede durante toda la vida del contrato.
- % adicional de ahorro durante los dos primeros años, como mejora adicional.

Para el cálculo de los ingresos mensuales se ha hecho de la siguiente forma:

1. Cada año hay que actualizar la Línea Base:

$$LB_n = (LBe_n) + (LBm_n)$$

Donde:

- LBe_n = Línea base de energía del periodo n
- LBm_n = Línea base de mantenimiento del periodo n

Siendo la Línea Base del periodo inicial (LB_0) el precio de licitación del contrato.

Para actualizar las líneas bases y obtener la correspondiente a cada periodo tendremos que actualizar la línea base del periodo anterior mediante la variación de precios que se produce:

$$LBe_n = (LBe_{n-1} * Te_n)$$

$$LBm_n = (LBm_{n-1} * KC_n)$$

Donde:

- LBe_{n-1} = Línea base de energía del período n-1
- LBm_{n-1} = Línea base de mantenimiento del período n-1
- Te_n = Tasa de variación del precio de la energía en el periodo n
- KC_n = Tasa de variación del precio de mantenimiento en el periodo n

Para el cálculo de los ingresos durante los 16 años del contrato se han utilizado las siguientes tasas de variación:

- En el caso del estudio previo que se hizo se estimó una variación del precio de la energía del **4%** y una variación de mantenimiento del **3%**.
- Para el caso de los valores reales, las tasas de variación realmente tienden a ser de un **2%** anual para el precio de mantenimiento y la misma cantidad para el precio de la energía.

La tasa de variación del precio de mantenimiento será utilizada para todos los importes excepto para los cálculos del coste de la energía y el ahorro energético en edificios en los que se utiliza la tasa de variación del precio de la energía.

2. Cada año del contrato hay que calcular la cuota a pagar por el ayuntamiento que se hace sobre la línea de base actualizada de esta forma:

$$C_n = LB_n * (1 - A)$$

Donde:

- C_n : Cuota anual de servicios energéticos al año n
- LB_n : Línea base del periodo n
- A : Portentaje de ahorro del año

3. Se calcula el importe mensual a facturar por el ayuntamiento

$$C_{n,m} = C_n/12$$

Donde:

- $C_{n,m}$: Cuota mensual de servicios energéticos del año m
- C_n : Cuota anual de servicios energéticos del año n

Para el primer periodo la cantidad de ingresos es de **3.829.690,56 €**, cantidad que ha sido obtenida del ayuntamiento de Jaén. Para esta cantidad no hemos podido obtener un cálculo detallado debido a información que el ayuntamiento de Jaén no ha podido revelar.

En el resto de periodos esta cantidad se irá actualizando con la tasa de actualización del precio de mantenimiento correspondiente para cada caso:

$$Ing\ n = 3.829.690,56\ € * (1 + Kc)^{n-1}$$

7.5.1.2 Gastos generales de la prestación de servicios

Todos los gastos presentes se actualizan anualmente mediante un IPC (Índice de Precios al Consumo) del 3% anual en el caso del estudio previo al proyecto y del 2% en el caso del estudio con datos reales como se ha comentado con anterioridad.

7.5.1.2.1 Mantenimiento

Estos costes comprenden el mantenimiento del alumbrado público, semáforos y de las fuentes ornamentales y destinadas para beber.

Para el primer año el valor del mantenimiento del alumbrado público ha sido de 1.505.237,52 € y para el mantenimiento de semáforos y fuentes de 361.722,6 €.

Los costes anuales para los siguientes años de contrato de contrato han sido actualizados para la proyección económica con el mismo % Kc (tasa de variación del precio de mantenimiento del periodo n) mencionado anteriormente:

$$C_{mant\ Alumb\ n} = 1.505.237,52 \text{ €} * (1 + Kc)^{n-1}$$

$$C_{mant\ SyF\ n} = 361.722,6 \text{ €} * (1 + Kc)^{n-1}$$

7.5.1.2.2 Gastos generales

Para el desarrollo del contrato hay que tener en cuenta los siguientes gastos generales que surgen por parte de la UTE:

- **Gestión del proyecto** (Gerente): Compuesto por el sueldo bruto anual y seguros sociales a cargo de la empresa.
- **Oficina de proyectos** (Ingeniero superior): compuesto por el sueldo bruto anual y seguros sociales a cargo de la empresa.
- **Servicios de Administración** imputables de la UTE.
- **Costes financieros:** compuestos por los costes del aval para cubrir la garantía definitiva solicitada en las condiciones.

En la siguiente tabla se resume cada uno de los gastos:

Concepto	Dedicación	Sueldo Bruto anual	Seguros Sociales	Total Anual
Gestión del Proyecto	100 %	50.000 €	10.030 €	60.030 €
Oficina de Proyectos	50 %	22.500 €	6.885 €	29.385 €
Servicios de Administración	-	-	-	6.392 €
Costes Financieros	-	-	-	30.398 €

Tabla 26. Gastos generales

El importe total anual para el primer periodo de los gastos de los servicios generales corresponde a la suma de los anteriores:

$$G_{SG\ 1} = 60.030 \text{ €} + 29.385 \text{ €} + 6.392 \text{ €} + 30.398 \text{ €} = 126.205 \text{ €}$$

Para el resto de años esta cantidad será actualizada según la tasa de actualización y periodo correspondientes para cada caso de estudio:

$$G_{SG\ n} = 126.205\text{€} * (1 + Kc)^{n-1}$$

7.5.1.2.3 Gestión energética

Los servicios propuestos para estos gastos incluyen lo siguiente:

1. FACTURACIÓN Y ANÁLISIS DE CONSUMOS

- a) Análisis de la facturación de la comercializadora de energía eléctrica.
- b) Diseño y programación de los sistemas de telegestión y adaptación a cada uno de los cuadros de mando a gestionar.
- c) Identificación de los equipos que consumen energía eléctrica conectados a cada cuadro de mando.
- d) Análisis de las variables obtenidas por telegestión, comprobación del correcto funcionamiento y propuesta de ajustes necesarios.
- e) Detección de fallos, propuestas de ajuste a la entidad mantenedora y control tras su implantación.
- f) Elaboración de reportes periódicos sobre alcance y plazos para las reparaciones.
- g) Programación y gestión de alarmas (detección de anomalías).
- h) Detección de conexiones al alumbrado público no autorizadas.
- i) Cálculo y justificación de los ahorros producidos.

2. GESTIÓN TARIFARIA

- a) Desarrollo del plan específico para la negociación de precios con las comercializadoras de energía de forma continuada durante el contrato.
- b) Negociación con las comercializadoras.
- c) La gestión de contratos con la/s comercializadora/s de energía.
- d) Informe mensual con las incidencias detectadas en detalle y el estado (niveles de utilización de las instalaciones, consumos...)

- e) Servicios jurídicos para solucionar posibles problemas que pueden ocurrir con la comercializadora eléctrica.

Para realizar estos trabajos se necesitarán los siguientes recursos:

-Dedicación exclusiva:

- Un ingeniero Técnico Industrial.
- Un administrativo.

-Participación parcial:

- Dos ingenieros superiores especialistas en el mercado eléctrico.
- Un despacho de abogados

Estos trabajos han sido subcontratados a una empresa especializada y los costes han sido de **123.120 € al año**. El resto de años son actualizados con la tasa de actualización correspondiente para cada caso de estudio:

$$G_{Gestión\ n} = 123.120€ * (1 + Kc)^{n-1}$$

7.5.1.3 Consumo de energía

7.5.1.3.1 Volatilidad de los costes

El consumo de energía que se establece es teórico al depender de las nuevas potencias instaladas en la nueva instalación. En caso de que el consumo resulte ser mayor al estimado por razones atribuibles a las empresas responsables del proyecto, el ayuntamiento pagaría la misma cuota establecida en un principio. El exceso es cargado al proyecto de inversión disminuyendo su rentabilidad.

7.5.1.3.2 Cálculo del coste de la energía

La energía pagada mensualmente se calcula de la siguiente manera:

- 1. Cálculo del consumo futuro de Kw/h según la inversión en eficiencia energética que se ha realizado**
- 2. Consumo de kwh en el periodo de instalación**

Las características del proyecto propuesto, exigen la realización de inversiones que tienen un periodo de instalación.

Durante el periodo de instalación existirá un consumo del actual sistema de iluminación y otro con el del alumbrado led. En los meses de instalación habrá un mayor consumo debido a que la instalación no está completada.

3. Estimación de la tarifa eléctrica a aplicar

La tarifa media de energía pagada en la actualidad debe de ser el resultado de dividir la línea base de energía entre el número de Kwh consumidos a lo largo del año.

De la auditoría realizada por la empresa se han obtenido los datos de consumo en kw/h y el importe de la línea base del alumbrado público, semáforos y fuentes. Con estos datos y teniendo en cuenta el perfil de consumo del ayuntamiento se realiza una estimación de tarifas medias con la que obtener el coste de la energía:

Estas tarifas entran en vigor en el mes de comienzo del proyecto. En futuras negociaciones con las comercializadoras de energía como parte de la gestión energética que la UTE realiza durante la vida del contrato, se pueden establecer mejoras sobre la oferta inicial de tarifas.

Por lo tanto, las cantidades para el coste de la energía se han obtenido a partir de las tarifas eléctricas estimadas y el consumo durante el periodo de instalación.

El ayuntamiento de Jaén ha facilitado los importes relativos al coste de la energía, pero no ha podido ofrecer datos suficientes para el cálculo de esta cantidad. Las cantidades obtenidas son las siguientes para el periodo 1 en ambos casos de estudio: Para la parte que corresponde al alumbrado público el importe es de 619.803,83 € y para la parte de los semáforos y fuentes es de 2.479,59 € y 66.120,01 € respectivamente.

La suma total de estas cantidades corresponde al coste total de la energía y es el siguiente:

$$G_{energía\ 1} = 619.803,83\ € + 2.479,59\ € + 66.120,01\ € + 317.422\ € = 1.005.825,43\ €$$

En el primer periodo se incluye también los costes de excesos de consumo que son los correspondientes al primer año al existir en las instalaciones aún luces tradicionales. Este coste se tendrá solo en cuenta para el primer periodo y tiene un valor de 317.422€.

El cálculo para el resto de años se realiza actualizando cada una de las cantidades según el IPC correspondiente para cada caso. De forma general la fórmula a aplicar es la siguiente para el coste total:

$$G_{energía} = 1.005.825,43 \text{ €} * (1 + Te_n)^{n-1}$$

7.5.1.4 Margen Industrial

Sobre los costes señalados anteriormente se fija un beneficio industrial del 6%. Este margen se ha calculado sobre los costes de ejecución del servicio, excluyendo los costes financieros y el coste de energía:

- Mantenimiento de Alumbrado público
- Mantenimiento de Semáforos y Fuentes
- Gestión Energética
- Servicios Generales

Para el periodo 1 el valor del margen industrial es el siguiente:

$$MI_1 = 6\% * 2.116.285,6\text{€} = 126.977,17 \text{ €}$$

$$\begin{aligned} \sum_{\text{Costes ejecución}} &= (C_{mant} + C_{SG} + C_{GE}) \\ &= (1.505.237,52\text{€} + 361.722,6\text{€} + 123.120\text{€} + 126.206\text{€}) \\ &= 2.116.285,6 \text{ €} \end{aligned}$$

Para los siguientes periodos esta cantidad se actualizará según la tasa de actualización correspondiente:

$$MI_n = 126.977,17 * (1 + Kc)^{n-1}$$

7.5.1.5 Inversiones

Para que el proyecto se pueda llevar a cabo y se cumplan con los ahorros con los que se han comprometido ha sido necesario realizar diversas inversiones. Estas inversiones las veremos a continuación con más detalle.

7.5.1.5.1 Inversión inicial en eficiencia energética

En esta inversión se han incluido los costes de las nuevas lámparas LED, la revisión de auditoría, el coste de instalación de las luminarias LED y la jefatura de Proyecto. En total se ha calculado un importe total de 4.572.763,31 € aproximadamente en el que se incluye la instalación de 17.452 lámparas LED.

CONCEPTO		UNIDADES	IMPORTE
Lámparas LED	Lámparas	17.381	4.084.107,31 €
Revisión auditoría			52.356 €
Coste instalación de las luminarias LED	Número de instalaciones	17.381	392.670 €
Jefatura del proyecto	Horas de jefe de proyecto	2.182	43.630 €

Tabla 27. Inversión inicial en eficiencia energética

El valor de la inversión inicial en eficiencia energética corresponde a la suma del importe de las cantidades de la tabla:

$$I_{inicial} = 4.084.107,31\text{€} + 52.356\text{€} + 392.670\text{€} + 43.630\text{€} = \mathbf{4.572.763,31\text{€}}$$

7.5.1.5.2 Garantía total de las luminarias

En esta parte se incluye el importe de las lámparas LED que han sido sustituidas y las que se estiman que habrá que sustituir como consecuencia de los fallos que deberán ser cubiertos por la garantía durante toda la duración del proyecto que corresponde a 16 años.

Detalles del coste:

- Número de años: desde el segundo año y hasta que acabe el contrato.
- Se estima un 2% de fallos durante la vida útil de las luminarias.

El flujo de caja resultante para el segundo periodo será del 2% sobre la inversión inicial de las lámparas y actualizado al periodo 2 con la tasa de actualización adecuada. Para el caso del estudio previo será:

$$I_{garantía\ 2} = 2\% * 4.084.107,31\text{€} * (1 + 3\%)^1 = 84.132,61\text{€}$$

Para el caso del estudio real la cantidad es la siguiente:

$$I_{garantía\ 2} = 2\% * 4.084.107,31\text{€} * (1 + 2\%)^1 = 78.125,69\text{€}$$

Para los años posteriores y para ambos casos se actualizarán estas cantidades según la expresión:

$$I_{garantía\ n} = 2\% * 4.084.107,31\text{€} * (1 + Kc\%)^{n-1}$$

7.5.1.5.3 Reinversión en eficiencia energética

Las lámparas LED que han sido instaladas tienen una vida útil estimada de **50.000 horas de uso** y a partir de este momento se consideran amortizadas y deben ser sustituidas por otras nuevas. Teniendo en cuenta el uso diario que corresponde a 10 horas, **la vida útil será de 12 años** aproximadamente. En el estudio de la inversión se ha tenido en cuenta esta reinversión en eficiencia energética en el año 12 con las siguientes características:

- En el año 12 se ha estimado una **reinversión del 80%** de las luminarias Led que han sido instaladas en un inicio. Se considera que no será necesario reemplazar todas las lámparas en su totalidad y, por tanto, esta tasa de reinversión será suficiente.
- Se estima una instalación de **36.579 lámparas led** de las cuales 17.381 han sido las sustituidas en los 8 primeros meses, 5.236 han sido las sustituidas por garantía y 13.962 han sido sustituidas al finalizar su vida útil.
- El precio de esta reinversión es el precio de hoy actualizado con el IPC estimado para proyecto. Se considera que el precio de las luminarias no cambia de manera significativa y por eso este pequeño incremento no se ha tenido en cuenta.
- Las lámparas sustituidas en el año 12 serán de mayor rendimiento que las instaladas en un principio, pero también se ha despreciado esta pequeña variación.

Para el cálculo de la reinversión en eficiencia energética se ha multiplicado la inversión inicial por el 80% que hemos estimado:

$$I_{EE} = 80\% * 4.572.763,31\text{€} = 3.658.210,65\text{€}$$

7.5.1.5.4 Facility Management. Sistema informático de gestión de activos

Para llevar a cabo el servicio de telegestión es necesario disponer de un software capaz de llevar el control de las instalaciones. Por tanto, esta inversión tiene en cuenta estos importes entre los que incluye:

- **Inversión inicial:** 22.400 € en los que se incluye la carga de datos (base de datos con inventarios, usuarios, proveedores...), toma de requerimientos, parametrización del work Flow de trabajo a los procedimientos específicos definidos y costes de formación de personal.
- **Coste mensual:** El mantenimiento de este sistema tiene un coste mensual de 1.225 €, lo que supone un coste de 14.700 € anuales que deberán ser actualizados con el IPC que ha sido estimado para el análisis.

El importe para el primer año corresponde a:

$$I_{FM1} = 22.400€ + 14.700€ = 37.1000€$$

Para el resto de años y para ambos casos estas cantidades se actualizarán según la tasa de actualización correspondiente:

$$I_{FMn} = 14.700€ * (1 + Kc\%)^{n-1}$$

7.5.1.5.5 Oficina de Atención al Ciudadano

La oficina de atención al ciudadano es un servicio para la orientación e información de los consumidores, así como de resolución de conflictos en los elementos de consumo. Incluye la siguiente inversión:

- **Inversión inicial:** 1500 € destinados a la adecuación y preparación de las herramientas: equipo informático, número de teléfono y direcciones de correo electrónico.
- **Coste anual:** 5.200 € correspondiente a la dedicación de un administrativo el 25% de su tiempo.

En el primer año de proyecto para ambos casos se ha obtenido el valor:

$$I_{oficina\ 1} = 1.500\text{€} + 5.200\text{€} = 6.700\text{€}$$

Para el resto de años y para ambos casos se actualiza el coste anual con la tasa de actualización correspondiente para cada caso:

$$I_{oficina\ n} = 5.200\text{€} * (1 + Kc)^{n-1}$$

7.5.1.5.6 Iluminación led en edificios

La iluminación led en edificios corresponde a una inversión adicional en eficiencia energética para la renovación de la iluminación interior de parte de los edificios del ayuntamiento.

La inversión en estos edificios se realiza durante toda la vida del proyecto, con excepción de los dos primeros años. La inversión anual en el periodo 1 sería de 48.000 € que serían actualizados al periodo 3 y en adelante que son los que interesan.

La expresión de forma general sería:

$$I_{edificios\ n} = 48.000\text{€} * (1 + Kc)^{n-1}$$

Para los dos casos que se están estudiando se empleará la tasa de actualización Kc correspondiente para cada uno de ellos.

7.5.1.5.7 Plan de comunicación

Este documento informa de cuándo y cómo se pondrán en marcha cada una de las acciones para poder alcanzar el objetivo fijado. Para la realización de este plan se cuenta con un presupuesto de 50.000 € durante los dos primeros años.

7.5.1.5.8 Sistemas de Telemetría y Telegestión

Las inversiones para los sistemas destinados a el control de las instalaciones son las siguientes:

- Inversión inicial: Un importe total de 282.720 € para la adquisición del hardware necesario y para la instalación y puesta en marcha de los medidores.

- Costes mensuales: Importe anual de 21.432 € destinados a la aplicación de gestión de telemetría y el sistema de comunicación M2M (tarjetas de datos).

La cantidad para el primer año para ambos casos corresponde a la suma de la inversión inicial y el importe anual sin actualizar:

$$I_{t1} = 282.720 \text{ €} + 21.432 \text{ €} = 304.152$$

A partir del primer año el importe corresponderá al coste anual actualizado a cada año con la tasa de actualización correspondiente para cada caso:

$$I_{telegestión n} = 21.432 \text{ €} * (1 + K_{cn})^{n-1}$$

7.5.1.5.9 Patrocinio del alumbrado especial de ferias y navideño

Una cantidad es destinada al patrocinio del alumbrado de este tipo. Se carga al inicio de cada periodo un importe de 80.000 € anuales.

7.5.1.5.10 Inversiones en cuadros de mando

Es necesario renovar los cuadros de mando en los que se ha detectado una necesidad de mejora. El coste se ha calculado de la siguiente manera:

- Han sido necesario renovar 60 cuadros, siendo renovados 12 cada año.
- La renovación de un cuadro tiene un precio de 5.900 €.

$$I_{cm1} = 12 \frac{\text{cuadros}}{\text{año}} * 5.900 \frac{\text{€}}{\text{cuadro}} = 70.800 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

En total la inversión supone un coste de 70.800 € el primer año. Cada año se ha actualizado el precio según el IPC para este análisis:

$$I_{cm n} = 70.800 \text{ €} * (1 + Kc)^{n-1}$$

En las tablas 28 y 29 se resume el cuadro de inversión para los dos casos de estudio en los que se incluyen los ingresos, costes e inversiones explicados con anterioridad.

BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN

7.5.2 Cuadro de la inversión teórica

	01/10/2013	01/10/2014	01/10/2015	01/10/2016	01/10/2017	01/10/2018	01/10/2019	01/10/2020	01/10/2021	01/10/2022	01/10/2023	01/10/2024	01/10/2025	01/10/2026	01/10/2027	01/10/2028
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
INGRESOS	3.829.690,56 €	3.944.581,28 €	4.062.918,72 €	4.184.806,28 €	4.310.350,46 €	4.439.660,98 €	4.572.850,81 €	4.710.036,33 €	4.851.337,42 €	4.996.877,55 €	5.146.783,87 €	5.301.187,39 €	5.460.223,01 €	5.624.029,70 €	5.792.750,59 €	5.966.533,11 €
GASTOS DEL SERVICIO	3.249.087,66 €	3.026.499,66 €	3.124.454,05 €	3.225.633,44 €	3.330.146,05 €	3.438.103,77 €	3.549.622,37 €	3.664.821,54 €	3.783.825,10 €	3.906.761,13 €	4.033.762,09 €	4.164.965,01 €	4.300.511,61 €	4.440.548,52 €	4.585.227,40 €	4.734.705,14 €
Coste de la energía	1.005.825,43 €	715.939,57 €	744.577,15 €	774.360,24 €	805.334,65 €	837.548,03 €	871.049,95 €	905.891,95 €	942.127,63 €	979.812,73 €	1.019.005,24 €	1.059.765,45 €	1.102.156,07 €	1.146.242,31 €	1.192.092,01 €	1.239.775,69 €
Alumbrado	619.803,93 €	644.595,98 €	670.379,82 €	697.195,02 €	725.082,82 €	754.086,13 €	784.249,57 €	815.619,56 €	848.244,34 €	882.174,11 €	917.461,08 €	954.159,52 €	992.325,30 €	1.032.018,94 €	1.073.299,69 €	1.116.231,68 €
Semáforos	2.479,59 €	2.578,77 €	2.681,92 €	2.789,20 €	2.900,77 €	3.016,80 €	3.137,47 €	3.262,97 €	3.393,49 €	3.529,23 €	3.670,40 €	3.817,21 €	3.969,90 €	4.128,70 €	4.293,85 €	4.465,60 €
Fuentes	66.120,01 €	68.764,81 €	71.515,40 €	74.376,02 €	77.351,06 €	80.445,10 €	83.662,91 €	87.009,42 €	90.489,80 €	94.109,39 €	97.873,77 €	101.788,72 €	105.860,27 €	110.094,68 €	114.498,46 €	119.078,40 €
Excesos de consumo por implantación y cambio de	317.422,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Mantenimiento Alumbrado	1.505.237,52 €	1.550.394,65 €	1.596.906,48 €	1.644.813,68 €	1.694.158,09 €	1.744.982,83 €	1.797.332,32 €	1.851.252,29 €	1.906.789,86 €	1.963.993,55 €	2.022.913,36 €	2.083.600,76 €	2.146.108,78 €	2.210.492,04 €	2.276.806,81 €	2.345.111,01 €
Mantenimiento Semáforos y Fuentes	361.722,60 €	372.574,28 €	383.751,51 €	395.264,05 €	407.121,97 €	419.335,63 €	431.915,70 €	444.873,17 €	458.219,37 €	471.965,95 €	486.124,93 €	500.708,67 €	515.729,93 €	531.201,83 €	547.137,89 €	563.552,02 €
Gestión energética	123.120,00 €	126.813,60 €	130.618,01 €	134.536,55 €	138.572,64 €	142.729,82 €	147.011,72 €	151.422,07 €	155.964,73 €	160.643,67 €	165.462,98 €	170.426,87 €	175.539,68 €	180.805,87 €	186.230,05 €	191.816,95 €
Servicios Generales	126.205,00 €	129.991,15 €	133.890,88 €	137.907,61 €	142.044,84 €	146.306,18 €	150.695,37 €	155.216,23 €	159.872,72 €	164.668,90 €	169.608,97 €	174.697,24 €	179.938,15 €	185.336,30 €	190.896,39 €	196.623,28 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	126.977,11 €	130.786,42 €	134.710,01 €	138.751,31 €	142.913,85 €	147.201,27 €	151.617,31 €	156.165,83 €	160.850,80 €	165.676,32 €	170.646,61 €	175.766,01 €	181.038,99 €	186.470,16 €	192.064,27 €	197.826,20 €
INVERSIONES	5.121.515,31 €	329.628,57 €	337.534,23 €	345.779,42 €	354.292,74 €	281.006,45 €	287.620,64 €	294.456,61 €	301.521,95 €	308.824,53 €	316.372,45 €	3.982.384,79 €	332.238,30 €	340.573,95 €	349.190,40 €	358.097,32 €
Inversión inicial en Eficiencia	4.572.763,31 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Garantía TOTAL Luminarias	- €	84.132,61 €	86.656,59 €	89.256,29 €	91.933,98 €	94.691,99 €	97.532,75 €	100.458,74 €	103.472,50 €	106.576,67 €	109.773,97 €	113.067,19 €	116.459,21 €	119.952,99 €	123.551,58 €	127.258,12 €
Reinversión en eficiencia Energética	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	3.658.210,65 €	- €	- €	- €	- €
Facility Management (SIGA)	37.100,00 €	15.141,00 €	15.595,23 €	16.063,09 €	16.544,98 €	17.041,33 €	17.552,57 €	18.079,15 €	18.621,52 €	19.180,17 €	19.755,57 €	20.348,24 €	20.958,69 €	21.587,45 €	22.235,07 €	22.902,12 €
Oficina Atención al Ciudadano	6.700,00 €	5.356,00 €	5.516,68 €	5.682,18 €	5.852,65 €	6.029,07 €	6.209,07 €	6.395,34 €	6.587,20 €	6.784,82 €	6.988,37 €	7.198,02 €	7.413,96 €	7.636,38 €	7.865,47 €	8.101,43 €
Ahorro Energético en Edificios	- €	- €	51.916,60 €	53.993,47 €	56.153,21 €	58.399,34 €	60.735,31 €	63.164,73 €	65.691,31 €	68.318,97 €	71.051,73 €	73.893,79 €	76.849,55 €	79.923,53 €	83.120,47 €	86.445,29 €
Plan de Comunicación	50.000,00 €	50.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Telegestión	304.152,00 €	22.074,96 €	22.737,21 €	23.419,33 €	24.121,90 €	24.845,56 €	25.590,93 €	26.358,66 €	27.149,42 €	27.963,90 €	28.802,82 €	29.666,90 €	30.556,91 €	31.473,61 €	32.417,82 €	33.390,36 €
Patrocinio del alumbrado especial de ferias y navideño	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €
Cuadros de mando de alumbrado	70.800,00 €	72.924,00 €	75.111,72 €	77.365,07 €	79.686,02 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
FLUJO DE CAJA	4.540.912,41 €	588.453,04 €	600.930,44 €	613.393,41 €	625.911,68 €	720.550,76 €	735.607,81 €	750.758,19 €	765.990,37 €	781.291,89 €	796.649,33 €	2.846.162,41 €	827.473,09 €	842.907,23 €	858.332,79 €	873.730,65 €
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	4.540.912,41 €	3.952.458,36 €	3.351.528,92 €	2.738.135,51 €	2.112.223,83 €	1.391.673,07 €	656.065,27 €	94.692,92 €	860.683,29 €	1.641.975,17 €	2.438.624,50 €	407.537,91 €	419.935,18 €	1.262.842,41 €	2.121.175,19 €	2.994.905,84 €
Var. Precio energía	4,00%															
Variación mantenimiento	3,00%															
TIR	8,07%															
VAN	5.364.789,64 €															
Pay-back	7,87 años															

Tabla 28. Flujos de caja del estudio de la inversión teórica.

BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN

7.5.3 Cuadro de la inversión real

	01/10/2013	01/10/2014	01/10/2015	01/10/2016	01/10/2017	01/10/2018	01/10/2019	01/10/2020	01/10/2021	01/10/2022	01/10/2023	01/10/2024	01/10/2025	01/10/2026	01/10/2027	01/10/2028
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
INGRESOS	3.829.690,56 €	3.906.284,37 €	3.984.410,06 €	4.064.098,26 €	4.145.380,22 €	4.228.287,83 €	4.312.853,59 €	4.399.110,66 €	4.487.092,87 €	4.576.834,73 €	4.668.371,42 €	4.761.738,85 €	4.856.973,63 €	4.954.113,10 €	5.053.195,36 €	5.154.259,27 €
GASTOS DEL SERVICIO	3.249.087,66 €	2.990.298,97 €	3.050.104,95 €	3.111.107,05 €	3.173.329,19 €	3.236.795,77 €	3.301.531,69 €	3.367.562,32 €	3.434.913,57 €	3.503.611,84 €	3.573.684,08 €	3.645.157,76 €	3.718.060,91 €	3.792.422,13 €	3.868.270,58 €	3.945.635,99 €
Coste de la energía	1.005.825,43 €	702.171,50 €	716.214,93 €	730.539,23 €	745.150,01 €	760.053,01 €	775.254,07 €	790.759,15 €	806.574,34 €	822.705,82 €	839.159,94 €	855.943,14 €	873.062,00 €	890.523,24 €	908.333,71 €	926.500,38 €
Alumbrado	619.803,83 €	632.199,91 €	644.843,90 €	657.740,78 €	670.895,60 €	684.313,51 €	697.999,78 €	711.959,78 €	726.198,97 €	740.722,95 €	755.537,41 €	770.648,16 €	786.061,12 €	801.782,34 €	817.817,99 €	834.174,35 €
Semáforos	2.479,59 €	2.529,18 €	2.579,77 €	2.631,36 €	2.683,99 €	2.737,67 €	2.792,42 €	2.848,27 €	2.905,23 €	2.963,34 €	3.022,61 €	3.083,06 €	3.144,72 €	3.207,61 €	3.271,77 €	3.337,20 €
Fuentes	66.120,01 €	67.442,41 €	68.791,26 €	70.167,08 €	71.570,43 €	73.001,83 €	74.461,87 €	75.951,11 €	77.470,13 €	79.019,53 €	80.599,92 €	82.211,92 €	83.856,16 €	85.533,28 €	87.243,95 €	88.988,83 €
Excesos de consumo	317.422,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Mantenimiento Alumbrado	1.505.237,52 €	1.535.342,27 €	1.566.049,12 €	1.597.370,10 €	1.629.317,50 €	1.661.903,85 €	1.695.141,93 €	1.729.044,77 €	1.763.625,66 €	1.798.898,17 €	1.834.876,14 €	1.871.573,66 €	1.909.005,13 €	1.947.185,24 €	1.986.128,94 €	2.025.851,52 €
Mantenimiento Semáforos y Fuentes	361.722,60 €	368.957,05 €	376.336,19 €	383.862,92 €	391.540,18 €	399.370,98 €	407.358,40 €	415.505,57 €	423.815,68 €	432.291,99 €	440.937,83 €	449.756,59 €	458.751,72 €	467.926,75 €	477.285,29 €	486.830,99 €
Gestión energética	123.120,00 €	125.582,40 €	128.094,05 €	130.655,93 €	133.269,05 €	135.934,43 €	138.653,12 €	141.426,18 €	144.254,70 €	147.139,80 €	150.082,59 €	153.084,24 €	156.145,93 €	159.268,85 €	162.454,23 €	165.703,31 €
Gastos Generales	126.205,00 €	128.729,10 €	131.303,68 €	133.929,76 €	136.608,35 €	139.340,52 €	142.127,33 €	144.969,87 €	147.869,27 €	150.826,66 €	153.843,19 €	156.920,05 €	160.058,46 €	163.259,62 €	166.524,82 €	169.855,31 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	126.977,11 €	129.516,65 €	132.106,98 €	134.749,12 €	137.444,10 €	140.192,99 €	142.996,85 €	145.856,78 €	148.773,92 €	151.749,40 €	154.784,39 €	157.880,07 €	161.037,67 €	164.258,43 €	167.543,60 €	170.894,47 €
INVERSIONES	5.121.515,31 €	322.500,33 €	326.289,53 €	331.215,32 €	336.239,63 €	263.195,50 €	266.859,41 €	270.596,60 €	274.408,53 €	278.296,70 €	282.262,64 €	3.487.242,21 €	290.434,05 €	294.642,73 €	298.935,58 €	303.314,30 €
Inversión inicial en Eficiencia	4.572.763,31 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Garantía TOTAL luminarias	0,00 €	78.125,69 €	79.688,20 €	81.281,97 €	82.907,60 €	84.565,76 €	86.257,07 €	87.982,21 €	89.741,86 €	91.536,69 €	93.367,43 €	95.234,78 €	97.139,47 €	99.082,26 €	101.063,91 €	103.085,19 €
Reinversión en eficiencia Energética	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	3.200.934,32 €	- €	- €	- €	- €
Facility Management (SIGA)	37.100,00 €	14.994,00 €	15.293,88 €	15.599,76 €	15.911,75 €	16.229,99 €	16.554,59 €	16.885,68 €	17.223,39 €	17.567,86 €	17.919,22 €	18.277,60 €	18.643,15 €	19.016,02 €	19.396,34 €	19.784,26 €
Oficina Atención al Ciudadano	6.700,00 €	5.304,00 €	5.410,08 €	5.518,28 €	5.628,65 €	5.741,22 €	5.856,04 €	5.973,17 €	6.092,63 €	6.214,48 €	6.338,77 €	6.465,55 €	6.594,86 €	6.726,75 €	6.861,29 €	6.998,52 €
Ahorro Energético en Edificios	0,00 €	49.939,20 €	50.937,98 €	51.956,74 €	52.995,88 €	54.055,80 €	55.136,91 €	56.239,65 €	57.364,44 €	58.511,73 €	59.681,97 €	60.875,61 €	62.093,12 €	63.334,98 €	64.601,68 €	
Plan de Comunicación	50.000,00 €	50.000,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Telegestión	304.152,00 €	21.860,64 €	22.297,85 €	22.743,81 €	23.198,69 €	23.662,66 €	24.135,91 €	24.618,63 €	25.111,00 €	25.613,22 €	26.125,49 €	26.648,00 €	27.180,96 €	27.724,58 €	28.279,07 €	28.844,65 €
Patrocinio del alumbrado especial	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €	80.000,00 €
Cuadros de mando de alumbrado	70.800,00 €	72.216,00 €	73.660,32 €	75.133,53 €	76.636,20 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
FLUJO DE CAJA	-4.540.912,43 €	593.485,07 €	608.015,57 €	621.775,89 €	635.811,40 €	728.296,55 €	744.462,48 €	760.951,73 €	777.770,77 €	794.926,18 €	812.424,71 €	2.370.661,12 €	848.478,67 €	867.048,24 €	885.989,20 €	905.308,99 €
FLUJO DE CAJA ACUMULADO	-4.540.912,43 €	3.947.427,33 €	3.339.411,76 €	2.717.635,87 €	2.081.824,47 €	1.353.527,92 €	609.065,43 €	151.886,30 €	929.657,07 €	1.724.583,26 €	2.537.007,96 €	166.346,85 €	1.014.825,51 €	1.881.873,75 €	2.767.862,96 €	3.673.171,94 €
Var. Precio energía	2%															
Variación mantenimiento	2%															
TIR	9,24%															
VAN	5.750.166,15 €															
Pay-back	7,8 años															

Tabla 29. Flujos de caja de la inversión real

7.5.4 Análisis de la inversión

Para valorar la inversión se han utilizado los siguientes criterios: valor actual neto, tasa interna de retorno y plazo de recuperación.

7.5.4.1 Valor actual neto

El criterio del valor actual neto (VAN) o valor capital (VC) es el criterio de inversión que se basa en el cálculo del valor actualizado de los flujos cobros y pagos de la inversión para saber cuánto se va a perder o ganar con la inversión.

Para su cálculo se descuentan todos los flujos de caja al momento presente a un determinado tipo de interés y se le resta la inversión inicial. Por lo tanto, indica en términos de unidades monetarias si al final del proyecto habrá alguna ganancia al obtener el valor presente de la inversión se va a realizar. Su expresión es la siguiente:

$$VAN = -A + \sum_{i=0}^n \frac{Q_i}{(1 + K)^i}$$

Donde:

- A = valor de la inversión inicial.
- n = número de periodos que dura la inversión
- Q_i = flujo de dinero en cada periodo i
- K = tipo de descuento o interés que se exige a la inversión

En nuestro caso el valor de la inversión inicial es 4.540.913,47 € para ambos casos, el número de periodos es 16 y como tipo de interés utilizaremos un 5% para ambos casos.

Para que el proyecto sea viable se debe cumplir que el VAN sea positivo lo cual indicará que al final del proyecto habrá unas ganancias. En el caso de que su valor sea negativo, significa que habrá pérdidas y, por tanto, la inversión no será viable. También su valor puede ser igual a 0, lo que significará que el proyecto no genera ni beneficios ni pérdidas y su realización será indiferente.

(Tena, 2016)

7.5.4.2 Tasa Interna de Rentabilidad

La Tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de rentabilidad o interés que ofrece una inversión, es decir, indica el porcentaje de pérdida o beneficio que tendrá una inversión. Está muy relacionado con el VAN ya que se corresponde con el valor de la tasa de actualización (K) que anula el VAN. La expresión sería la siguiente:

$$VAN = -A + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1+r)^i} = 0$$

Donde r es la tasa de actualización que hace que el VAN sea 0.

La TIR a diferencia del VAN nos dice que K hace que el desembolso inicial sea igual al valor neto actualizado. Para el cálculo de la TIR se calcula el VAN con distintos valores de K para obtener un valor positivo y otro negativo. Con estos valores de K, mediante un procedimiento de interpolación se consigue obtener un valor de r aproximado, que sirve como valor representativo.

Para evitar este proceso engorroso, en la hoja de cálculo de Excel tenemos la función TIR con la que podemos calcular la TIR con el flujo de caja resultante de los ingresos, inversiones y costes resultantes en cada año.

Para aceptar este criterio se debe cumplir que la TIR sea superior a K que en nuestro caso es de un 5% como se ha comentado con anterioridad. Por lo tanto, serán rechazadas aquellas inversiones en las que el TIR sea inferior a la K.

(Tena, 2016)

7.5.4.3 Plazo de recuperación

El criterio del Plazo de recuperación o Pay-back consiste en determinar cuánto tiempo transcurre hasta que se recupera el desembolso inicial (A) a través de los ingresos periódicos lo que se corresponde con un flujo de caja acumulado positivo. La expresión para su cálculo es la siguiente:

$$PR = t \rightarrow \sum_{i=1}^t Q_i = A$$

El criterio de rechazo o aceptación de inversiones con este método consiste en aceptar inversiones en las que el desembolso inicial se recupera con los flujos de caja periódicos de la inversión (Q_i). Serán rechazadas, por el contrario, las inversiones en las que el capital que se invierte no llega nunca a recuperarse con los flujos de la inversión a lo largo de toda su vida.

(Tena, 2016)

8. RESULTADOS

8.1 VAN

El VAN en el estudio previo realizado se ha calculado aplicando la fórmula del VAN para cada uno de los flujos de caja de cada año:

$$\begin{aligned} VAN &= -4.540.912,41 + \frac{588.453,04}{(1 + 5\%)^1} + \frac{600.930,44}{(1 + 5\%)^2} + \dots + \frac{858.332,79}{(1 + 5\%)^{14}} + \frac{873.730,65}{(1 + 5\%)^{15}} \\ &= \mathbf{5.364.789.64 \text{ €}} \end{aligned}$$

Esta cantidad indica que al final del proyecto tendremos una ganancia de 5.364.789,64 €, es decir, sería el beneficio de la inversión en términos monetarios. Se aceptaría este criterio al tener un valor positivo y la inversión sería viable.

En cambio, el resultado para el estudio real se ha calculado de la misma forma, pero utilizando los flujos de caja correspondientes para este caso:

$$\begin{aligned} VAN &= -4.540.912,41 + \frac{593.485,07}{(1 + 5\%)^1} + \frac{608.015,57}{(1 + 5\%)^2} + \dots + \frac{885.989,20}{(1 + 5\%)^{14}} + \frac{905.308,99}{(1 + 5\%)^{15}} \\ &= \mathbf{5.750.166,15 \text{ €}} \end{aligned}$$

Esta cantidad de 5.750.166,15 € es una cantidad superior al otro caso y también sería aceptable al ser positiva. En este caso tendríamos una mayor ganancia.

8.2 TIR

En el caso de la situación previa al desarrollo del proyecto el valor se ha obtenido aplicando la fórmula de la TIR:

$$VAN = -4.540.912,41 + \frac{588.453,04}{(1 + r)^1} + \frac{600.930,44}{(1 + r)^2} + \dots + \frac{858.332,79}{(1 + r)^{14}} + \frac{873.730,65}{(1 + r)^{15}} = 0$$

Al resolver la ecuación resultante obtenemos el valor de la incógnita r que corresponde a la TIR y es de 8,07%. Según este criterio el proyecto sería viable ya que es una cantidad positiva y el valor es superior al tipo de interés que exige la inversión que es del 5%. La TIR indica que el tanto por ciento de beneficio de la inversión para las cantidades que no han sido retiradas del proyecto es de un 8,07%.

Para el caso en el que se han utilizado datos más cercanos a la realidad el proceso ha sido el siguiente:

$$VAN = -4.540.912,41 + \frac{593.485,07}{(1 + 5\%)^1} + \frac{608.015,57}{(1 + r)^2} + \dots + \frac{885.989,20}{(1 + r)^{14}} + \frac{905.308,99}{(1 + r)^{15}} = 0$$

Aquí el valor de r es de 9,24% y también sería un criterio aceptable al ser un valor positivo y al ser mayor que el tipo de interés que exige la inversión (K) que es del 5%.

8.3 Pay-Back

Su cálculo para el estudio previo se ha hecho a partir del flujo de caja acumulado: En el periodo 7 aún tenemos 656.065,27 € en negativo y en el periodo 8 obtenemos una cantidad de ingresos de 750.758,19 €. Según este razonamiento obtenemos en qué momento del séptimo año nos recuperamos: en el octavo año tenemos unos ingresos de 750.758,19 € que corresponden a 12 meses, por tanto, para obtener la cantidad de 656.065,27 € necesitaremos 10,49 meses por medio de una regla de tres.

Al dividir esta cantidad por 12 meses que tiene un año calculamos en cuanto tiempo obtenemos esos 656.065,27 € para recuperar la inversión y este valor corresponde a 0,87 en términos anuales. Al sumar 7 años enteros que no nos hemos recuperado mas 0.87 obtenemos en cuantos años nos recuperamos desde el inicio de la inversión que en este caso es de 7,87 años

Se procede de forma similar para obtenerlo en el caso del estudio real y se obtiene un pay-back de 7,8 años, que como es lógico indica que nos recuperamos antes que en el caso anterior al ser una inversión más rentable.

Para ambos casos el criterio es aceptable al ser un número inferior a 16 lo que significa que hay una recuperación de esta inversión e incluso estos números son inferiores a 12 lo que significa que para la reinversión ya se ha recuperado el capital invertido.

9. DISCUSIÓN

Conforme a lo expuesto al principio del TFG, el objetivo del mismo era realizar una comparación con los criterios de viabilidad que se estimaron antes de la puesta en marcha del proyecto y los que han sido recogidos en este trabajo con datos reales.

En la estimación que se hizo previamente se obtuvo un VAN de 5.364.789,64 €, una TIR del 8,07%, y un pay-back de 7,8 años. Los criterios calculados con los datos reales han resultado ser relativamente superiores a los esperados y esto se ha debido a los siguientes factores:

- Posibles variaciones en los consumos de energía a los esperados, lo que ha dificultado en algunos periodos conseguir el ahorro esperado.
- La variación del precio de la energía ya que es algo que no se puede saber con certeza.

Ambos estudios han sido viables pero debido a la incertidumbre de los factores anteriormente descritos no podemos establecer un valor exacto sobre los diferentes criterios hasta que no haya finalizado la duración de la inversión. Es entonces cuando podremos saber exactamente como ha variado el precio de la energía y si ha habido excesos de consumo energético no previstos.

Es importante saber que para una inversión de este tipo en la que influyen este tipo de factores, puede acabar siendo algo a nuestro favor, pero también puede volverse en nuestra contra. De tal manera que no sería recomendable considerar viable una inversión cuando los criterios son aceptables, pero están cercanos a no serlo.

En este caso el margen era relativamente grande y aunque ha habido mayores consumos de energía la inversión ha seguido siendo viable. Esto para el ayuntamiento no suponía un problema ya que como se ha explicado en el capítulo 7, las empresas responsables se harían cargo del importe adicional. El ayuntamiento pagaría una cuota fija establecida en la oferta de la UTE establecida desde un principio.

10.CONCLUSIONES

La ciudad de Jaén está entre las más eficientes de España al disponer casi en su totalidad de luces de tipo LED en las instalaciones de alumbrado exterior. Cada vez son más las ciudades que apuestan por este tipo de tecnología viendo lo bien que están funcionando. En el desarrollo de este proyecto se ha comprobado como realmente se han conseguido ahorros en términos energéticos, lumínicos y económicos.

El consumo energético ha resultado ser menor con la ayuda de las novedosas luces LED que han permitido obtener un ahorro de alrededor de un 65% con respecto al consumo de la instalación que había previamente en funcionamiento.

Relacionado con el consumo energético están los términos económicos y las emisiones de Co2 siendo éstos menor cuanto menor sea el consumo energético. En los términos económicos la factura anual a partir del año 2013 se ha reducido bastante lo que ha permitido al ayuntamiento de Jaén disponer de más fondos necesarios para otras actividades. Con respecto a la contaminación del medio ambiente se ha logrado también un gran avance disminuyendo en gran medida las emisiones de C02.

Por otra parte, el cálculo de la rentabilidad del proyecto con datos reales ha permitido saber que en realidad el proyecto estaba siendo rentable como se había previsto.

En la actualidad el ayuntamiento de Jaén no se ha recuperado de la inversión y acorde con lo calculado en el proyecto será el año 2020 cuando se recupere. La desviación de las diferentes rentabilidades se ha debido a la variación del precio de la energía y de mantenimiento, términos que son muy impredecibles y hay que tener en cuenta.

Se concluye que este proyecto de renovación de luces ha sido totalmente viable en todos los sentidos como está ocurriendo realmente en la ciudad. La aplicación de esta tecnología en más ciudades tendría gran importancia para lograr una reducción de la contaminación a escala mundial. Otro tema interesante sería el desarrollo de sistemas de alumbrado mediante energía en la ciudad de Jaén.

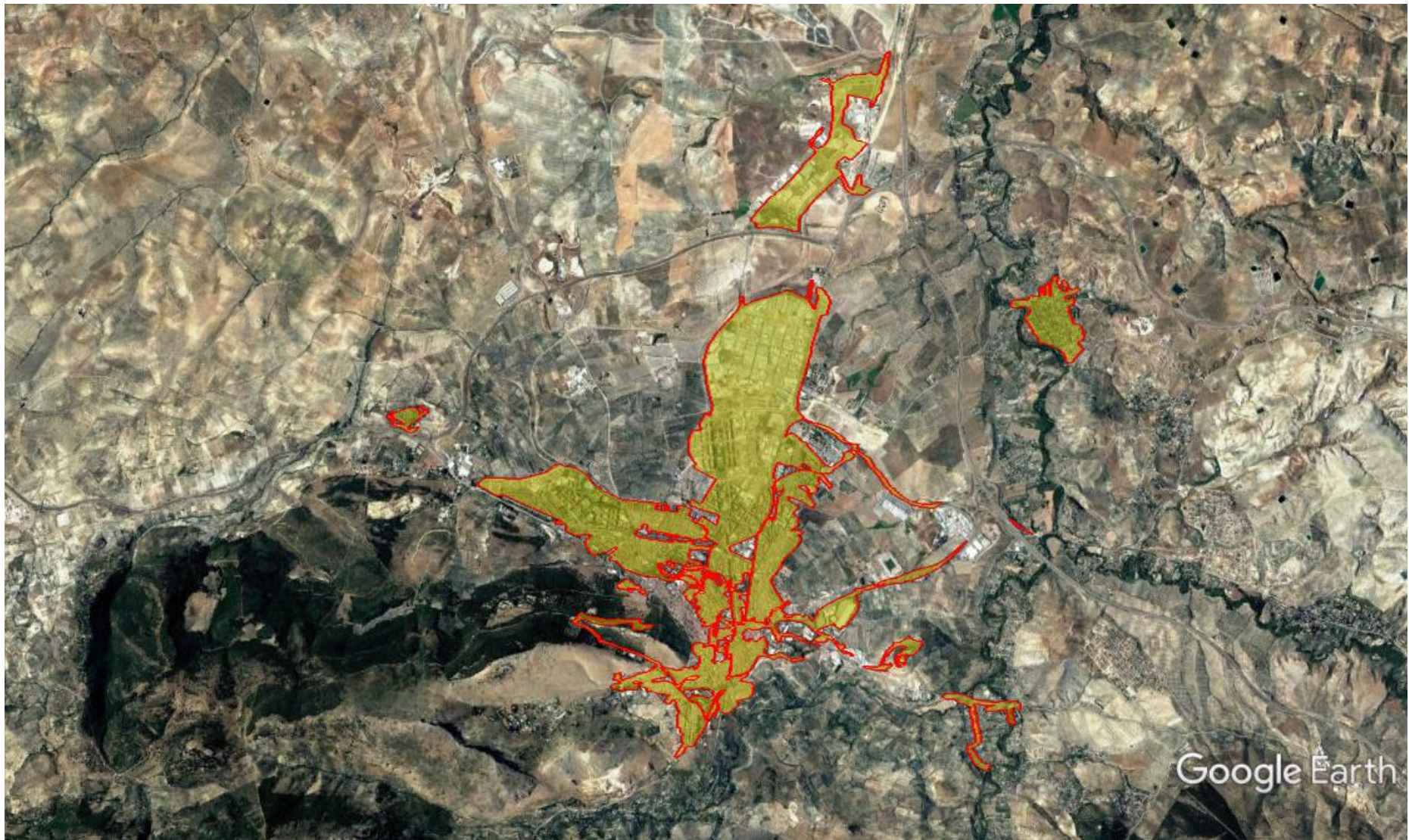
11. ANEXOS

ANEXO I - “Mapas de los distintos centros de mando y puntos de luz de la ciudad de Jaén”

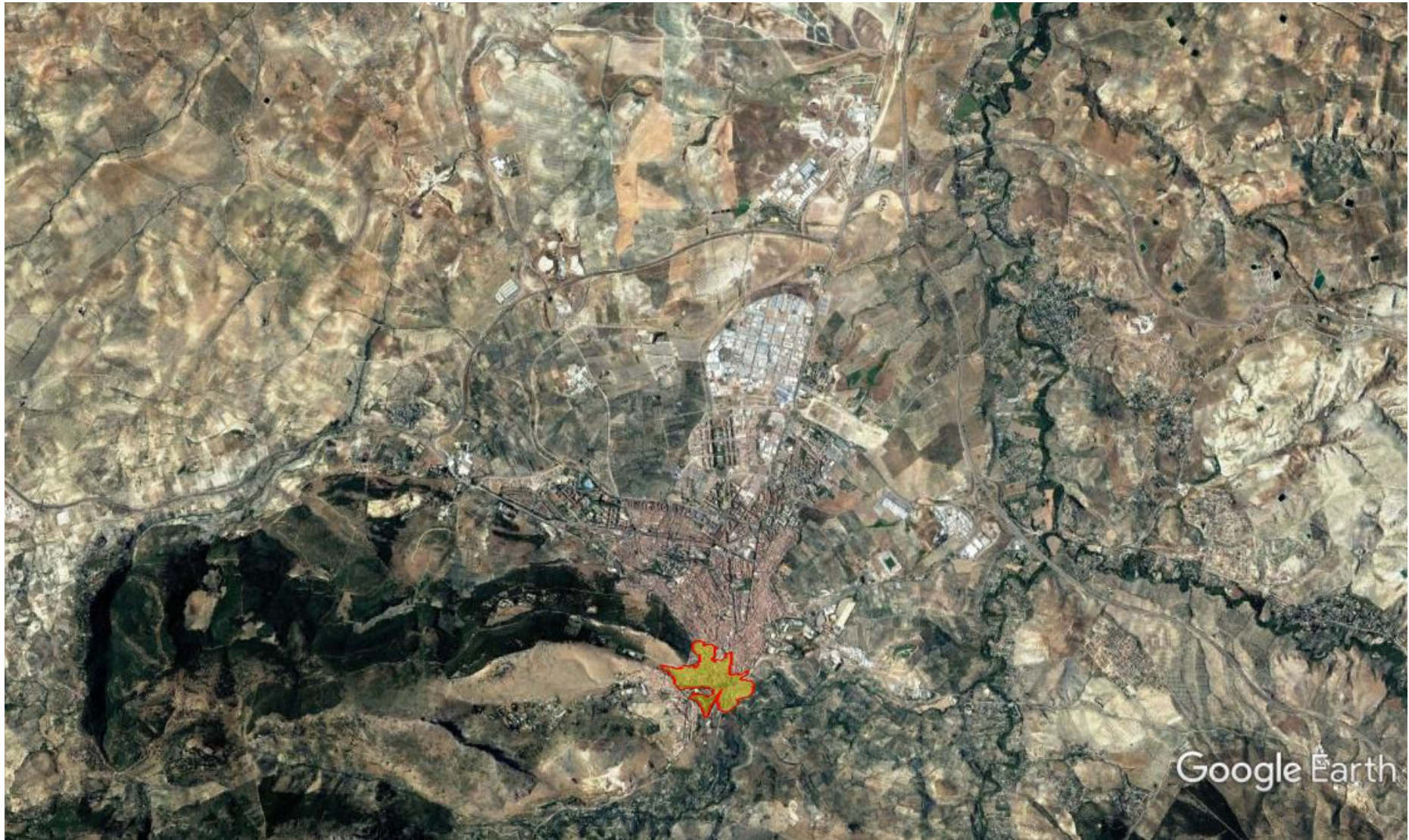
Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN



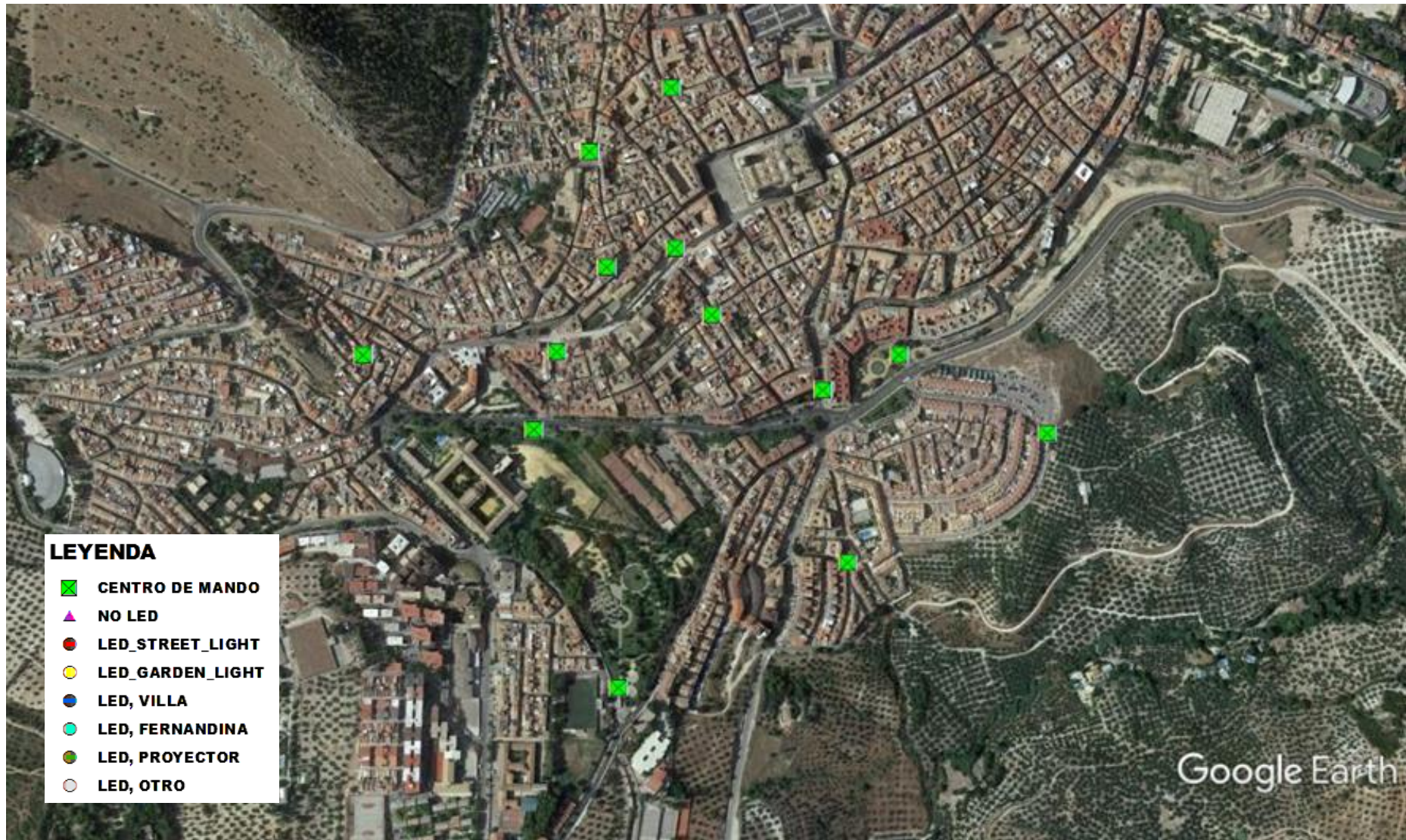
Mapa 1. Ciudad de Jaén vista satélite.



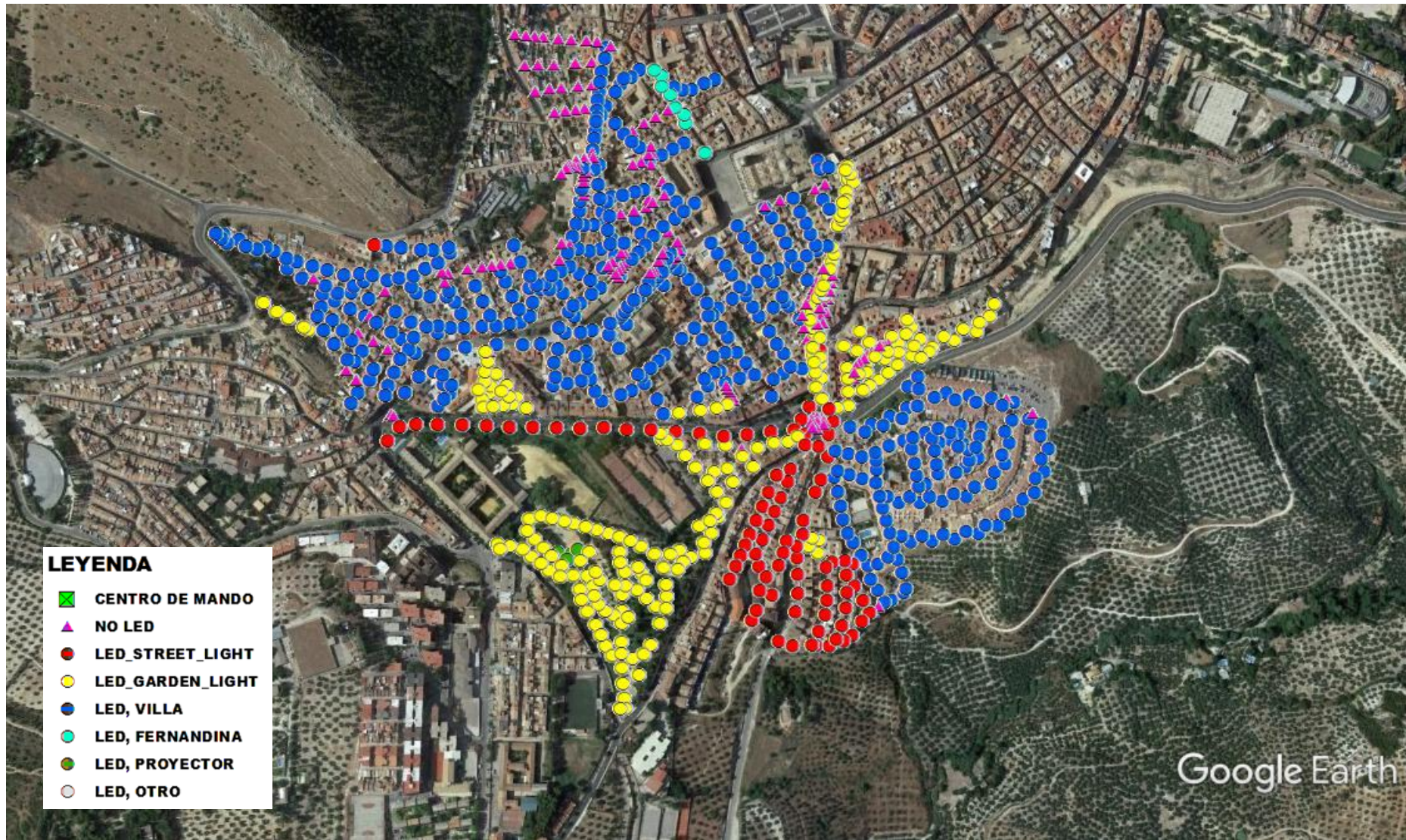
Mapa 2. Zonas con iluminación LED Jaén



Mapa 3. Límites distrito 1



Mapa 4. Centros de mando distrito 1

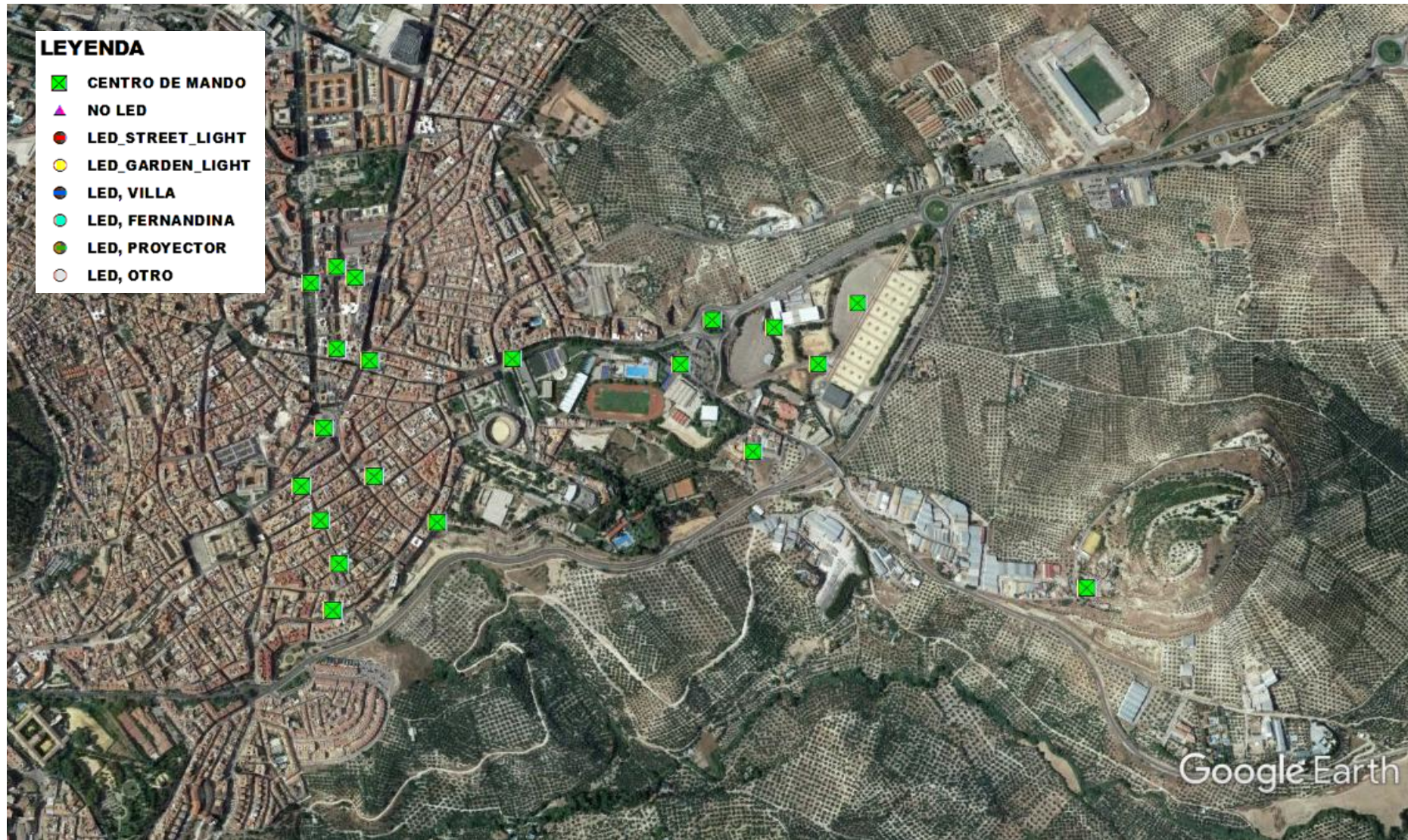


Mapa 5. Puntos de luz distrito 1

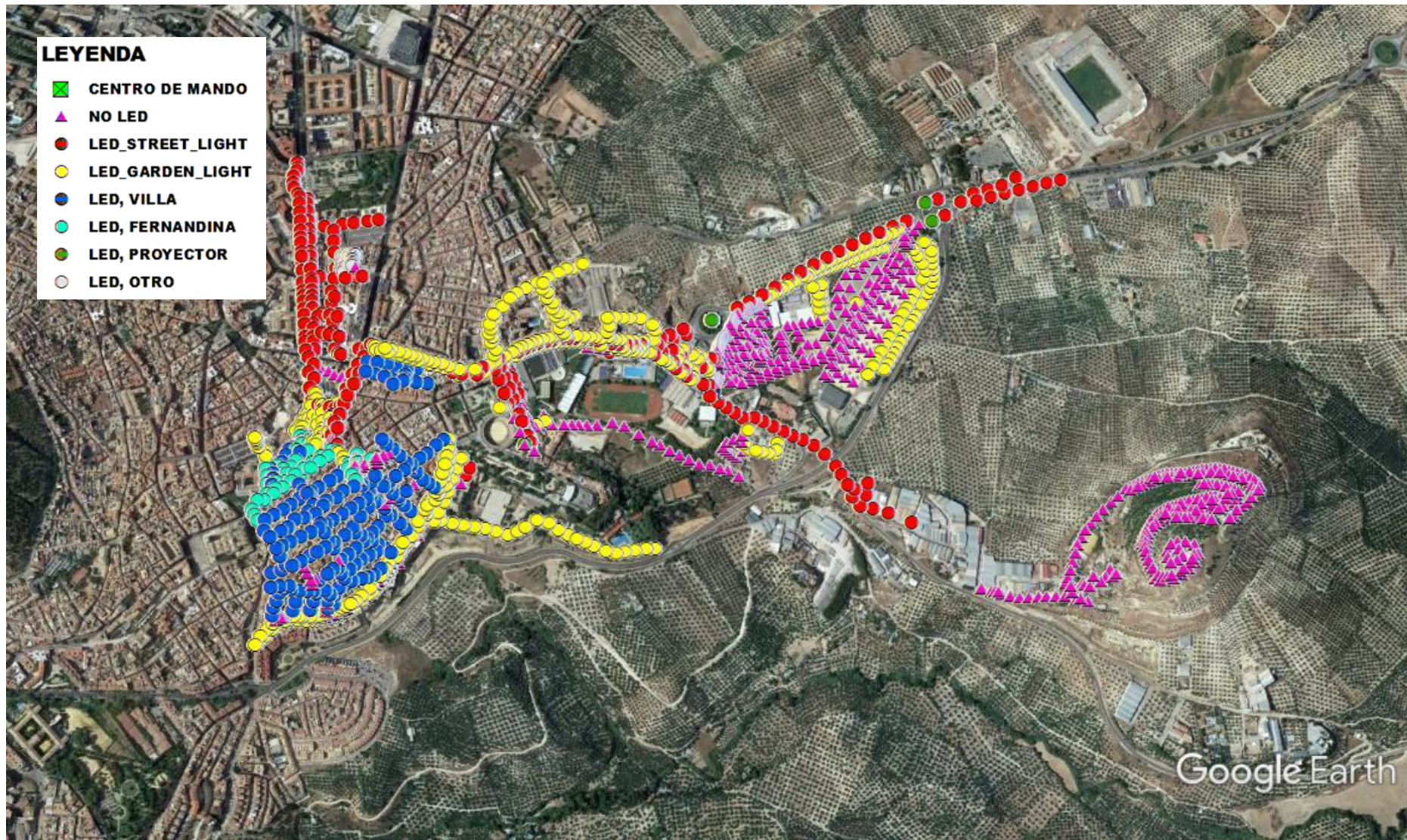
Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN



Mapa 6. Límites distrito 2



Mapa 7. Centros de mando distrito 2

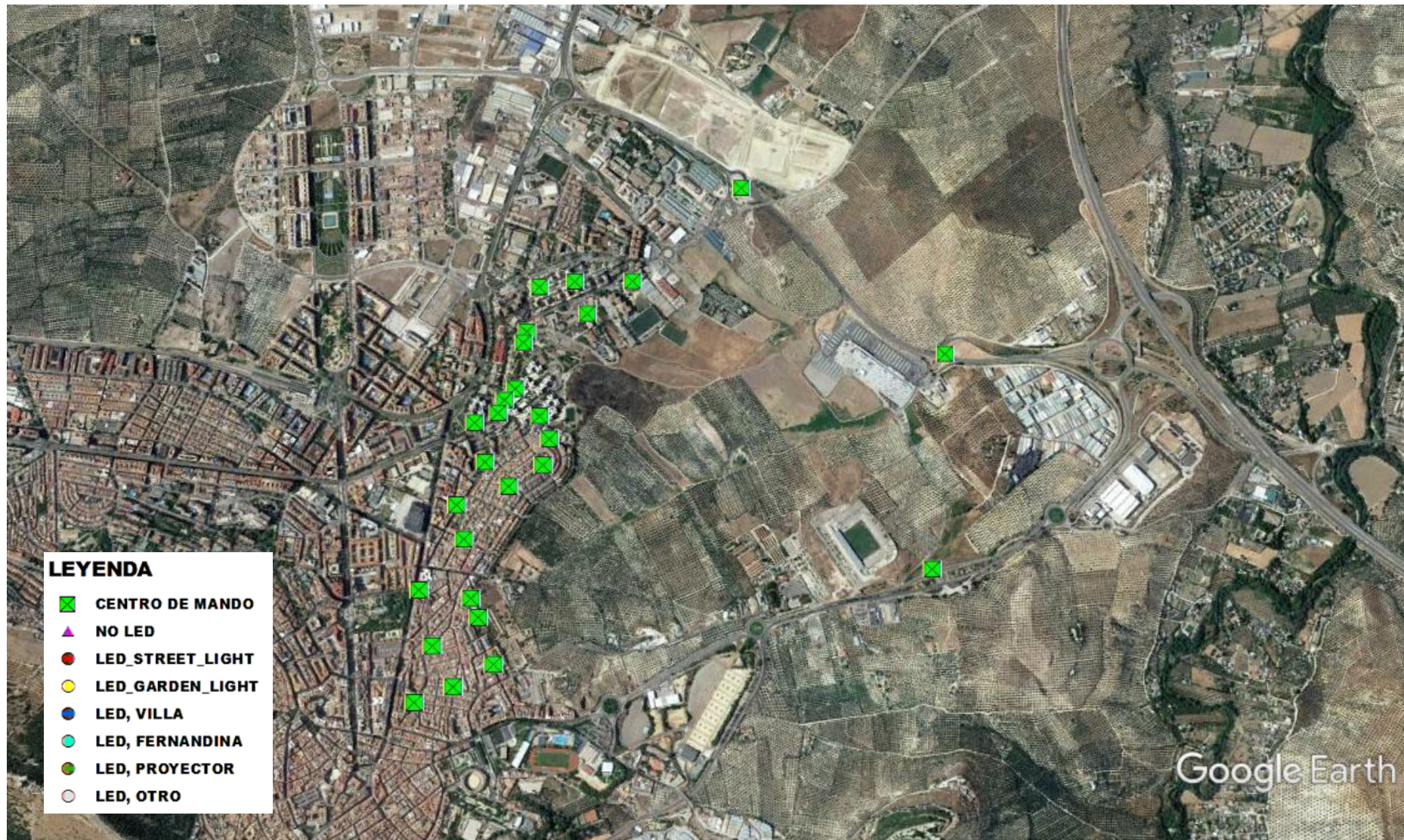


Mapa 8. Puntos de luz distrito 2

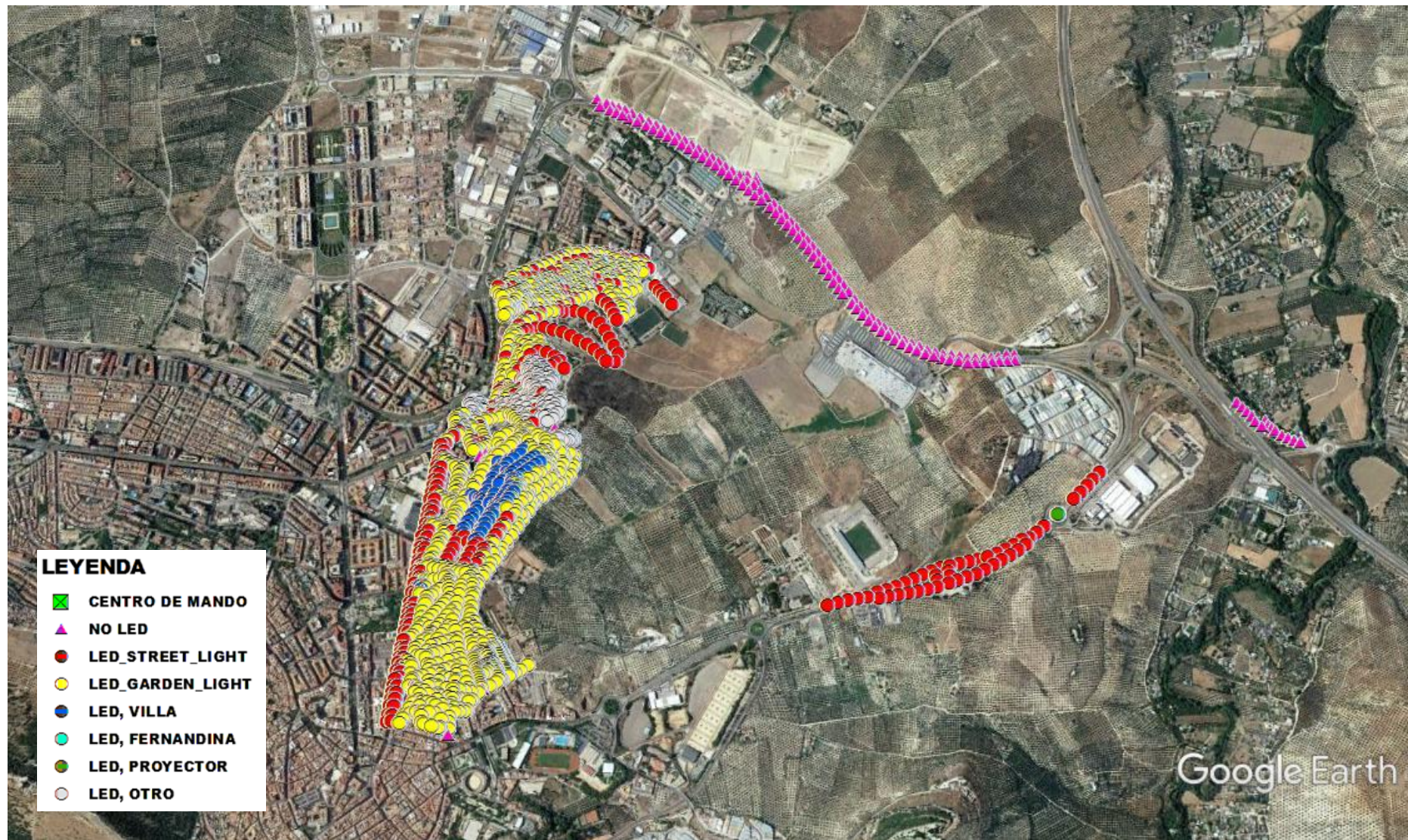
Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN



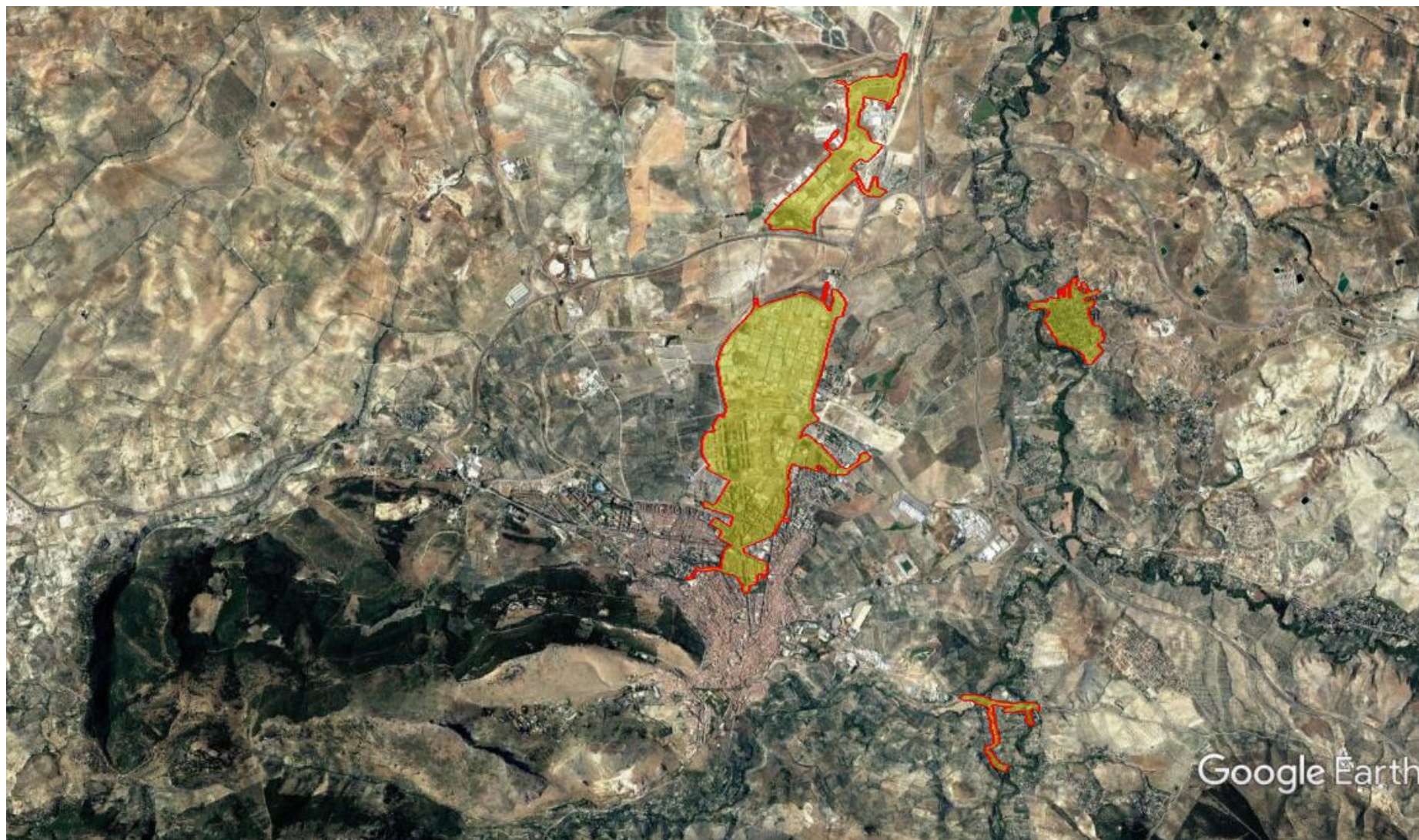
Mapa 9. Límites distrito 3



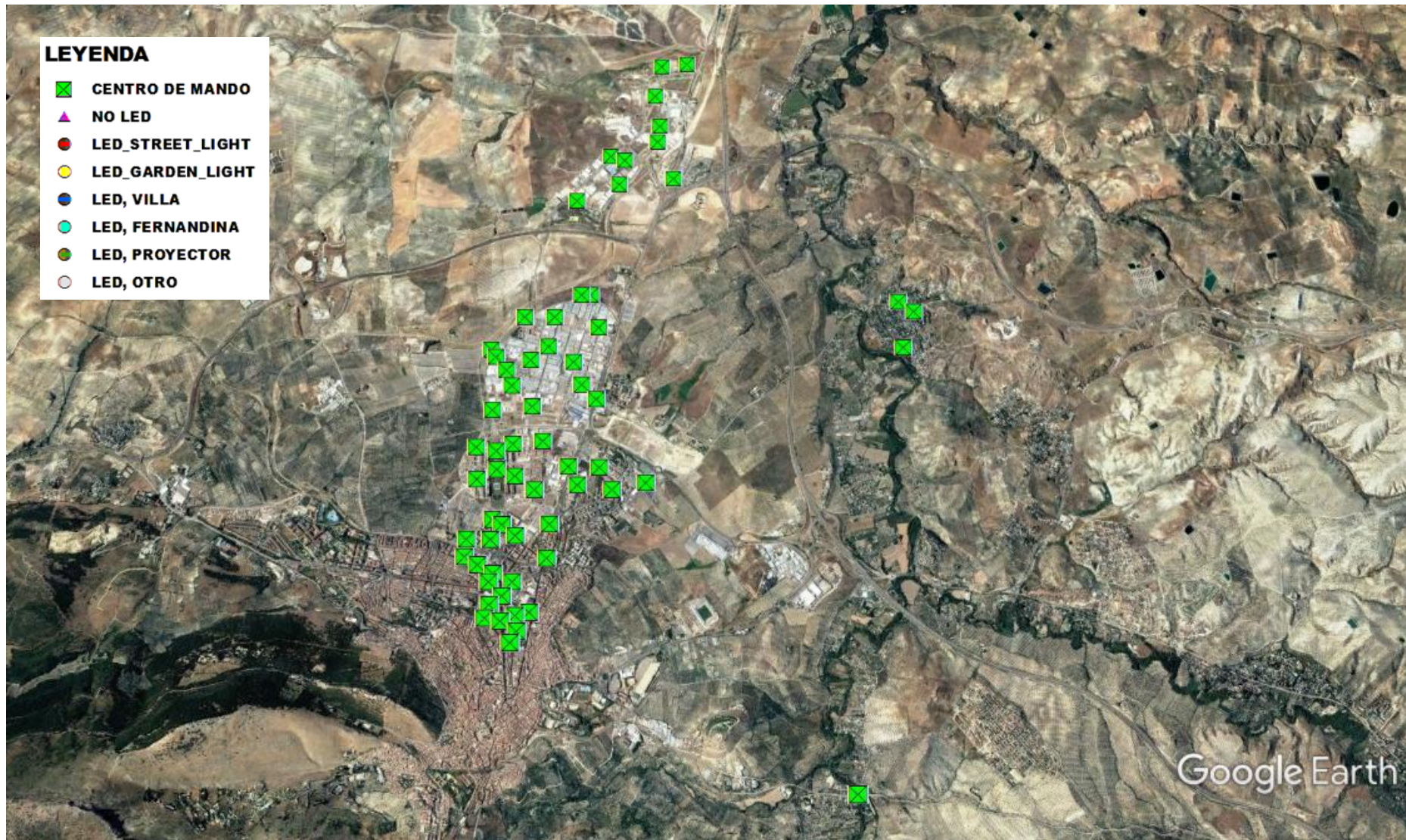
Mapa 10. Centros de mando distrito 3



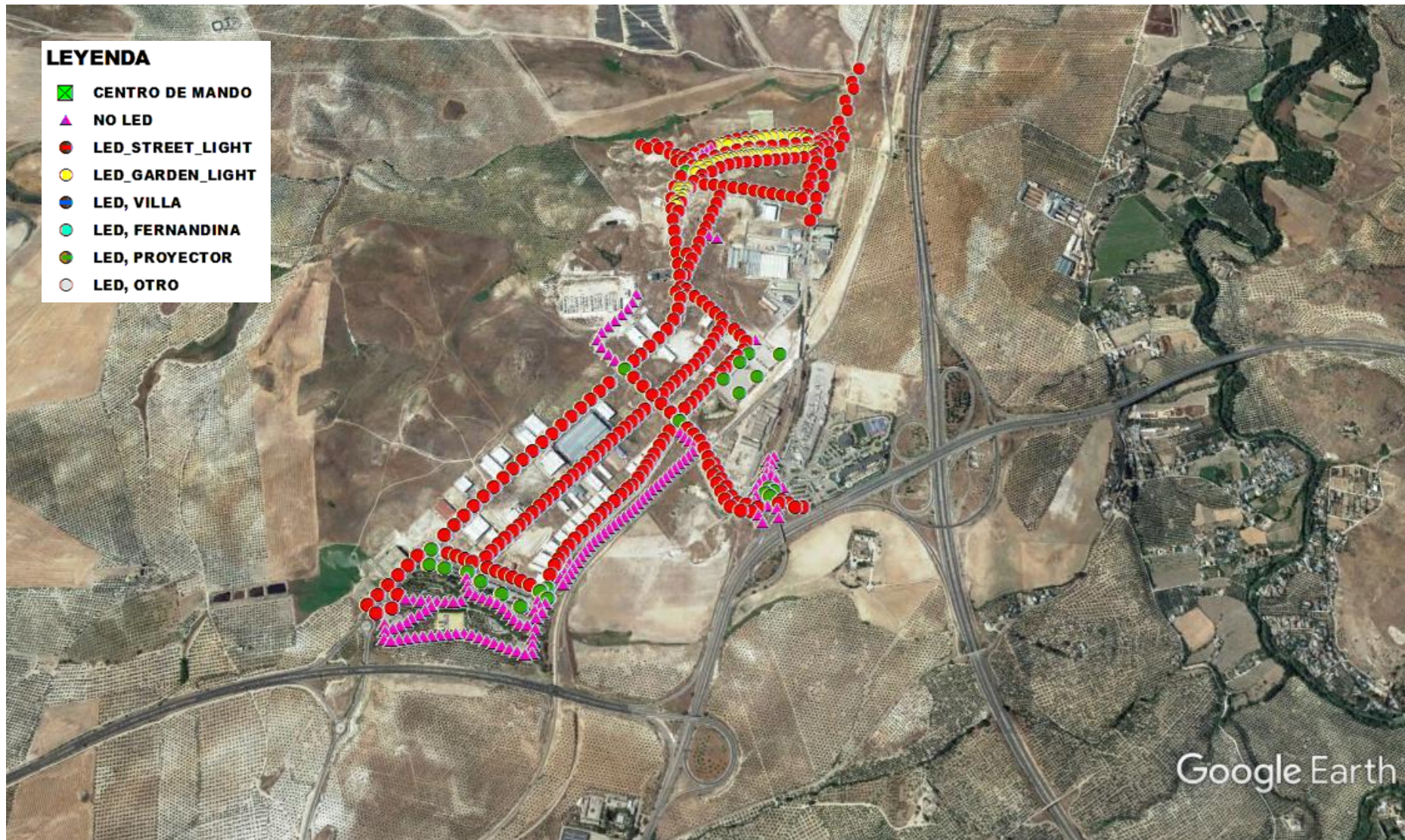
Mapa 11. Puntos de luz distrito 3



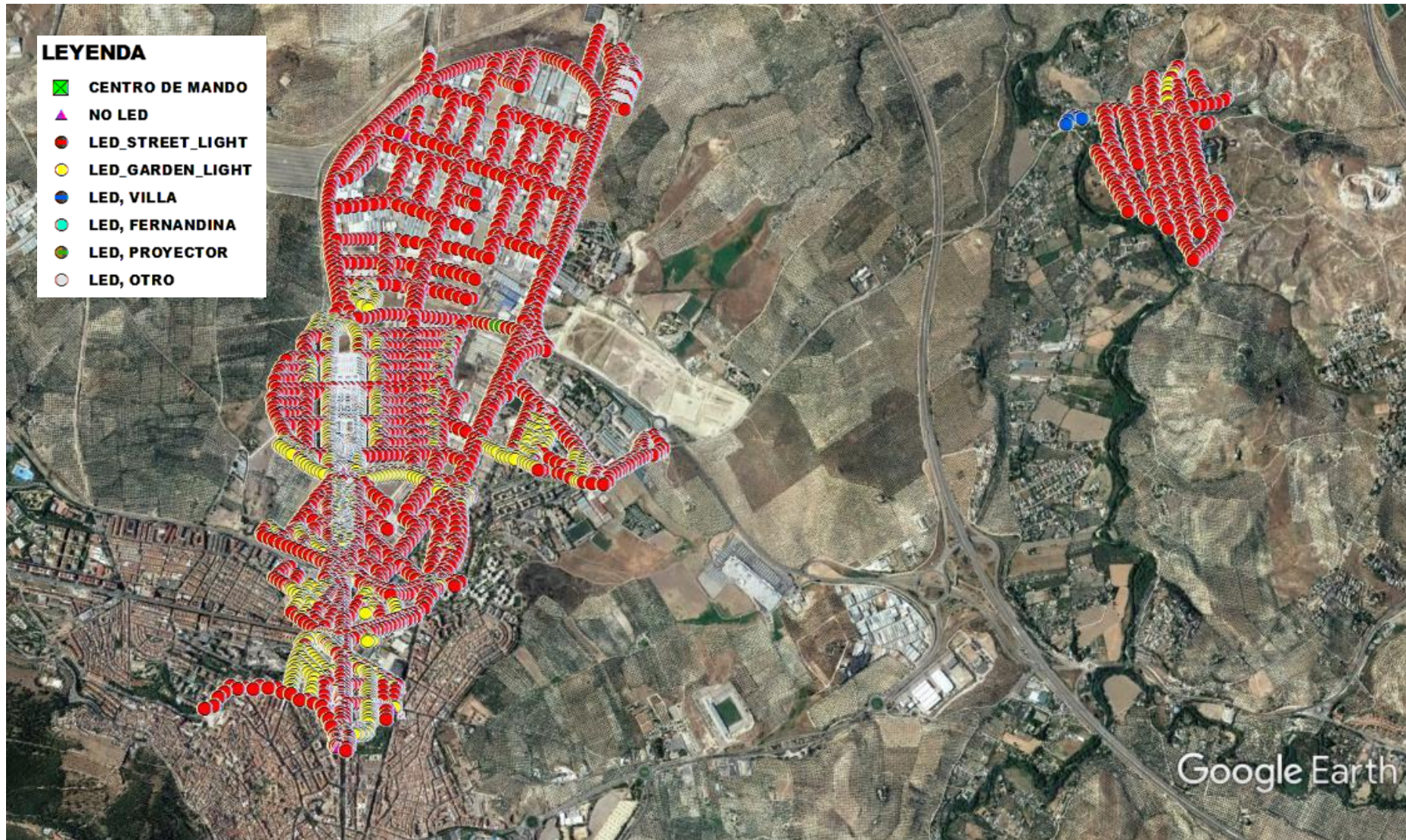
Mapa 12. Límites distrito 4



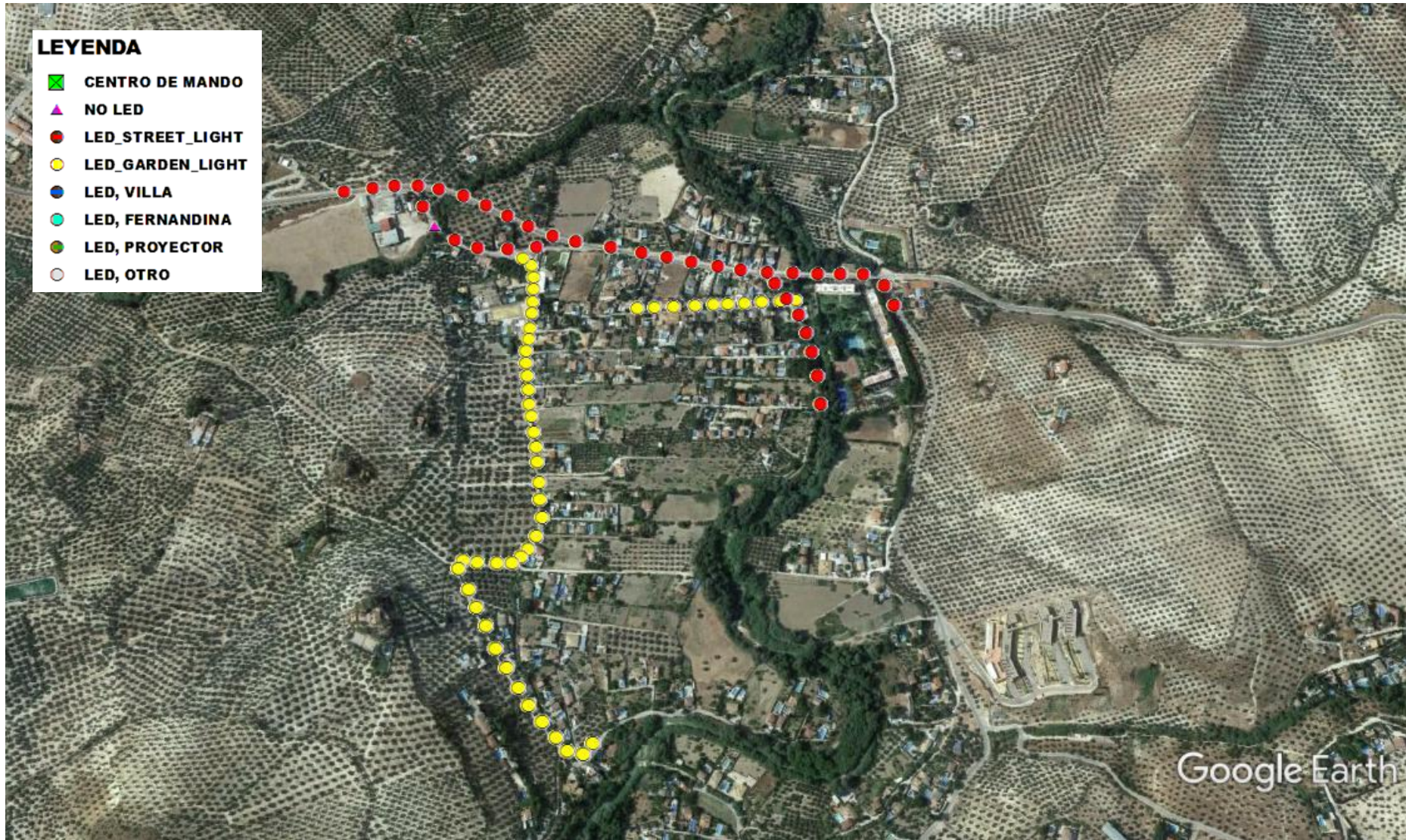
Mapa 13. Centros de mando distrito 4



Mapa 14. Puntos de luz distrito 4. Zona Norte



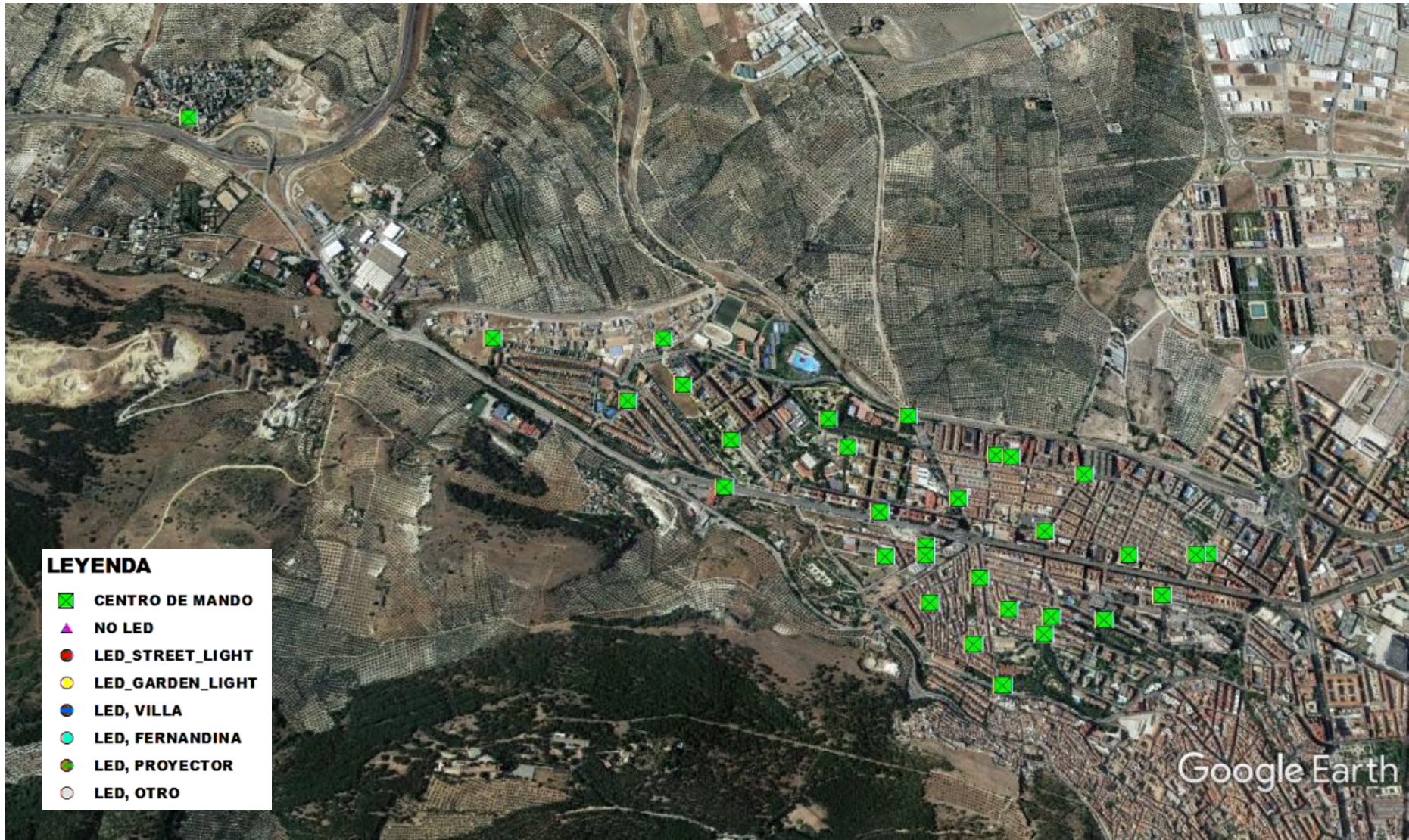
Mapa 15. Puntos de luz distrito 4. Zona Este y Oeste



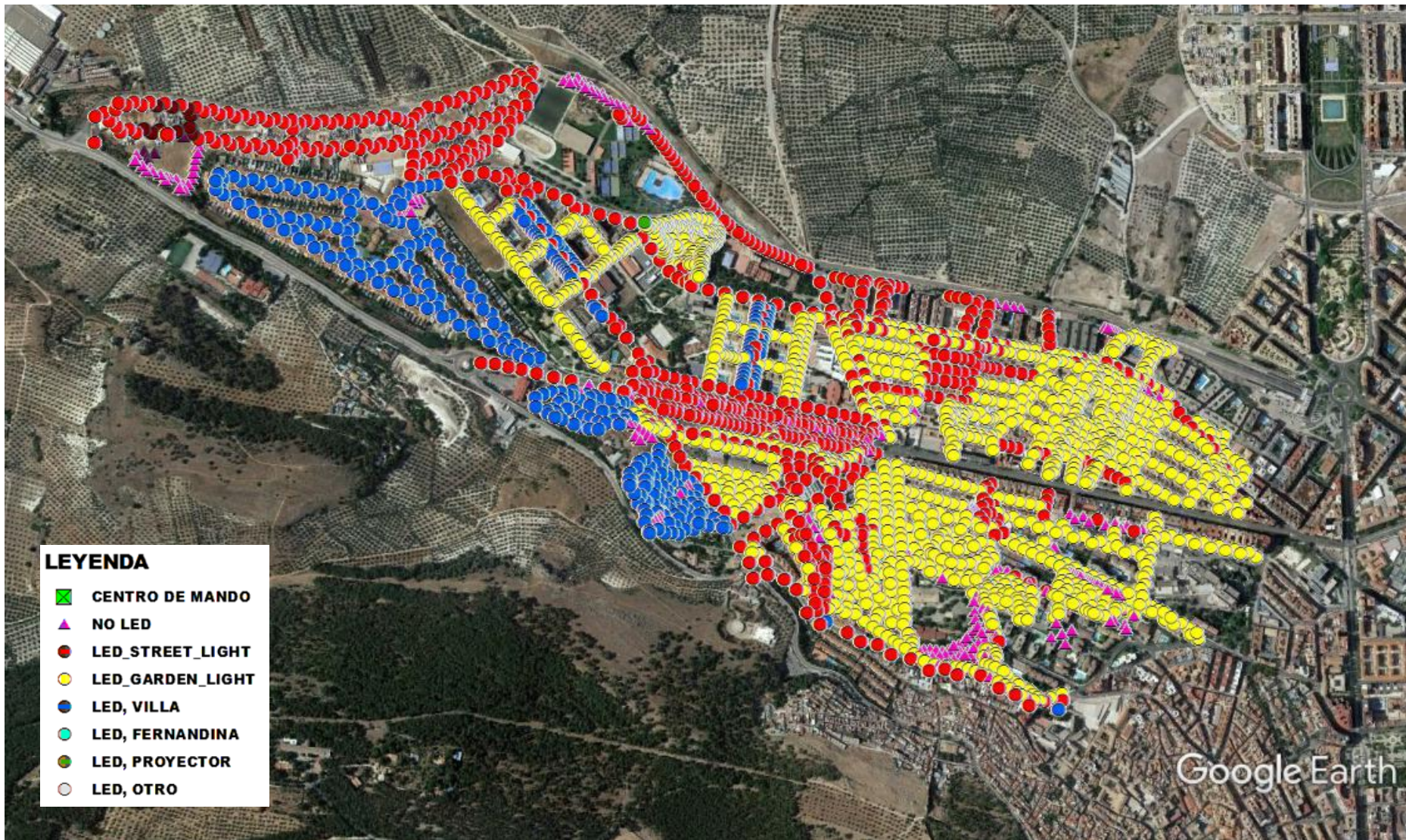
Mapa 16. Puntos de luz distrito 4. Zona Sur



Mapa 17. Límites distrito 5



Mapa 18. Centros de mando distrito 5



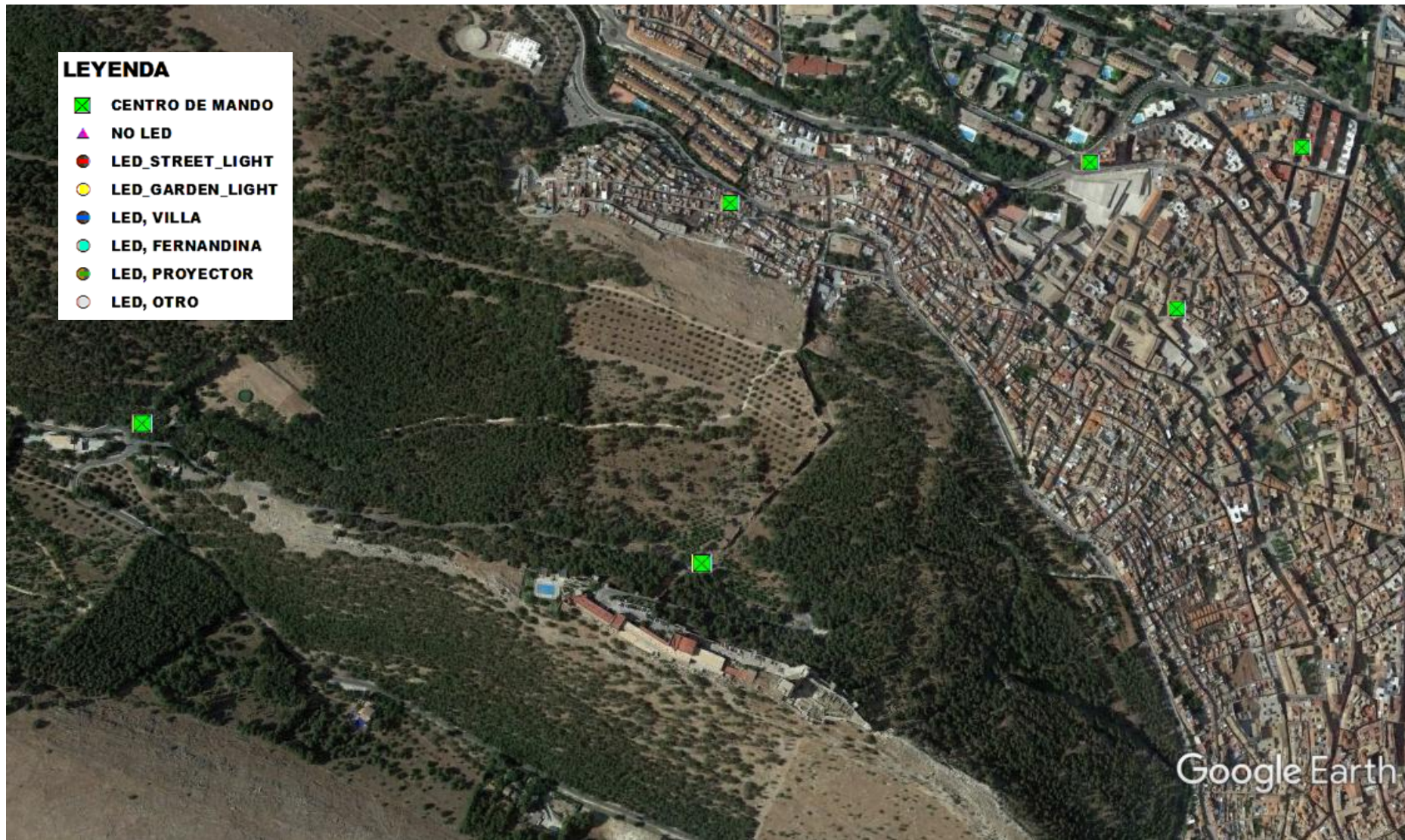
Mapa 19. Puntos de luz distrito 5. Zona Este



Mapa 20. Puntos de luz distrito 5. Zona Oeste



Mapa 21. Límites distrito 6



Mapa 22. Centros de mando distrito 6



Mapa 23. Puntos de luz distrito 6

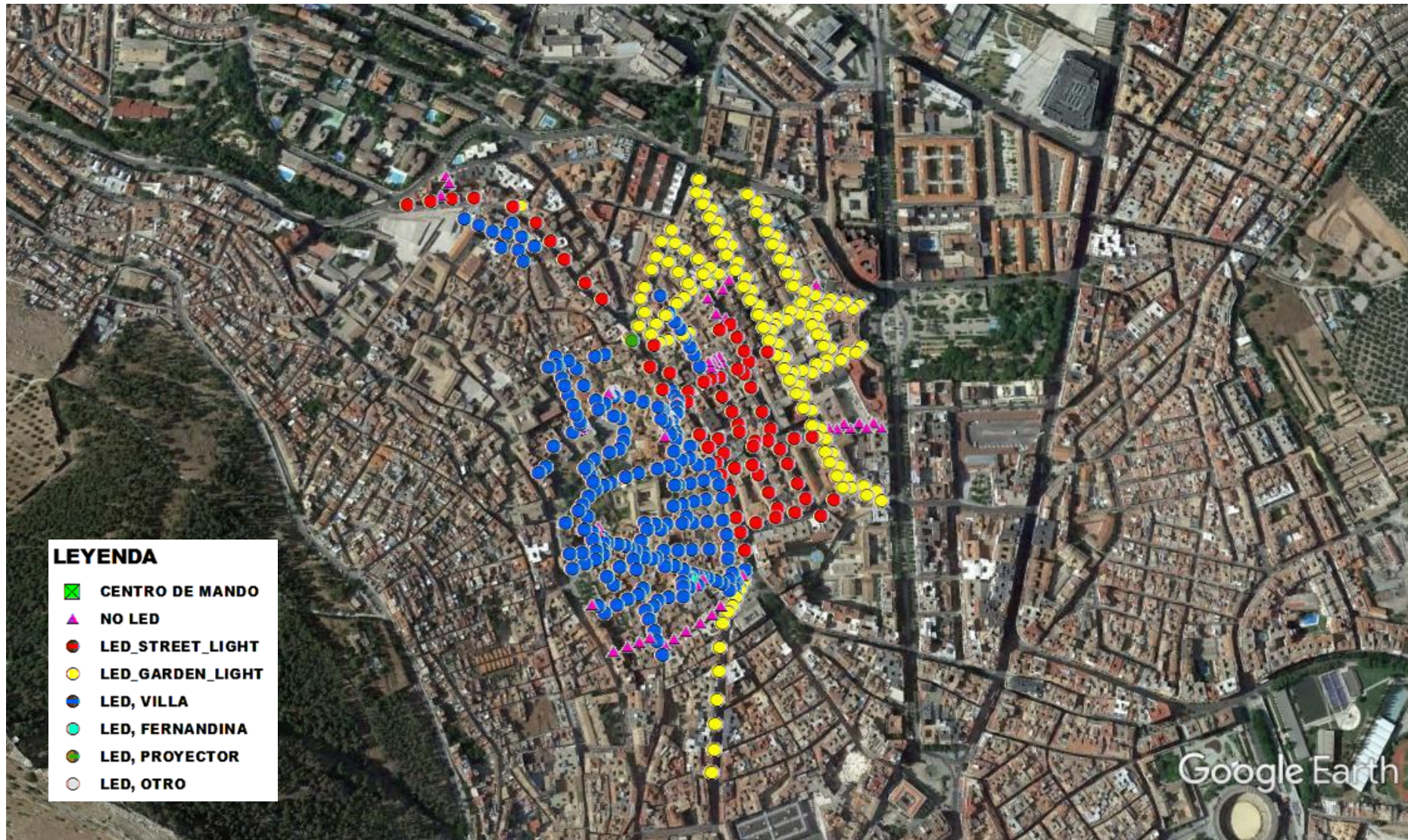
Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN



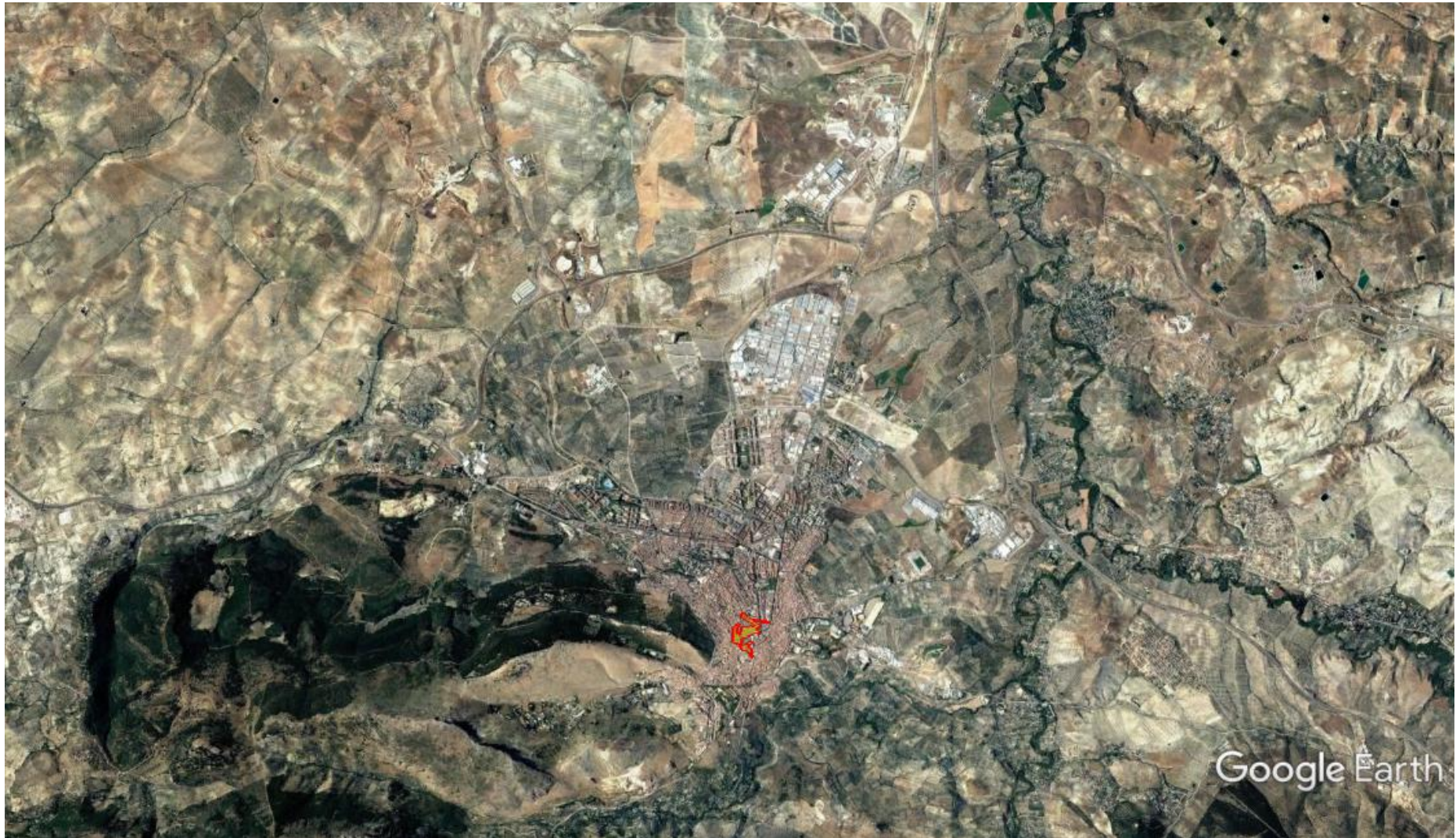
Mapa 24. Límites distrito 7



Mapa 25. Centros de mando distrito 7



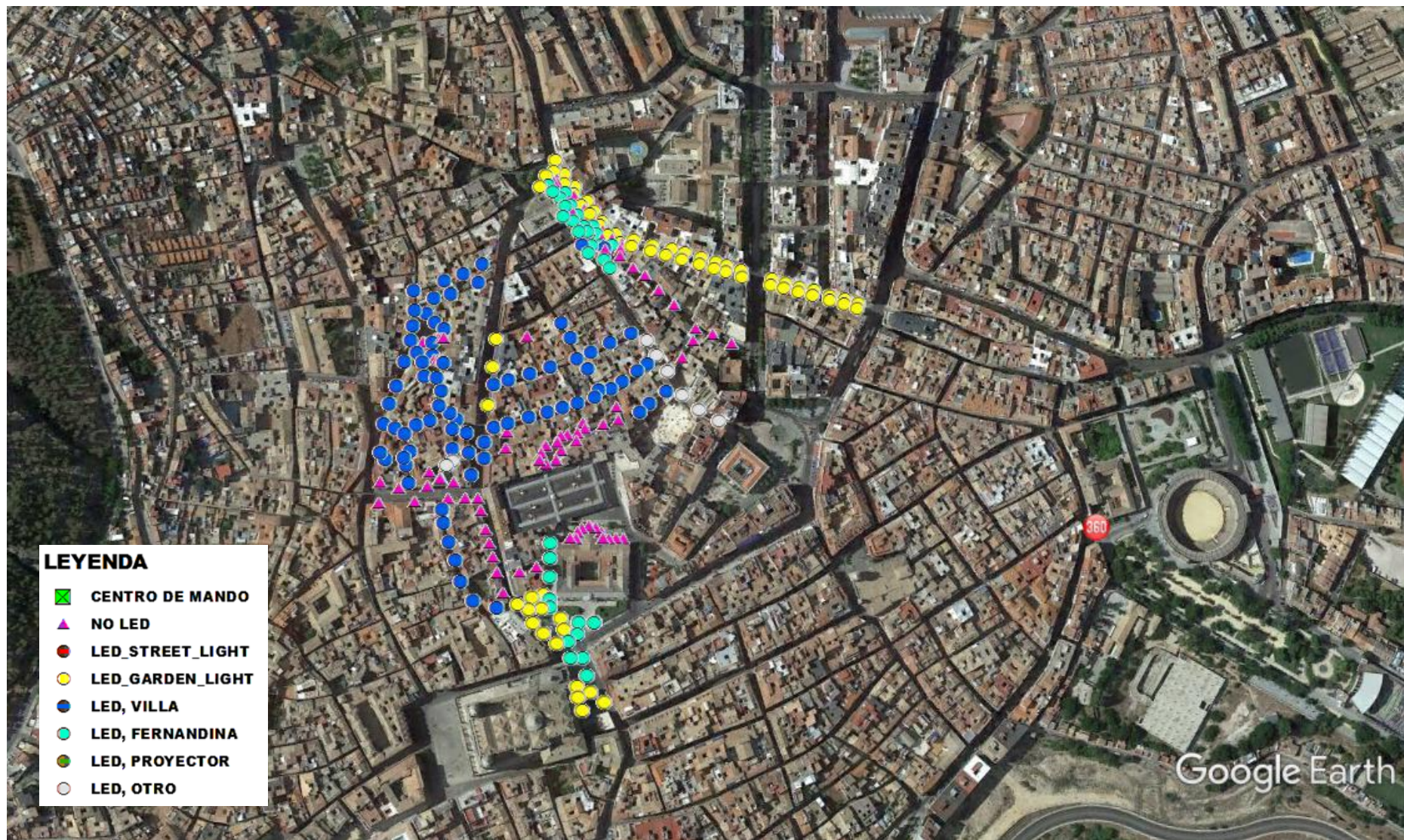
Mapa 26. Puntos de luz distrito 7



Mapa 27. Límites distrito 8



Mapa 28. Centros de mando distrito 8



Mapa 29. Puntos de luz distrito 8

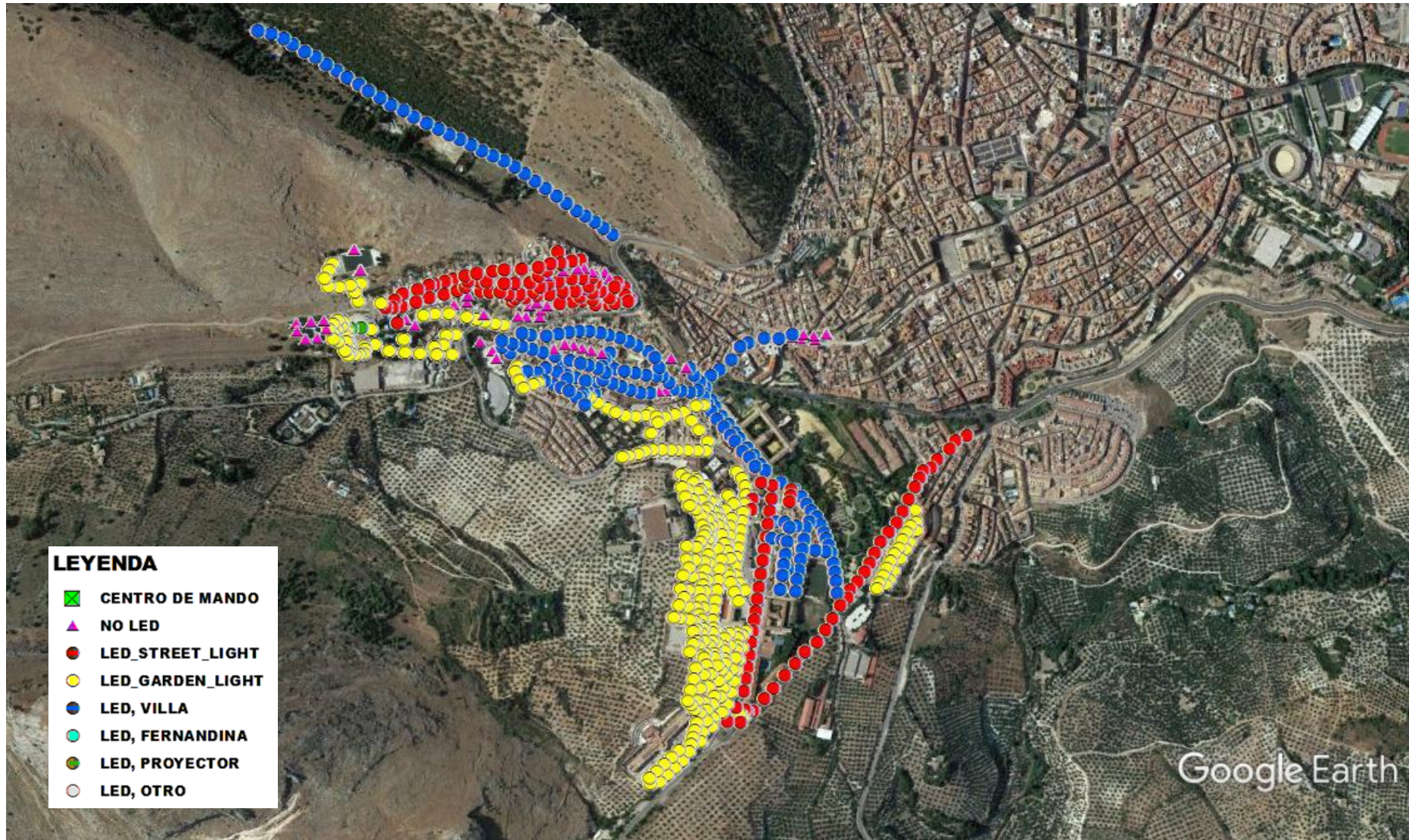
Escuela Politécnica Superior de Jaén
BALANCE Y ANÁLISIS DE RESULTADOS ENERGÉTICOS, ECONÓMICOS Y LUMÍNICOS DEL CAMBIO MASIVO A LED EN ILUMINACIÓN URBANA. EL CASO DE ESTUDIO DE LA CIUDAD DE JAÉN



Mapa 30. Límites distrito 9



Mapa 31. Centros de mando distrito 9



Mapa 32. Puntos de luz distrito 9

ANEXO II - “Cálculos luminotécnicos con diferentes luminarias en calles de Jaén. DIALUX”

Av Barcelona(Vías colectoras)

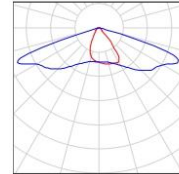
Índice

Av Barcelona(Vías colectoras)	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
LED street lights 80W,4100K	
Hoja de datos de luminarias	4
LED street lights 80W,4100K	
CDL (Polar)	5
Diagrama de densidad lumínica	6
Tabla de intensidades lumínicas	7
Av Barcelona	
Datos de planificación	10
Lista de luminarias	11
Rendering (procesado) en 3D	12
Rendering (procesado) de colores falsos	13
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Camino peatonal 1	
Sumario de los resultados	14
Gama de grises (E)	15
Gráfico de valores (E)	16
Tabla (E)	17
Recuadro de evaluación Camino peatonal 2	
Sumario de los resultados	18
Gama de grises (E)	19
Gráfico de valores (E)	20
Tabla (E)	21
Recuadro de evaluación Calzada 2	
Sumario de los resultados	22
Gama de grises (E)	23
Gráfico de valores (E)	24
Tabla (E)	25
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Sumario de los resultados	26
Gama de grises (E)	27
Gráfico de valores (E)	28
Tabla (E)	29

Av Barcelona(Vías colectoras) / Lista de luminarias

13 Pieza LED street lights 80W,4100K
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7441 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 7445 lm
Potencia de las luminarias: 80.2 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 45 80 99 100 99
Lámpara: 1 x rebel ES VSNR (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

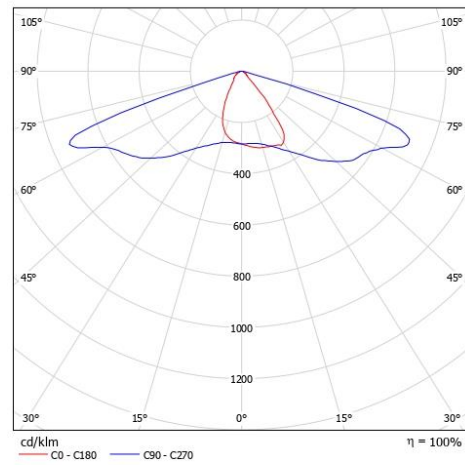


LED street lights 80W,4100K / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 45 80 99 100 99

Emisión de luz 1:



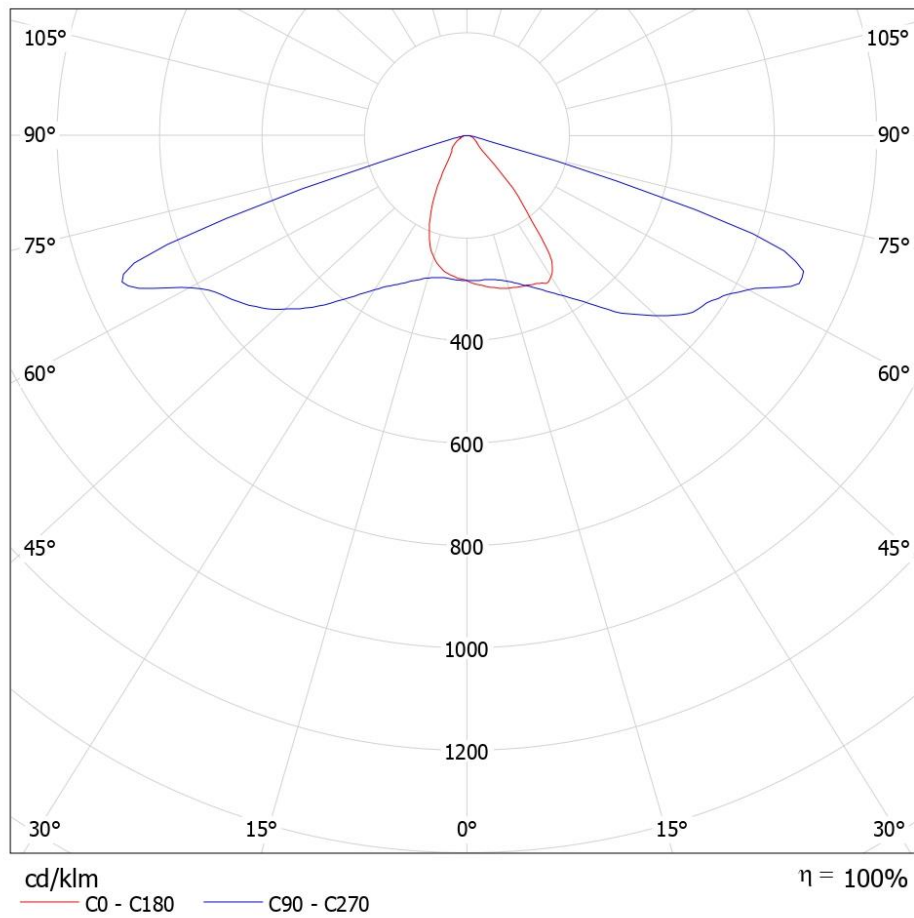
Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Av Barcelona(Vías colectoras)

DIALux

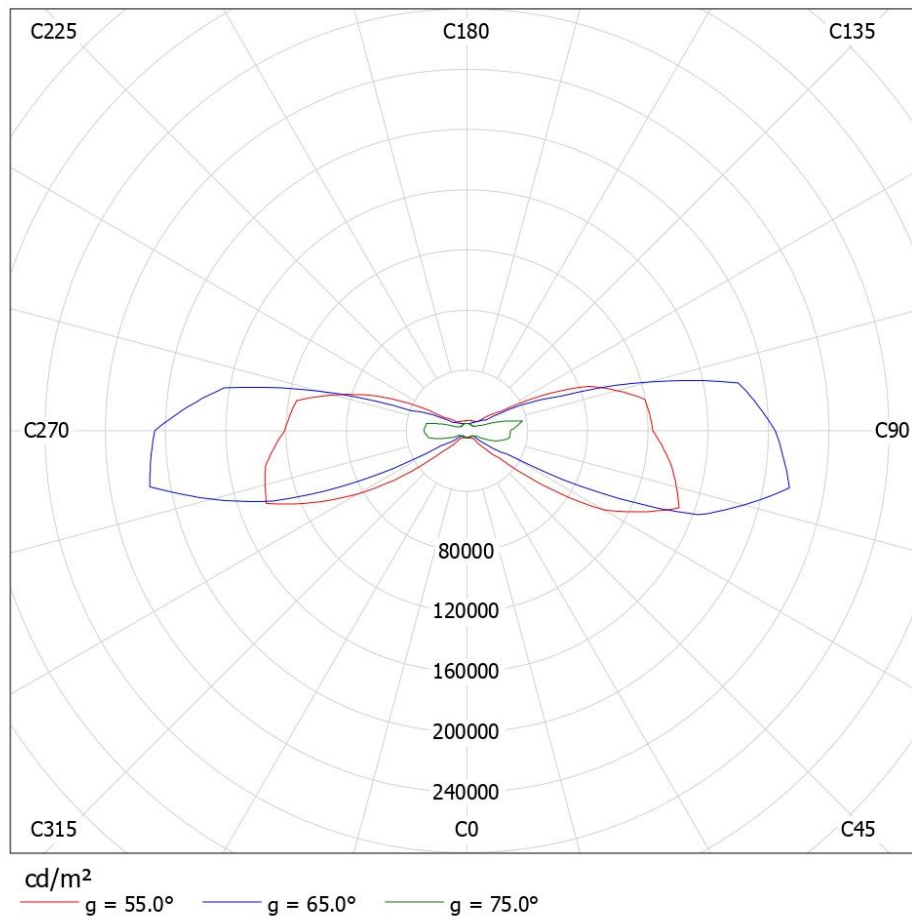
LED street lights 80W,4100K / CDL (Polar)

Luminaria: LED street lights 80W,4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR



LED street lights 80W,4100K / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: LED street lights 80W,4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR



LED street lights 80W,4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED street lights 80W,4100K
 Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 0°	C 15°	C 30°	C 45°	C 60°	C 75°	C 90°	C 105°	C 120°	C 135°
0.0°	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283
5.0°	293	293	292	291	290	287	284	282	281	280
10.0°	302	302	300	298	294	291	286	283	280	276
15.0°	309	308	307	306	305	302	294	289	281	271
20.0°	314	313	313	319	323	319	310	299	285	263
25.0°	319	319	324	337	348	342	331	314	289	250
30.0°	323	328	343	363	379	375	358	334	295	227
35.0°	279	300	344	397	421	425	396	361	296	193
40.0°	155	178	280	409	484	485	449	396	290	143
45.0°	40	56	147	347	543	553	496	433	265	90
50.0°	28	30	36	208	565	622	544	464	200	54
55.0°	23	23	24	81	485	665	571	477	117	41
60.0°	18	18	18	30	295	683	612	459	74	37
65.0°	15	15	15	18	108	648	697	427	49	29
70.0°	12	13	12	13	29	438	658	256	21	16
75.0°	9.38	9.26	9.14	10	15	50	60	50	12	10
80.0°	6.38	6.38	6.06	6.72	9.15	13	11	12	6.83	6.59
85.0°	2.58	3.06	3.10	3.15	4.15	4.72	3.56	4.52	3.34	3.44
90.0°	0.07	0.07	0.07	0.08	0.15	0.39	1.00	0.87	0.45	0.24

Valores en cd/klm

LED sreet lights 80W,4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED sreet lights 80W,4100K
 Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 150°	C 165°	C 180°	C 195°	C 210°	C 225°	C 240°	C 255°	C 270°	C 285°
0.0°	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283
5.0°	279	278	277	277	278	278	279	280	282	285
10.0°	272	269	267	267	269	271	275	278	282	286
15.0°	260	252	247	249	255	264	274	281	288	293
20.0°	242	224	215	219	233	253	275	290	301	308
25.0°	209	179	166	173	197	235	275	303	321	331
30.0°	166	131	116	125	152	206	274	320	346	361
35.0°	115	83	74	79	103	168	268	344	382	405
40.0°	70	54	50	53	66	122	250	374	432	465
45.0°	46	43	42	43	46	77	215	405	479	532
50.0°	40	38	37	38	40	50	151	426	524	599
55.0°	35	32	31	32	34	39	83	424	559	641
60.0°	28	25	23	24	27	34	54	399	599	651
65.0°	20	17	16	17	19	25	37	345	706	597
70.0°	13	13	13	13	13	15	18	203	622	350
75.0°	9.87	10	10	10	10	9.97	10	36	60	42
80.0°	6.69	6.59	6.50	6.58	6.62	6.34	6.06	9.82	11	11
85.0°	3.73	3.99	3.90	3.90	3.49	3.09	2.80	3.72	3.01	3.98
90.0°	0.21	0.14	0.08	0.13	0.11	0.16	0.49	0.95	0.76	0.64

Valores en cd/klm

LED street lights 80W,4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED street lights 80W,4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 300°	C 315°	C 330°	C 345°	C 360°
0.0°	283	283	283	283	283
5.0°	288	290	291	292	293
10.0°	290	295	299	301	302
15.0°	297	301	306	308	309
20.0°	312	310	311	313	314
25.0°	333	326	318	319	319
30.0°	362	351	338	327	323
35.0°	401	380	331	293	279
40.0°	461	379	239	171	155
45.0°	502	300	120	47	40
50.0°	503	157	33	29	28
55.0°	388	63	23	22	23
60.0°	212	25	18	18	18
65.0°	66	17	15	15	15
70.0°	24	13	12	12	12
75.0°	12	9.74	8.79	9.07	9.38
80.0°	8.13	6.17	5.81	6.18	6.38
85.0°	3.40	2.75	2.81	2.95	2.58
90.0°	0.31	0.09	0.07	0.07	0.07

Valores en cd/klm

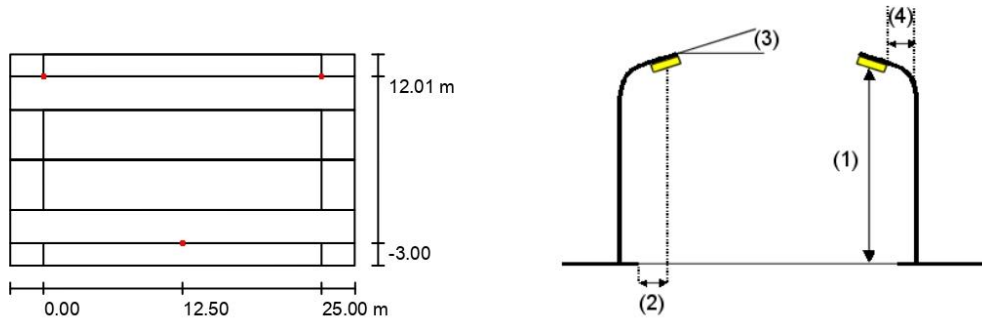
Av Barcelona / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2	(Anchura: 2.000 m)
Carril de estacionamiento 2	(Anchura: 3.000 m)
Calzada 2	(Anchura: 4.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Jardin	(Anchura: 0.010 m, Altura: 0.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 4.500 m, Cantidad de carriles de tránsito: 1, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Carril de estacionamiento 1	(Anchura: 3.000 m)
Camino peatonal 1	(Anchura: 2.000 m)

Factor mantenimiento: 0.67

Disposiciones de las luminarias



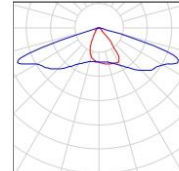
Luminaria:	LED street lights 80W,4100K
Flujo luminoso (Luminaria):	7441 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	7445 lm
Potencia de las luminarias:	80.2 W
Organización:	bilateral desplazado
Distancia entre mástiles:	25.000 m
Altura de montaje (1):	8.000 m
Altura del punto de luz:	8.000 m
Saliente sobre la calzada (2):	-3.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 749 cd/klm
 con 80°: 53 cd/klm
 con 90°: 9.38 cd/klm
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

Av Barcelona / Lista de luminarias

LED street lights 80W,4100K
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7441 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 7445 lm
Potencia de las luminarias: 80.2 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 45 80 99 100 99
Lámpara: 1 x rebel ES VSNR (Factor de corrección 1.000).

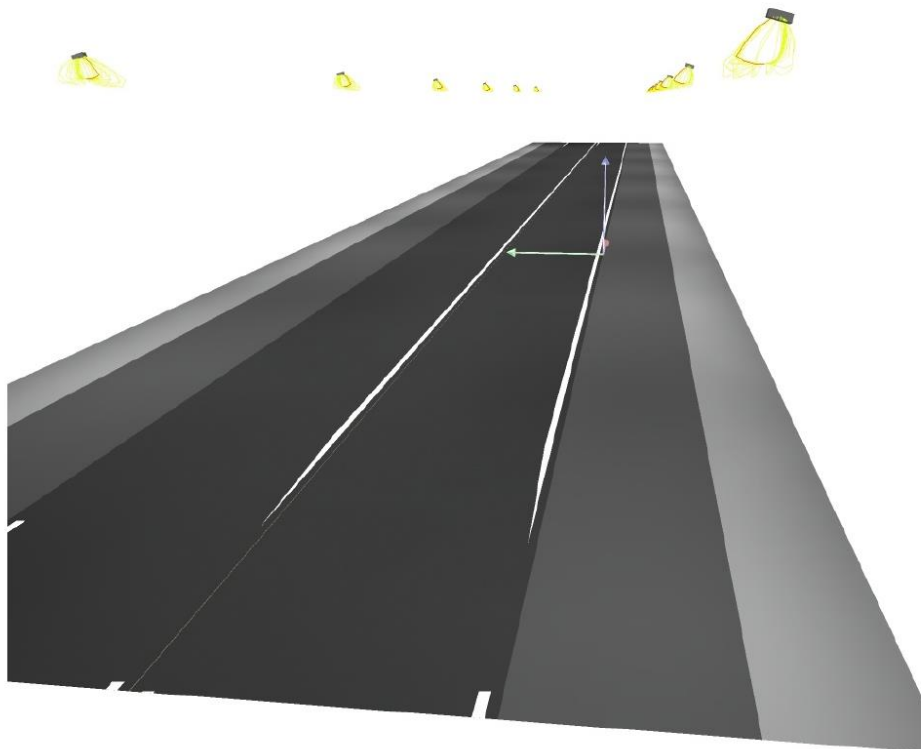
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Av Barcelona(Vías colectoras)

DIALux

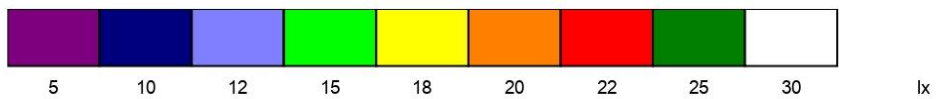
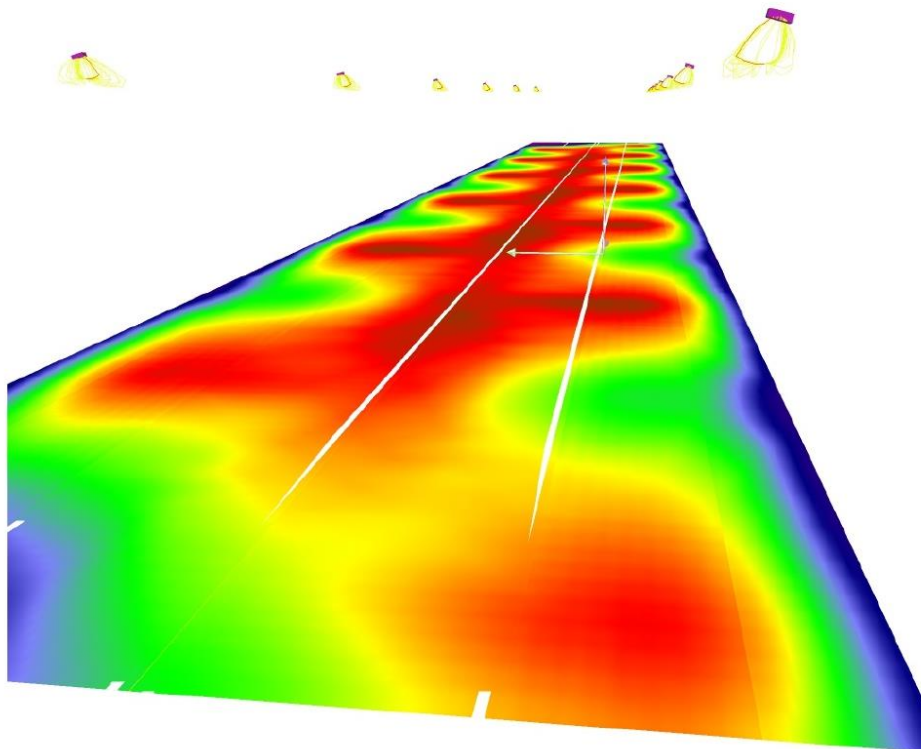
Av Barcelona / Rendering (procesado) en 3D



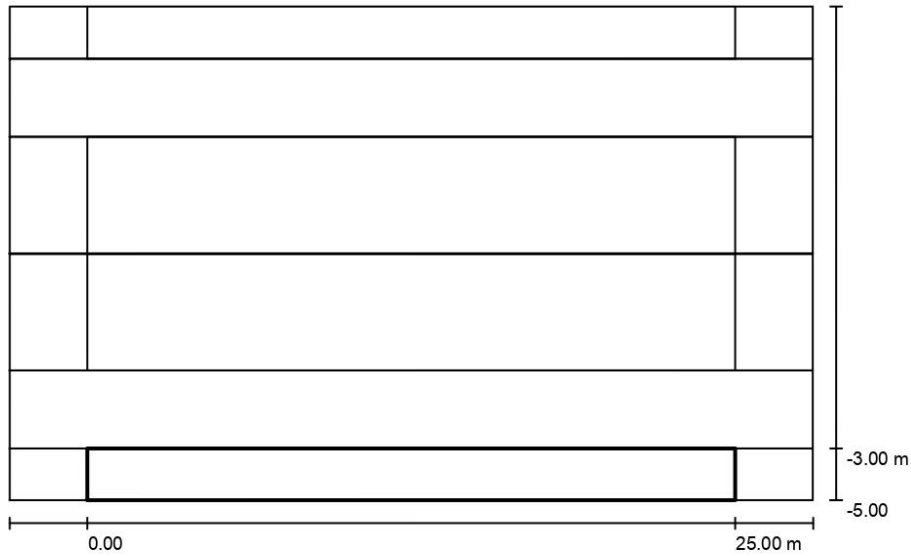
Av Barcelona(Vías colectoras)

DIALux

Av Barcelona / Rendering (procesado) de colores falsos



Av Barcelona / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:222

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1.

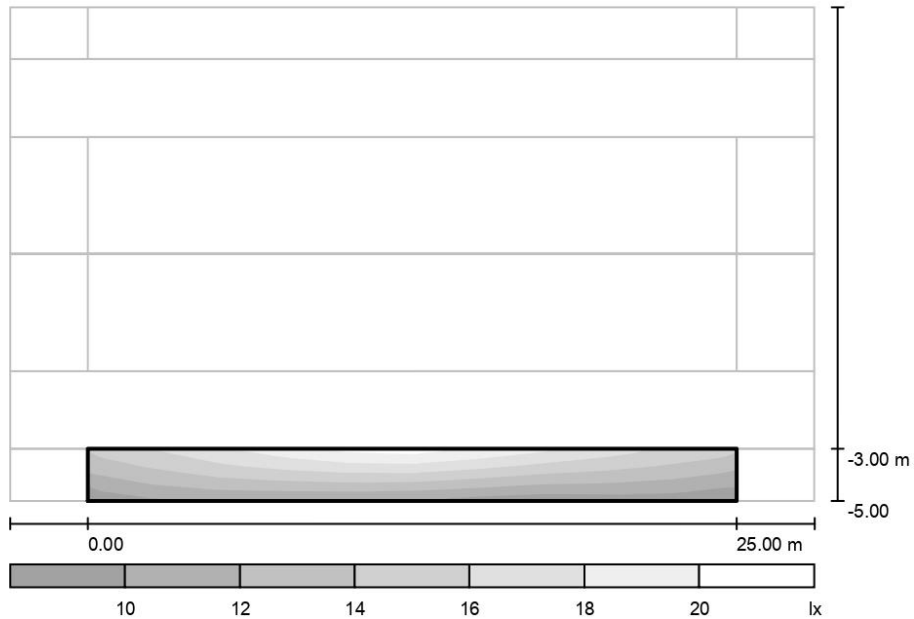
Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	14.00	0.70
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Av Barcelona(Vías colectoras)

DIALux

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 222

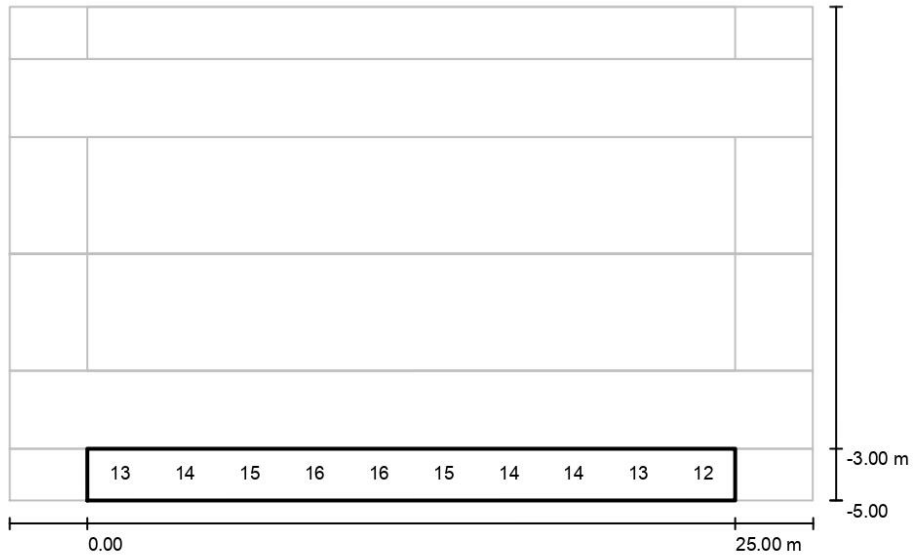
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	9.74	20	0.695	0.499

Av Barcelona(Vías colectoras)

DIALux

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Gráfico de valores (E)



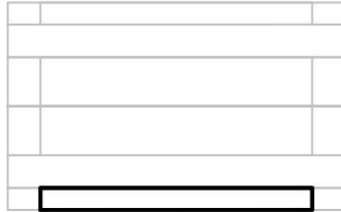
No pudieron representarse todos los valores calculados.

Valores en Lux, Escala 1 : 222

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	9.74	20	0.695	0.499

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 / Tabla (E)



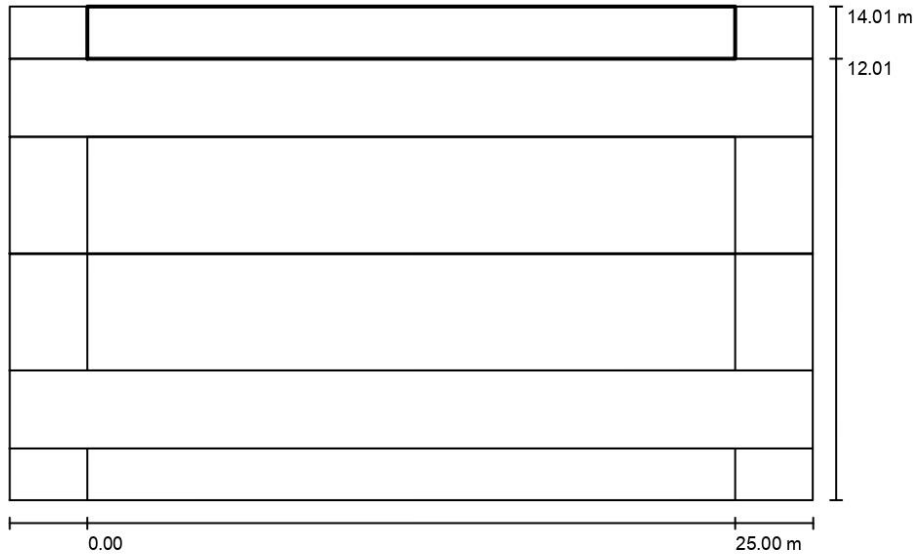
1.667	14	16	17	18	<u>20</u>	19	17	17	15	14
1.000	13	14	15	16	16	15	14	14	13	12
0.333	10	11	12	12	12	12	11	10	11	<u>9.74</u>
m	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	9.74	20	0.695	0.499

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:222

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.

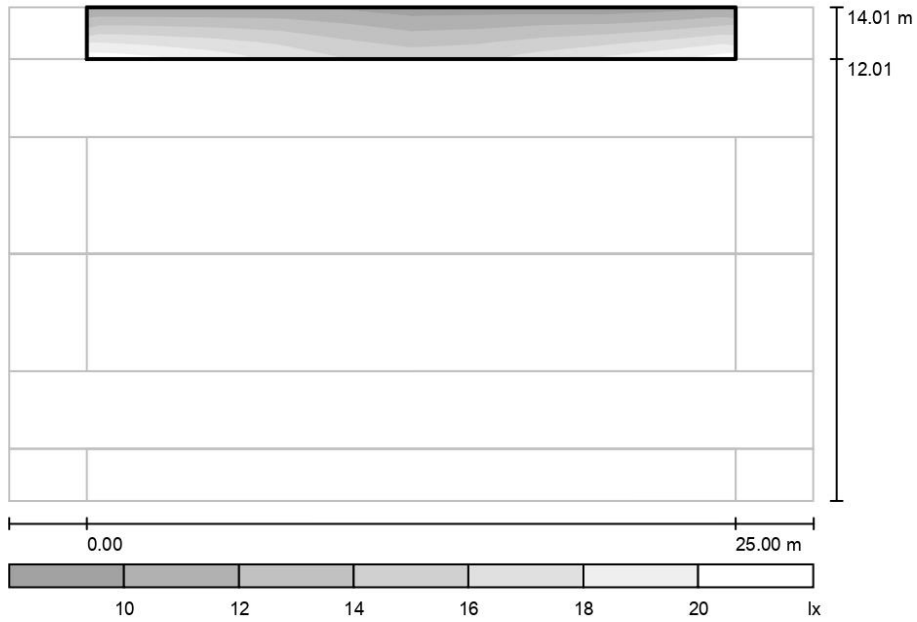
Clase de iluminación seleccionada: CE5 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	14.00	0.70
Valores de consigna según clase:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Av Barcelona(Vías colectoras)

DIALux

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Gama de grises (E)

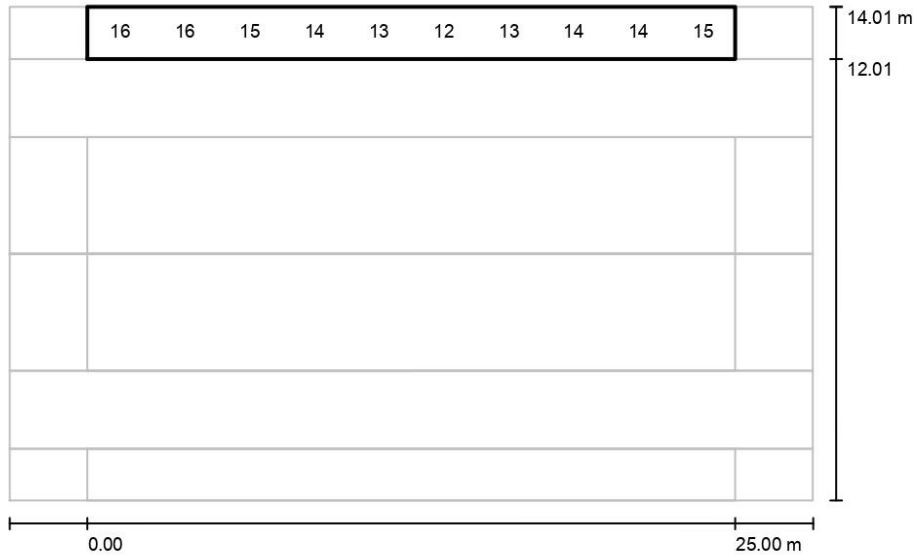


Escala 1 : 222

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	9.74	20	0.695	0.499

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 222

No pudieron representarse todos los valores calculados.

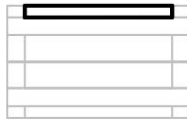
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	9.74	20	0.695	0.499

Av Barcelona(Vías colectoras)

DIALux

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Tabla (E)



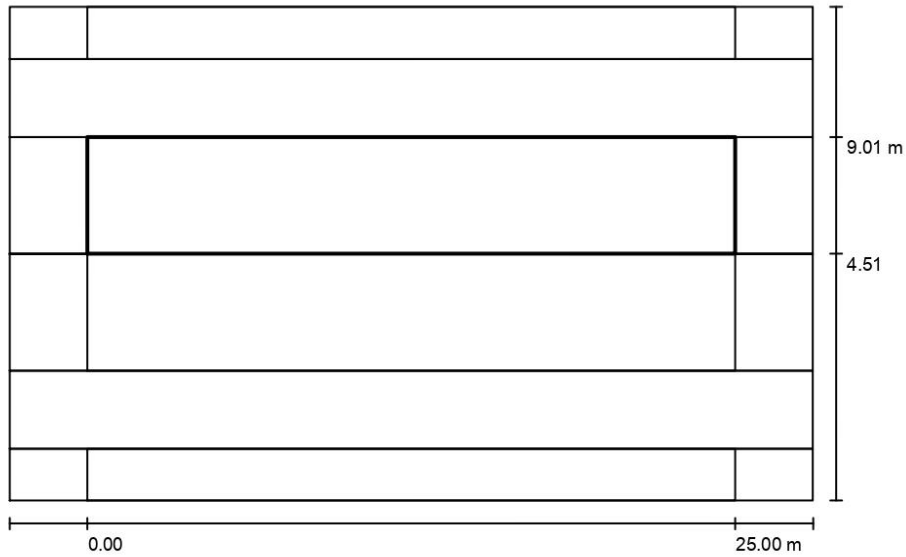
1.667	12	12	12	11	10	<u>9.74</u>	11	10	11	12
1.000	16	16	15	14	13	12	13	14	14	15
0.333	<u>20</u>	18	17	16	14	14	15	17	17	19
m	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
14	9.74	20	0.695	0.499

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:222

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 2.

Clase de iluminación seleccionada: CE3

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

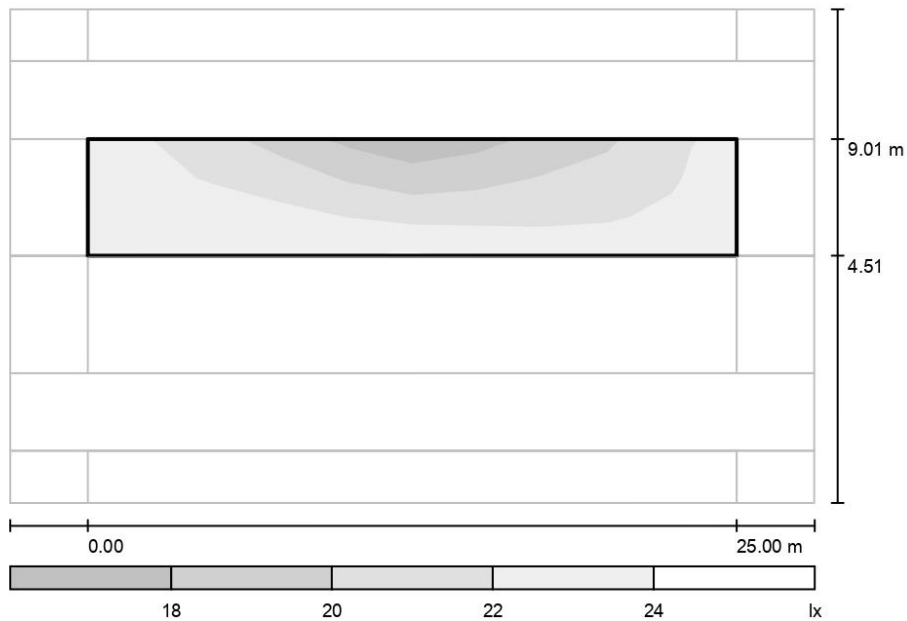
Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
21.52	0.82
≥ 15.00	≥ 0.40
✓	✓

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Gama de grises (E)

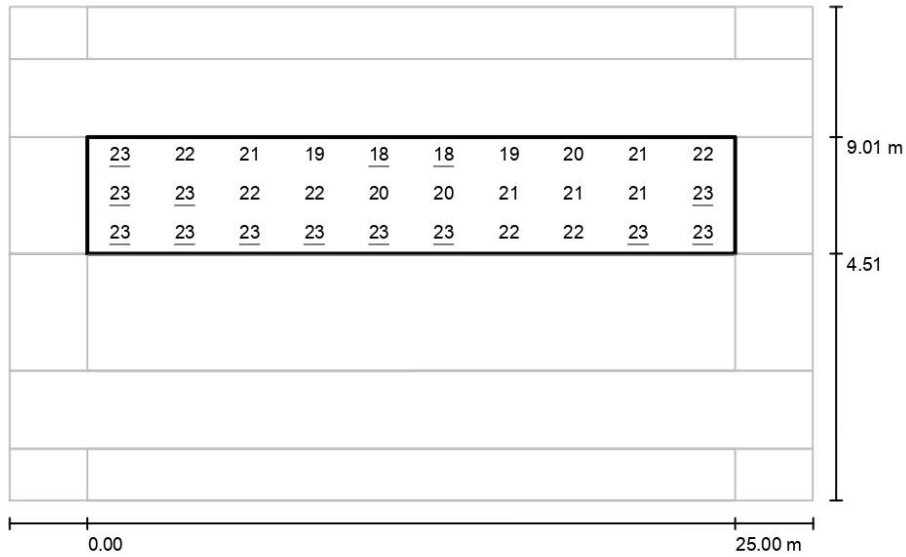


Escala 1 : 222

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
22	18	23	0.819	0.753

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Gráfico de valores (E)

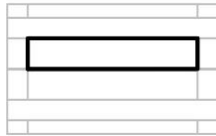


Valores en Lux, Escala 1 : 222

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
22	18	23	0.819	0.753

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Tabla (E)



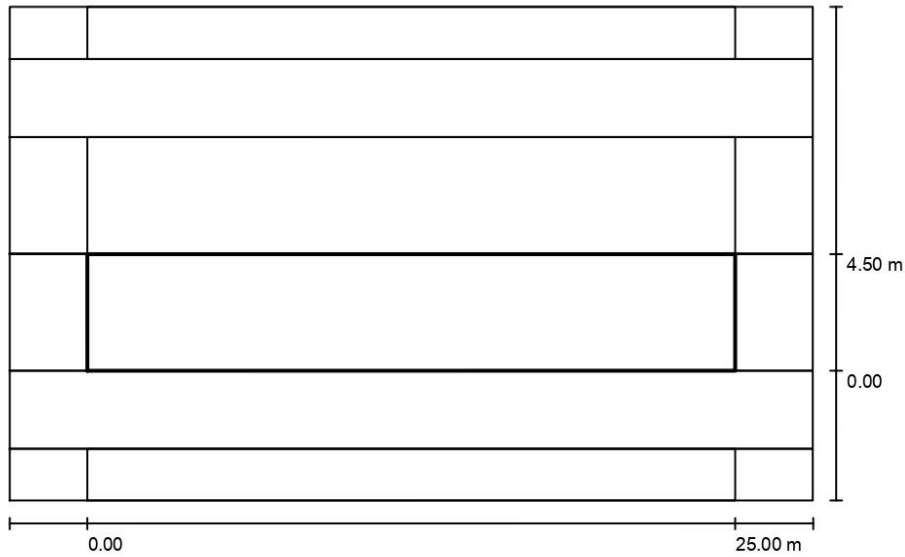
3.750	<u>23</u>	22	21	19	<u>18</u>	<u>18</u>	19	20	21	22
2.250	<u>23</u>	<u>23</u>	22	22	20	20	21	21	21	<u>23</u>
0.750	<u>23</u>	<u>23</u>	<u>23</u>	<u>23</u>	<u>23</u>	<u>23</u>	22	22	<u>23</u>	<u>23</u>
m	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
22	18	23	0.819	0.753

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:222

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE3

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

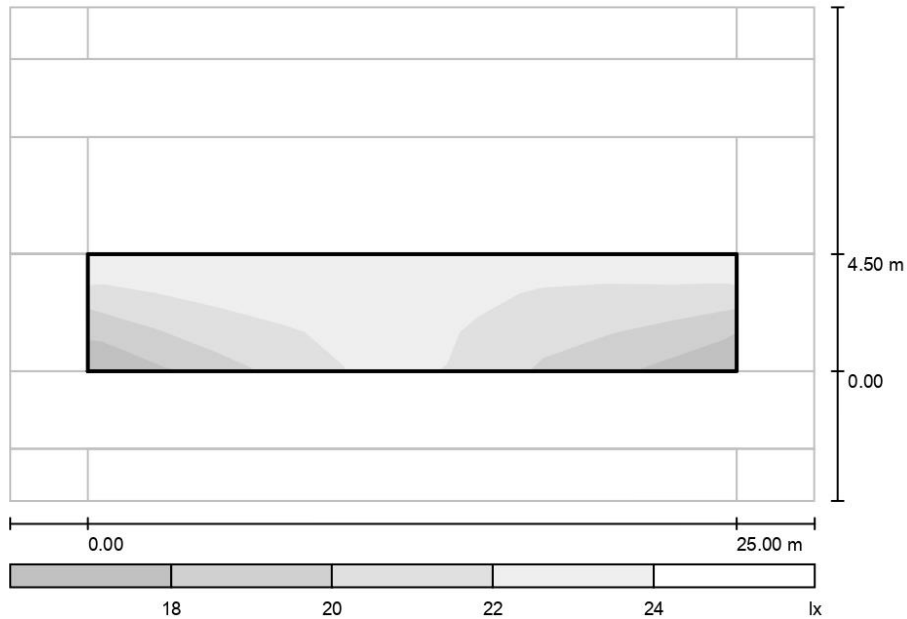
Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
21.52	0.82
≥ 15.00	≥ 0.40
✓	✓

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gama de grises (E)

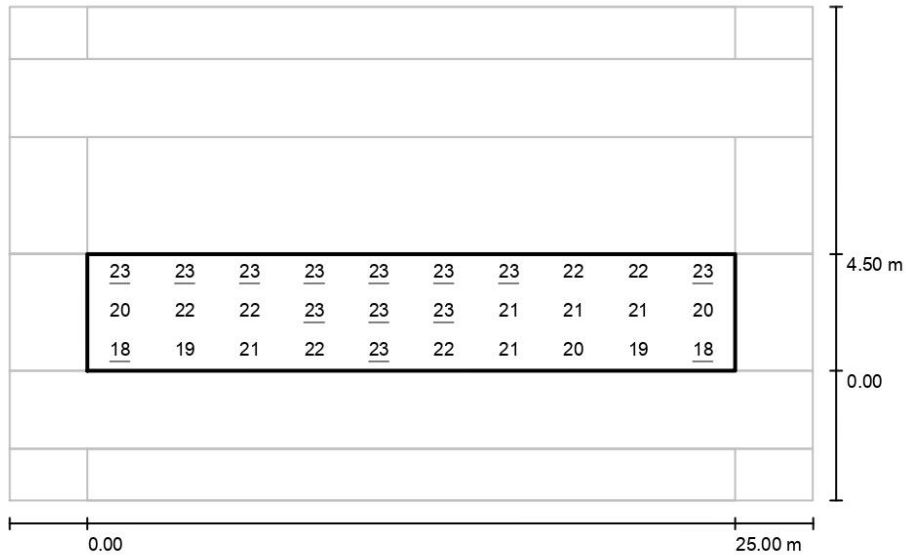


Escala 1 : 222

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
22	18	23	0.819	0.753

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 222

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]
22

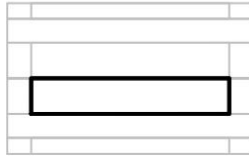
E_{min} [lx]
18

E_{max} [lx]
23

E_{min} / E_m
0.819

E_{min} / E_{max}
0.753

Av Barcelona / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Tabla (E)



3.750	<u>23</u>	<u>23</u>	<u>23</u>	<u>23</u>	<u>23</u>	<u>23</u>	<u>23</u>	22	22	<u>23</u>
2.250	20	22	22	<u>23</u>	<u>23</u>	<u>23</u>	21	21	21	20
0.750	<u>18</u>	19	21	22	<u>23</u>	22	21	20	19	<u>18</u>
m	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
22	18	23	0.819	0.753

Calle Navas de Tolosa (Vías peatonales)

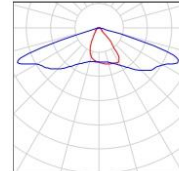
Índice

Calle Navas de Tolosa (Vías peatonales)	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
LED street lights 80W,4100K	
Hoja de datos de luminarias	4
LED street lights 80W,4100K	
CDL (Polar)	5
Diagrama de densidad lumínica	6
Tabla de intensidades lumínicas	7
Calle Navas de Tolosa	
Datos de planificación	10
Lista de luminarias	11
Rendering (procesado) en 3D	12
Rendering (procesado) de colores falsos	13
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Camino peatonal 2	
Sumario de los resultados	14
Gama de grises (E)	15
Gráfico de valores (E)	16
Tabla (E)	17

Calle Navas de Tolosa (Vías peatonales) / Lista de luminarias

8 Pieza LED street lights 80W,4100K
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7441 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 7445 lm
Potencia de las luminarias: 80.2 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 45 80 99 100 99
Lámpara: 1 x rebel ES VSNR (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

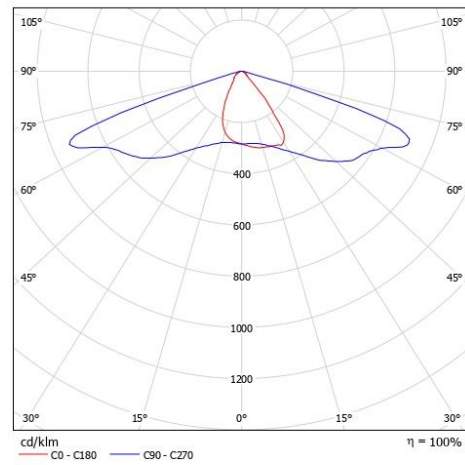


LED street lights 80W,4100K / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 45 80 99 100 99

Emisión de luz 1:



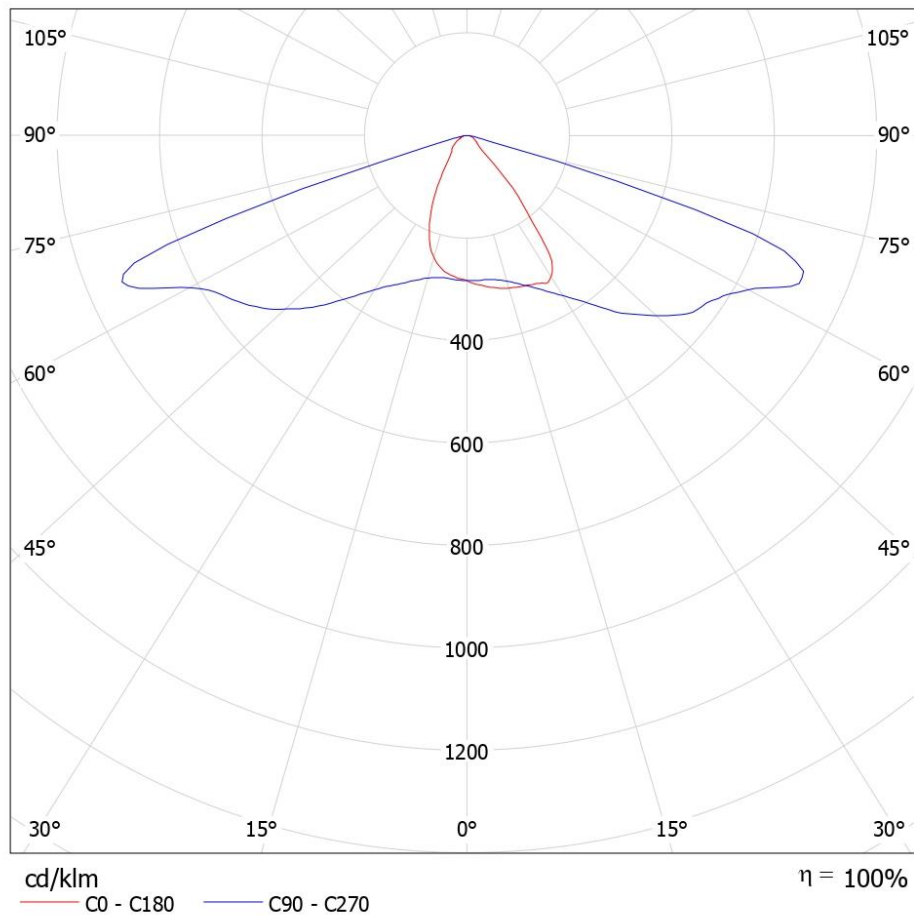
Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

Calle Navas de Tolosa (Vías peatonales)

DIALux

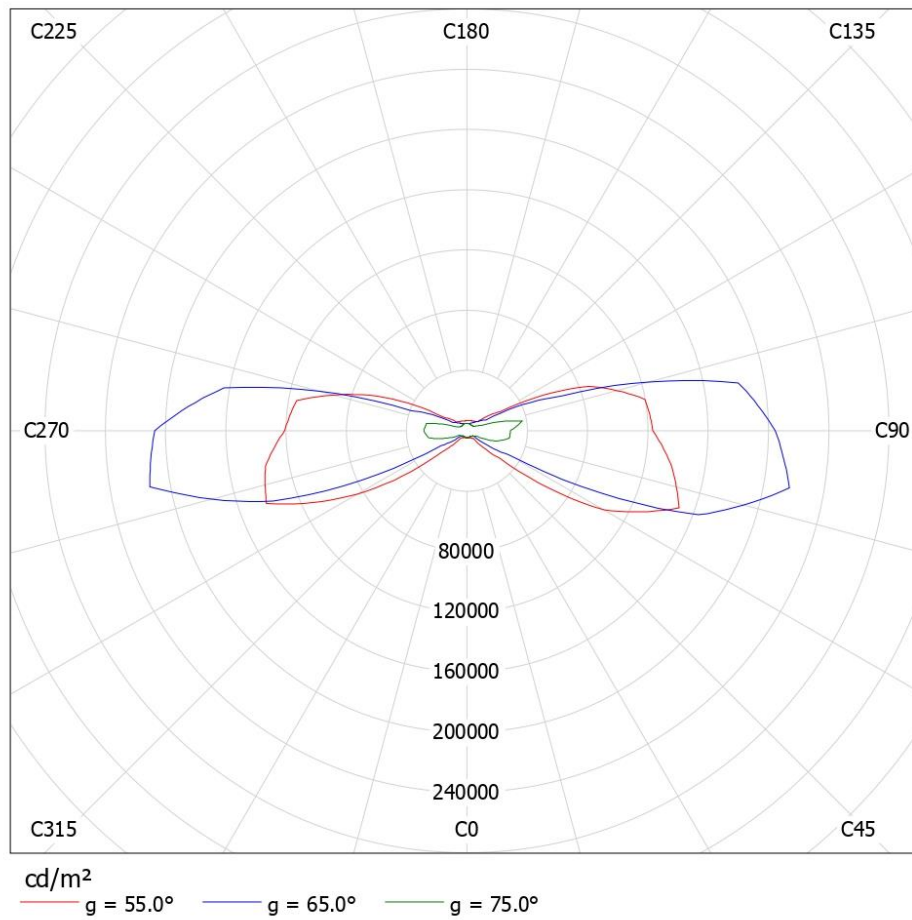
LED sreet lights 80W,4100K / CDL (Polar)

Luminaria: LED sreet lights 80W,4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR



LED street lights 80W,4100K / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: LED street lights 80W,4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR



LED street lights 80W,4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED street lights 80W,4100K
 Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 0°	C 15°	C 30°	C 45°	C 60°	C 75°	C 90°	C 105°	C 120°	C 135°
0.0°	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283
5.0°	293	293	292	291	290	287	284	282	281	280
10.0°	302	302	300	298	294	291	286	283	280	276
15.0°	309	308	307	306	305	302	294	289	281	271
20.0°	314	313	313	319	323	319	310	299	285	263
25.0°	319	319	324	337	348	342	331	314	289	250
30.0°	323	328	343	363	379	375	358	334	295	227
35.0°	279	300	344	397	421	425	396	361	296	193
40.0°	155	178	280	409	484	485	449	396	290	143
45.0°	40	56	147	347	543	553	496	433	265	90
50.0°	28	30	36	208	565	622	544	464	200	54
55.0°	23	23	24	81	485	665	571	477	117	41
60.0°	18	18	18	30	295	683	612	459	74	37
65.0°	15	15	15	18	108	648	697	427	49	29
70.0°	12	13	12	13	29	438	658	256	21	16
75.0°	9.38	9.26	9.14	10	15	50	60	50	12	10
80.0°	6.38	6.38	6.06	6.72	9.15	13	11	12	6.83	6.59
85.0°	2.58	3.06	3.10	3.15	4.15	4.72	3.56	4.52	3.34	3.44
90.0°	0.07	0.07	0.07	0.08	0.15	0.39	1.00	0.87	0.45	0.24

Valores en cd/klm

LED sreet lights 80W,4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED sreet lights 80W,4100K
 Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 150°	C 165°	C 180°	C 195°	C 210°	C 225°	C 240°	C 255°	C 270°	C 285°
0.0°	283	283	283	283	283	283	283	283	283	283
5.0°	279	278	277	277	278	278	279	280	282	285
10.0°	272	269	267	267	269	271	275	278	282	286
15.0°	260	252	247	249	255	264	274	281	288	293
20.0°	242	224	215	219	233	253	275	290	301	308
25.0°	209	179	166	173	197	235	275	303	321	331
30.0°	166	131	116	125	152	206	274	320	346	361
35.0°	115	83	74	79	103	168	268	344	382	405
40.0°	70	54	50	53	66	122	250	374	432	465
45.0°	46	43	42	43	46	77	215	405	479	532
50.0°	40	38	37	38	40	50	151	426	524	599
55.0°	35	32	31	32	34	39	83	424	559	641
60.0°	28	25	23	24	27	34	54	399	599	651
65.0°	20	17	16	17	19	25	37	345	706	597
70.0°	13	13	13	13	13	15	18	203	622	350
75.0°	9.87	10	10	10	10	9.97	10	36	60	42
80.0°	6.69	6.59	6.50	6.58	6.62	6.34	6.06	9.82	11	11
85.0°	3.73	3.99	3.90	3.90	3.49	3.09	2.80	3.72	3.01	3.98
90.0°	0.21	0.14	0.08	0.13	0.11	0.16	0.49	0.95	0.76	0.64

Valores en cd/klm

LED street lights 80W,4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED street lights 80W,4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 300°	C 315°	C 330°	C 345°	C 360°
0.0°	283	283	283	283	283
5.0°	288	290	291	292	293
10.0°	290	295	299	301	302
15.0°	297	301	306	308	309
20.0°	312	310	311	313	314
25.0°	333	326	318	319	319
30.0°	362	351	338	327	323
35.0°	401	380	331	293	279
40.0°	461	379	239	171	155
45.0°	502	300	120	47	40
50.0°	503	157	33	29	28
55.0°	388	63	23	22	23
60.0°	212	25	18	18	18
65.0°	66	17	15	15	15
70.0°	24	13	12	12	12
75.0°	12	9.74	8.79	9.07	9.38
80.0°	8.13	6.17	5.81	6.18	6.38
85.0°	3.40	2.75	2.81	2.95	2.58
90.0°	0.31	0.09	0.07	0.07	0.07

Valores en cd/klm

Calle Navas de Tolosa / Datos de planificación

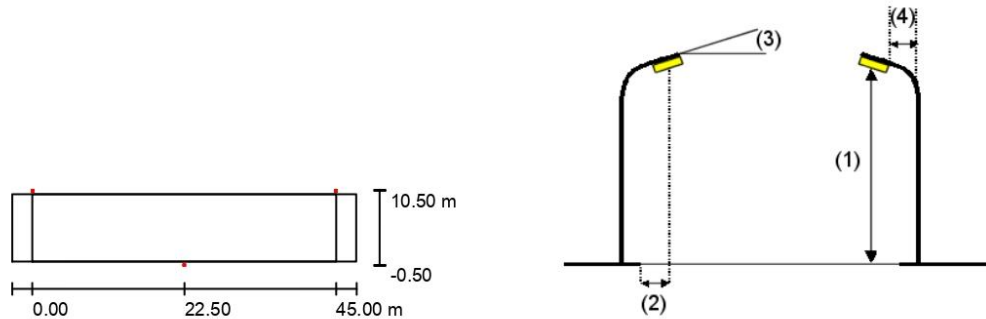
Perfil de la vía pública

Camino peatonal 2

(Anchura: 10.000 m)

Factor mantenimiento: 0.67

Disposiciones de las luminarias



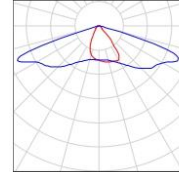
Luminaria: LED sreet lights 80W,4100K
 Flujo luminoso (Luminaria): 7441 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 7445 lm
 Potencia de las luminarias: 80.2 W
 Organización: bilateral desplazado
 Distancia entre mástiles: 45.000 m
 Altura de montaje (1): 9.000 m
 Altura del punto de luz: 9.000 m
 Saliente sobre la calzada (2): -0.500 m
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 749 cd/klm
 con 80°: 53 cd/klm
 con 90°: 9.38 cd/klm
 Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

Calle Navas de Tolosa / Lista de luminarias

LED street lights 80W,4100K
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7441 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 7445 lm
Potencia de las luminarias: 80.2 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 45 80 99 100 99
Lámpara: 1 x rebel ES VSNR (Factor de corrección 1.000).

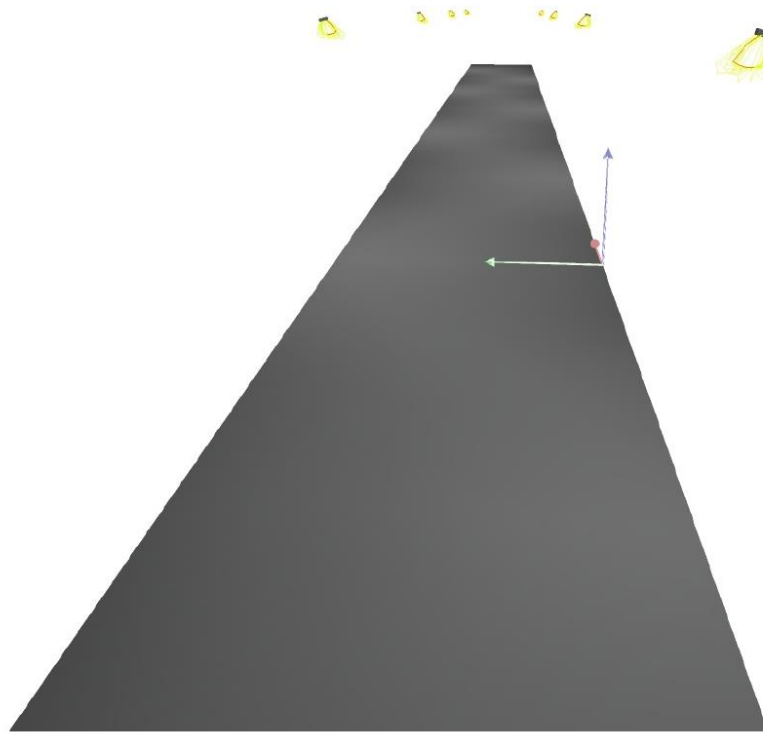
Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Calle Navas de Tolosa (Vías peatonales)

DIALux

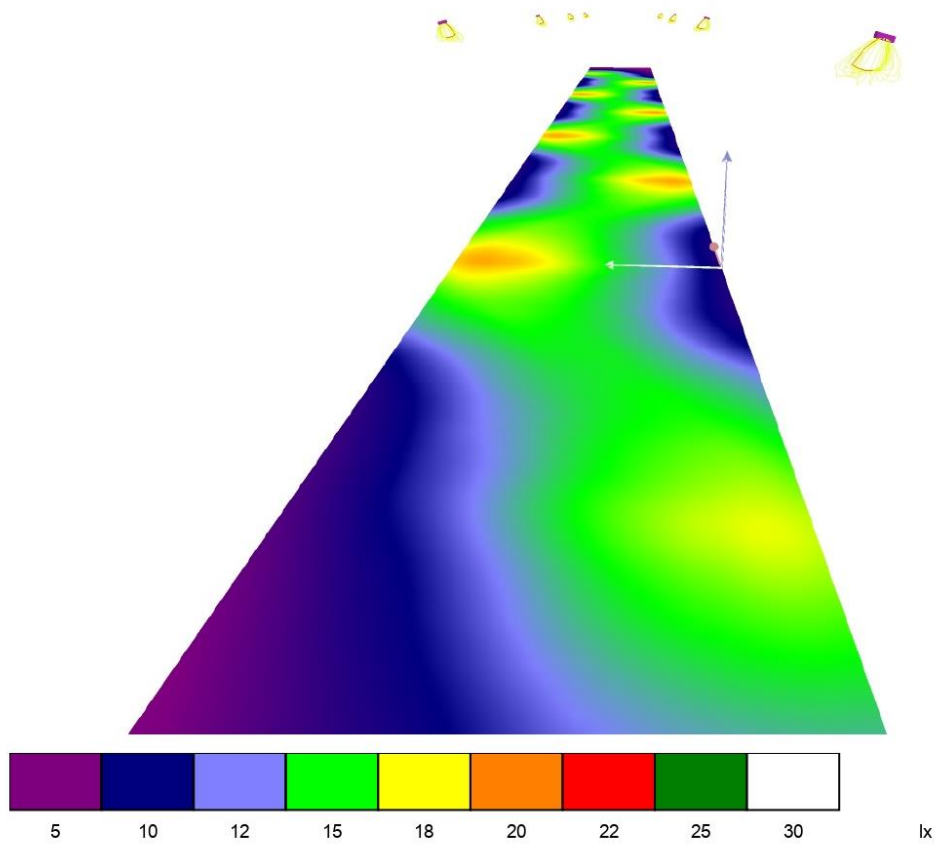
Calle Navas de Tolosa / Rendering (procesado) en 3D



Calle Navas de Tolosa (Vías peatonales)

DIALux

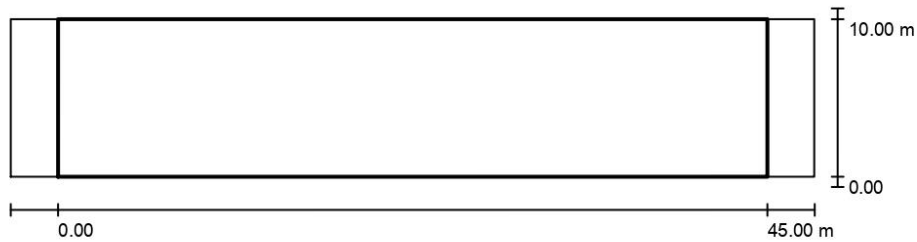
Calle Navas de Tolosa / Rendering (procesado) de colores falsos



Calle Navas de Tolosa (Vías peatonales)

DIALux

Calle Navas de Tolosa / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:365

Trama: 15 x 7 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2.

Clase de iluminación seleccionada: S2

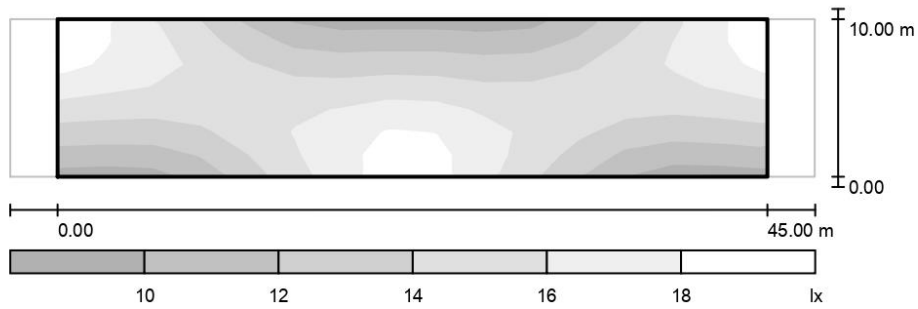
(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	E_{min} [lx]
Valores reales según cálculo:	14.50	9.80
Valores de consigna según clase:	≥ 10.00	≥ 3.00
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Calle Navas de Tolosa (Vías peatonales)

DIALux

Calle Navas de Tolosa / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 365

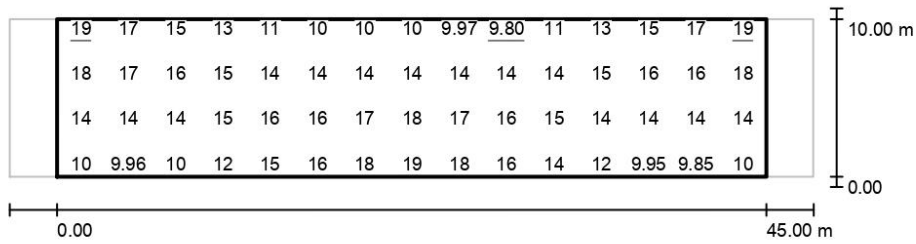
Trama: 15 x 7 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	9.80	19	0.676	0.505

Calle Navas de Tolosa (Vías peatonales)

DIALux

Calle Navas de Tolosa / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Gráfico de valores (E)



No pudieron representarse todos los valores calculados.

Valores en Lux, Escala 1 : 365

Trama: 15 x 7 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	9.80	19	0.676	0.505

Calle Navas de Tolosa / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Tabla (E)

sección actual
 otras secciones



9.286	<u>19</u>	17	15	13	11	10	10	10	9.97	<u>9.80</u>
7.857	<u>19</u>	18	16	15	13	12	12	12	12	12
6.429	18	17	16	15	14	14	14	14	14	14
5.000	16	15	15	15	15	15	16	16	15	15
3.571	14	14	14	15	16	16	17	18	17	16
2.143	12	12	12	14	15	17	18	<u>19</u>	18	16
0.714	10	9.96	10	12	15	16	18	<u>19</u>	18	16
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 15 x 7 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
15	9.80	19	0.676	0.505

Calle Navas de Tolosa (Vías peatonales)



Calle Navas de Tolosa / Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 / Tabla (E)

sección actual
 otras secciones



9.286	11	13	15	17	<u>19</u>
7.857	12	14	16	17	<u>19</u>
6.429	14	15	16	16	18
5.000	15	15	15	15	16
3.571	15	14	14	14	14
2.143	15	13	12	12	12
0.714	14	12	9.95	9.85	10
m	31.500	34.500	37.500	40.500	43.500

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 15 x 7 Puntos

E_m [lx]
15

E_{min} [lx]
9.80

E_{max} [lx]
19

E_{min} / E_m
0.676

E_{min} / E_{max}
0.505

Ctra N-323A (Vías de conexión)

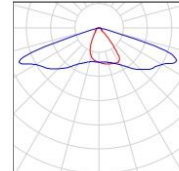
Índice

Ctra N-323A (Vías de conexión)	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
LED street lights 200W,4100K	
Hoja de datos de luminarias	4
LED street lights 200W,4100K	
CDL (Polar)	5
Diagrama de densidad lumínica	6
Tabla de intensidades lumínicas	7
LED street lights 160W,4100K	
Hoja de datos de luminarias	10
LED street lights 160W,4100K	
CDL (Polar)	11
Diagrama de densidad lumínica	12
Tabla de intensidades lumínicas	13
Ctra N-323A	
Datos de planificación	16
Lista de luminarias	18
Rendering (procesado) en 3D	19
Rendering (procesado) de colores falsos	20
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 2	
Sumario de los resultados	21
Gama de grises (E)	22
Gráfico de valores (E)	23
Tabla (E)	24
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Sumario de los resultados	25
Gama de grises (E)	26
Gráfico de valores (E)	27
Tabla (E)	28
Recuadro de evaluación Vía de escape 1	
Sumario de los resultados	29
Gama de grises (E)	30
Gráfico de valores (E)	31
Tabla (E)	32
Recuadro de evaluación Vía de escape 2	
Sumario de los resultados	33
Gama de grises (E)	34
Gráfico de valores (E)	35
Tabla (E)	36

Ctra N-323A (Vías de conexión) / Lista de luminarias

18 Pieza LED street lights 160W,4100K
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 14619 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 14627 lm
Potencia de las luminarias: 156.5 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 45 80 99 100 99
Lámpara: 1 x rebel ES VSNR (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

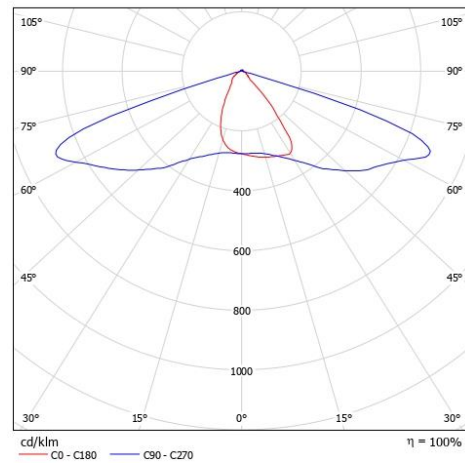


LED street lights 200W \approx 4100K / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Clasificación luminarias según CIE: 99
Código CIE Flux: 44 80 99 99 99

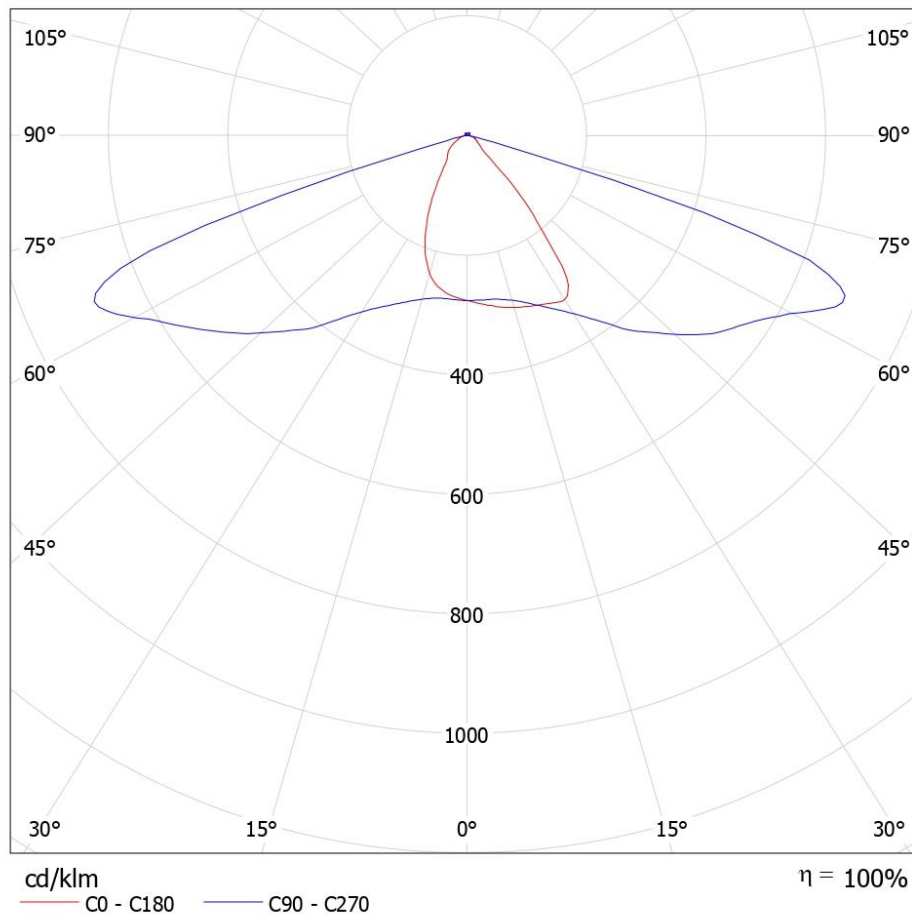
Emisión de luz 1:



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

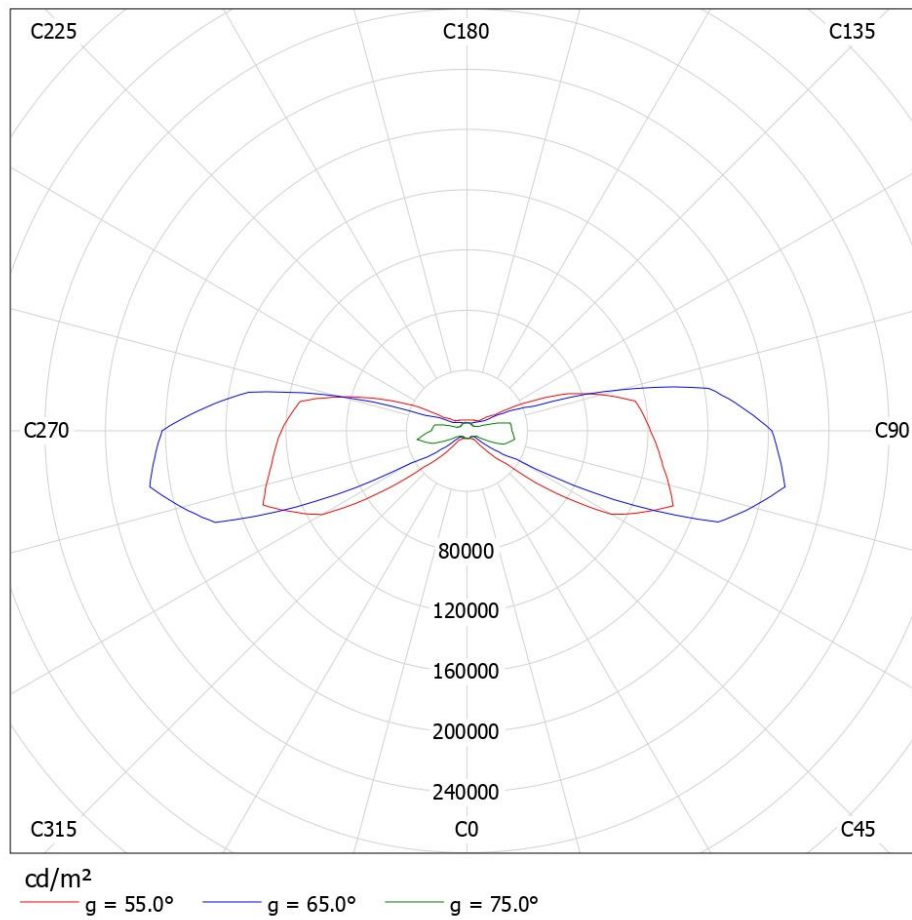
LED street lights 200W \approx 4100K / CDL (Polar)

Luminaria: LED street lights 200W \approx 4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR



LED street lights 200W-4100K / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: LED street lights 200W-4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR



LED sreet lights 200W£-4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED sreet lights 200W£-4100K
 Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 0°	C 15°	C 30°	C 45°	C 60°	C 75°	C 90°	C 105°	C 120°	C 135°
0.0°	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
5.0°	283	283	282	281	280	278	276	275	274	273
10.0°	291	291	289	287	284	282	278	276	273	269
15.0°	298	298	296	295	294	290	285	281	273	264
20.0°	304	304	304	308	309	306	299	290	276	255
25.0°	311	312	315	325	331	326	317	304	280	238
30.0°	320	323	334	350	361	355	342	323	280	212
35.0°	292	307	347	385	403	400	377	346	274	174
40.0°	171	194	301	409	462	457	426	373	258	124
45.0°	55	73	162	362	531	517	469	399	221	78
50.0°	31	32	41	233	570	583	517	420	157	52
55.0°	24	25	27	94	505	633	555	422	96	43
60.0°	19	20	20	34	320	662	604	401	66	38
65.0°	16	17	16	19	127	658	680	354	43	27
70.0°	14	14	13	14	32	494	609	201	19	15
75.0°	10	10	9.86	11	15	60	62	39	11	11
80.0°	6.32	6.35	6.25	7.09	9.55	13	11	10	6.95	7.01
85.0°	1.99	2.37	2.34	2.66	3.85	4.44	3.57	4.14	3.31	3.46
90.0°	0.08	0.08	0.28	0.10	0.17	0.39	1.05	0.98	0.59	0.23

Valores en cd/klm

LED sreet lights 200W£-4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED sreet lights 200W£-4100K
 Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 150°	C 165°	C 180°	C 195°	C 210°	C 225°	C 240°	C 255°	C 270°	C 285°
0.0°	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
5.0°	271	271	270	270	271	272	273	274	275	277
10.0°	265	262	260	261	263	266	270	273	276	279
15.0°	253	244	239	242	249	259	269	277	283	287
20.0°	231	213	204	210	225	247	270	286	296	302
25.0°	197	169	158	166	189	228	270	299	314	323
30.0°	154	122	109	119	146	198	266	316	338	352
35.0°	104	78	71	78	99	160	257	339	376	397
40.0°	65	55	52	55	65	115	236	365	423	457
45.0°	47	46	46	47	49	73	197	389	466	512
50.0°	43	41	40	41	43	51	132	403	514	577
55.0°	37	34	32	34	37	44	80	396	562	628
60.0°	29	25	24	25	29	38	57	366	615	663
65.0°	20	18	18	18	20	26	36	297	680	658
70.0°	14	14	14	14	14	15	18	160	564	478
75.0°	11	11	11	11	11	11	11	29	49	59
80.0°	7.26	7.28	7.02	7.33	7.43	7.09	6.59	9.60	9.83	12
85.0°	3.61	3.92	3.65	3.89	3.56	3.34	3.16	3.94	3.12	4.11
90.0°	0.18	0.16	0.11	0.18	0.18	0.20	0.56	0.98	0.77	0.61

Valores en cd/klm

LED street lights 200W-4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED street lights 200W-4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 300°	C 315°	C 330°	C 345°	C 360°
0.0°	276	276	276	276	276
5.0°	279	280	282	282	283
10.0°	282	285	288	290	291
15.0°	290	292	295	297	298
20.0°	305	303	301	303	304
25.0°	327	320	311	310	311
30.0°	356	345	329	320	320
35.0°	398	378	339	303	292
40.0°	458	396	286	190	171
45.0°	520	349	156	70	55
50.0°	557	230	41	32	31
55.0°	507	104	26	24	24
60.0°	346	39	19	19	19
65.0°	143	20	16	17	16
70.0°	38	14	13	14	14
75.0°	16	11	9.68	10	10
80.0°	9.08	6.89	6.06	6.28	6.32
85.0°	3.65	2.53	2.21	2.47	1.99
90.0°	0.27	0.10	0.08	0.08	0.08

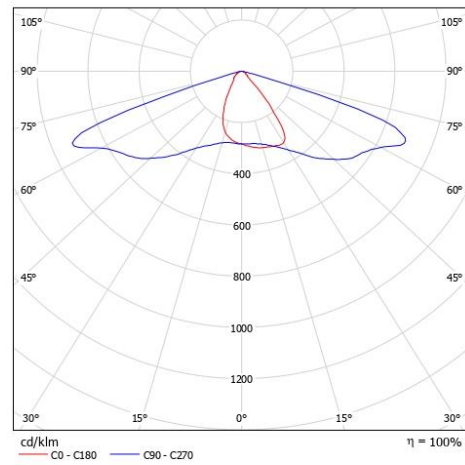
Valores en cd/klm

LED street lights 160W,4100K / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 45 80 99 100 99

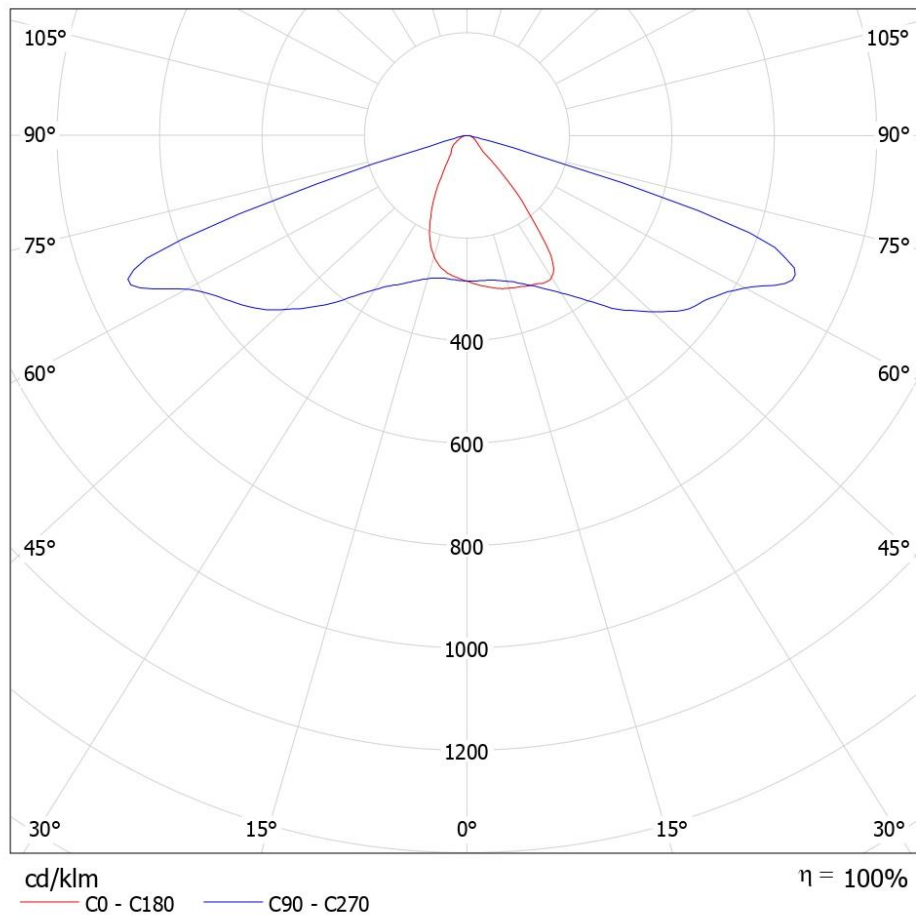
Emisión de luz 1:



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

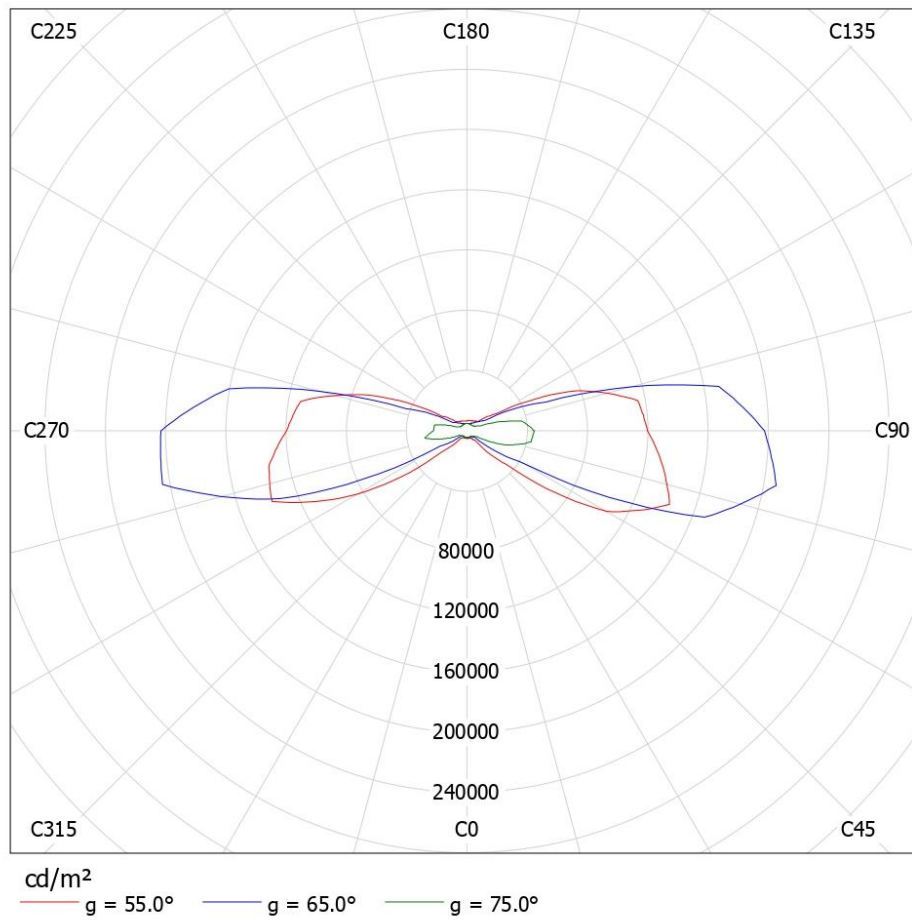
LED sreet lights 160W,4100K / CDL (Polar)

Luminaria: LED sreet lights 160W,4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR



LED street lights 160W,4100K / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: LED street lights 160W,4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR



LED street lights 160W,4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED street lights 160W,4100K
 Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 0°	C 15°	C 30°	C 45°	C 60°	C 75°	C 90°	C 105°	C 120°	C 135°
0.0°	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284
5.0°	294	293	292	291	289	287	285	283	281	280
10.0°	302	302	300	298	295	291	287	283	280	275
15.0°	309	308	307	307	305	300	295	288	280	270
20.0°	314	313	314	319	322	317	308	298	283	261
25.0°	320	320	325	337	345	339	326	312	287	246
30.0°	325	329	343	363	376	371	352	331	289	222
35.0°	286	306	349	396	420	418	389	357	288	186
40.0°	165	194	300	415	480	478	440	389	278	135
45.0°	45	73	161	369	541	539	486	421	246	84
50.0°	30	32	43	242	569	604	533	448	179	53
55.0°	24	24	27	106	504	646	564	453	106	42
60.0°	19	19	19	40	335	667	604	431	69	37
65.0°	16	16	16	20	145	652	684	391	47	28
70.0°	13	13	12	14	37	480	640	239	21	16
75.0°	9.50	9.47	9.40	11	17	74	95	50	12	11
80.0°	6.23	6.36	6.15	7.09	9.65	13	11	13	7.08	6.81
85.0°	1.87	2.44	2.57	3.18	4.33	4.82	3.78	4.67	3.46	3.42
90.0°	0.08	0.07	0.08	0.09	0.17	0.40	1.00	0.87	0.47	0.26

Valores en cd/klm

LED sreet lights 160W,4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED sreet lights 160W,4100K
 Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 150°	C 165°	C 180°	C 195°	C 210°	C 225°	C 240°	C 255°	C 270°	C 285°
0.0°	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284
5.0°	278	277	277	277	277	278	279	281	283	285
10.0°	271	268	266	266	268	271	275	279	283	287
15.0°	258	250	246	247	254	264	274	282	289	295
20.0°	238	220	212	217	231	253	275	291	303	310
25.0°	205	177	164	172	197	235	276	304	322	332
30.0°	161	127	114	123	152	207	274	320	345	362
35.0°	110	81	73	79	103	169	269	345	383	406
40.0°	68	54	51	54	66	123	254	375	431	465
45.0°	46	44	43	44	47	79	219	405	479	529
50.0°	41	39	38	39	40	52	156	426	526	595
55.0°	36	33	31	32	34	41	92	426	563	638
60.0°	29	25	23	24	27	35	60	403	606	646
65.0°	20	17	17	17	19	25	38	352	704	584
70.0°	13	13	13	14	14	15	18	205	591	352
75.0°	10	10	10	10	10	10	11	31	47	46
80.0°	6.80	6.58	6.26	6.54	6.63	6.43	6.28	9.98	10	11
85.0°	3.50	3.68	3.49	3.57	3.18	2.96	2.89	3.80	3.05	3.90
90.0°	0.19	0.14	0.10	0.13	0.11	0.18	0.54	0.97	0.77	0.62

Valores en cd/klm

LED street lights 160W,4100K / Tabla de intensidades lumínicas

Luminaria: LED street lights 160W,4100K
Lámparas: 1 x rebel ES VSNR

Gamma	C 300°	C 315°	C 330°	C 345°	C 360°
0.0°	284	284	284	284	284
5.0°	288	290	292	293	294
10.0°	291	295	299	301	302
15.0°	299	302	305	308	309
20.0°	314	311	310	313	314
25.0°	335	327	318	319	320
30.0°	364	352	334	326	325
35.0°	405	379	331	297	286
40.0°	459	379	255	180	165
45.0°	503	304	128	60	45
50.0°	506	167	35	31	30
55.0°	396	66	24	24	24
60.0°	216	26	19	19	19
65.0°	71	17	15	16	16
70.0°	24	13	12	13	13
75.0°	13	9.95	8.93	9.19	9.50
80.0°	8.12	6.19	5.80	6.09	6.23
85.0°	3.34	2.39	2.09	2.24	1.87
90.0°	0.29	0.10	0.07	0.07	0.08

Valores en cd/klm

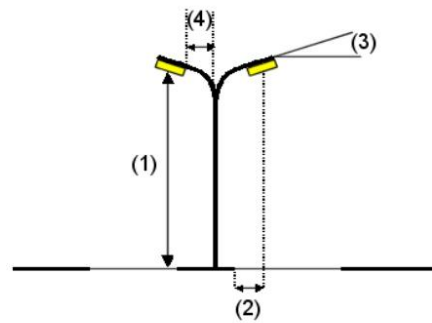
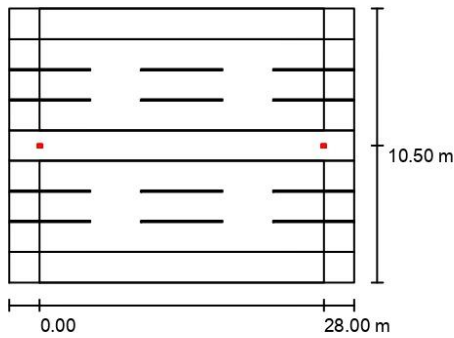
Ctra N-323A / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Vía de escape 2	(Anchura: 3.000 m)
Calzada 2	(Anchura: 9.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén central 1	(Anchura: 3.000 m, Altura: 0.000 m)
Calzada 1	(Anchura: 9.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 3, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Vía de escape 1	(Anchura: 3.000 m)

Factor mantenimiento: 0.67

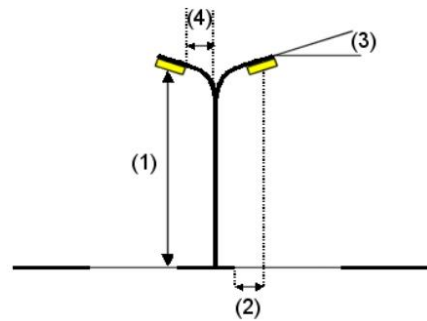
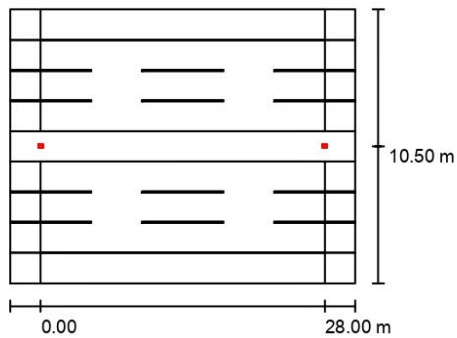
Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	LED street lights 160W,4100K	Valores máximos de la intensidad lumínica
Flujo luminoso (Luminaria):	14619 lm	con 70°: 665 cd/klm
Flujo luminoso (Lámparas):	14627 lm	con 80°: 44 cd/klm
Potencia de las luminarias:	156.5 W	con 90°: 10 cd/klm
Organización:	sobre arcén central	Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).
Distancia entre mástiles:	28.000 m	La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.
Altura de montaje (1):	12.000 m	La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.
Altura del punto de luz:	12.000 m	
Saliente sobre la calzada (2):	-1.500 m	
Inclinación del brazo (3):	0.0 °	
Longitud del brazo (4):	0.000 m	

Ctra N-323A / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	LED sreet lights 160W,4100K
Flujo luminoso (Luminaria):	14619 lm
Flujo luminoso (Lámparas):	14627 lm
Potencia de las luminarias:	156.5 W
Organización:	sobre arcén central
Distancia entre mástiles:	28.000 m
Altura de montaje (1):	12.000 m
Altura del punto de luz:	12.000 m
Saliente sobre la calzada (2):	-1.500 m
Inclinación del brazo (3):	0.0 °
Longitud del brazo (4):	0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 665 cd/klm
con 80°: 44 cd/klm
con 90°: 10 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

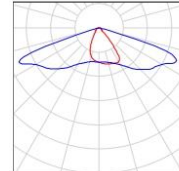
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G3.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

Ctra N-323A / Lista de luminarias

LED street lights 160W,4100K
Nº de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 14619 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 14627 lm
Potencia de las luminarias: 156.5 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 45 80 99 100 99
Lámpara: 1 x rebel ES VSNR (Factor de
corrección 1.000).

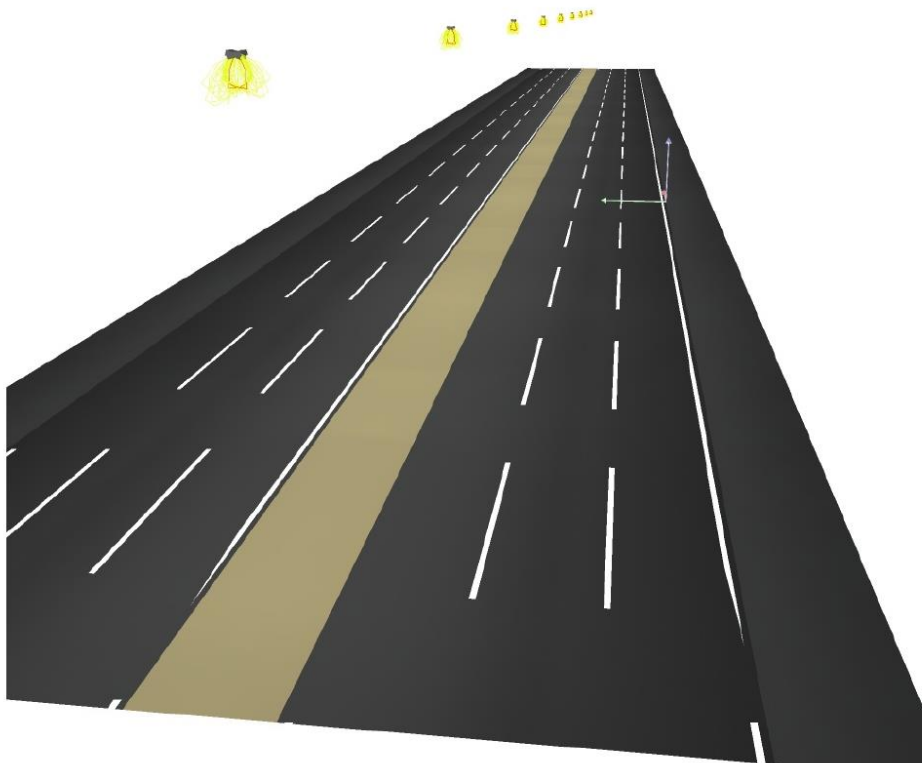
Dispone de una imagen
de la luminaria en
nuestro catálogo de
luminarias.



Ctra N-323A (Vías de conexión)

DIALux

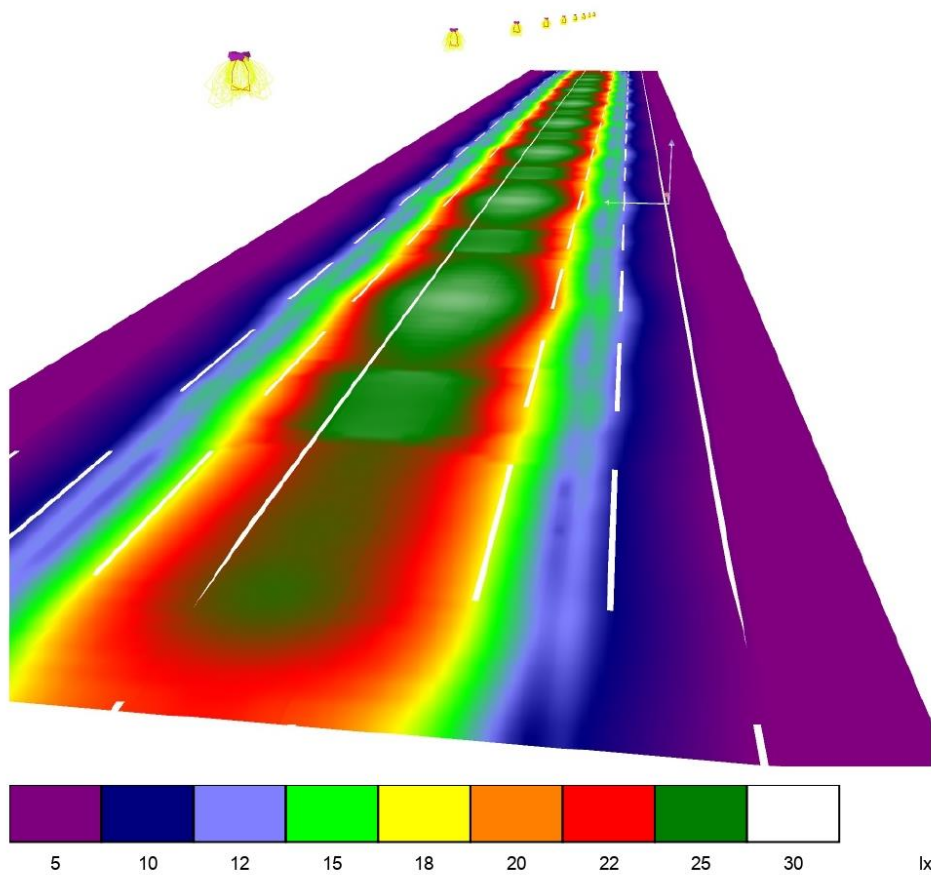
Ctra N-323A / Rendering (procesado) en 3D



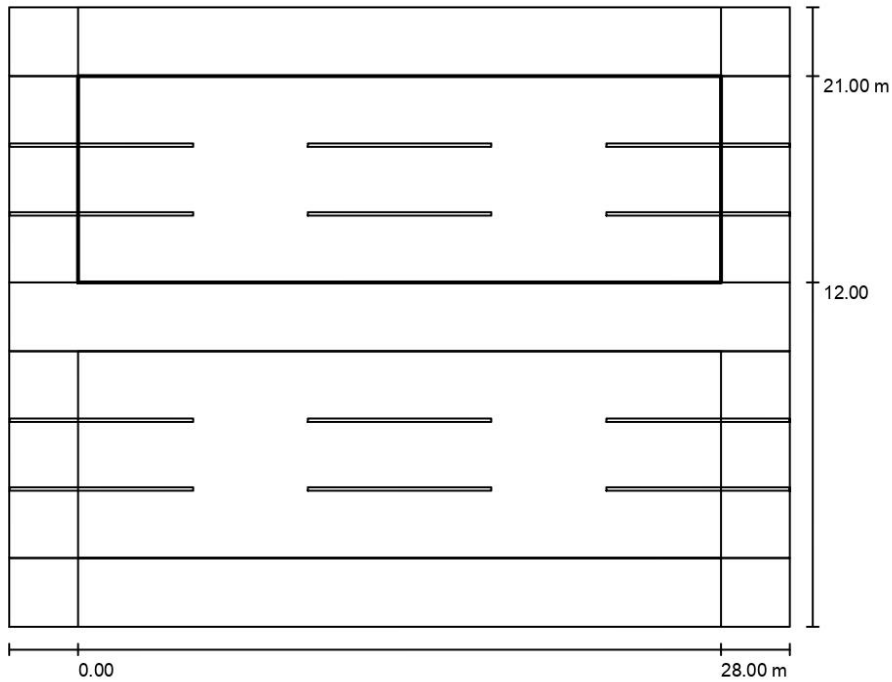
Ctra N-323A (Vías de conexión)

DIALux

Ctra N-323A / Rendering (procesado) de colores falsos



Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:251

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 2.

Clase de iluminación seleccionada: A1

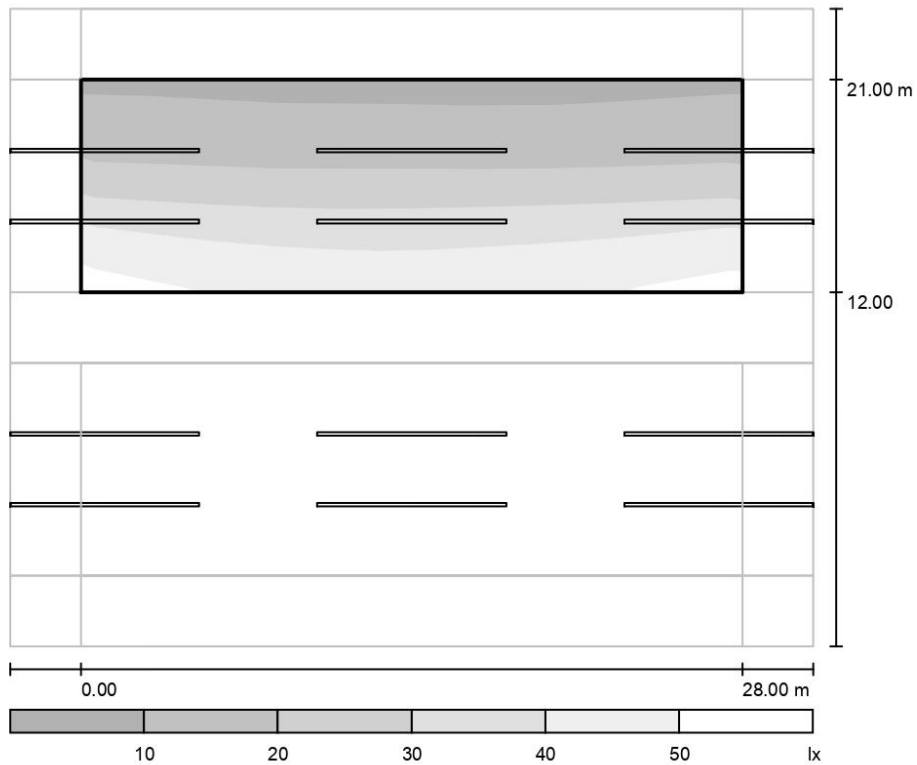
(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m (semiesférico) [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	17.09	0.39
Valores de consigna según clase:	≥ 5.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Ctra N-323A (Vías de conexión)

DIALux

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 244

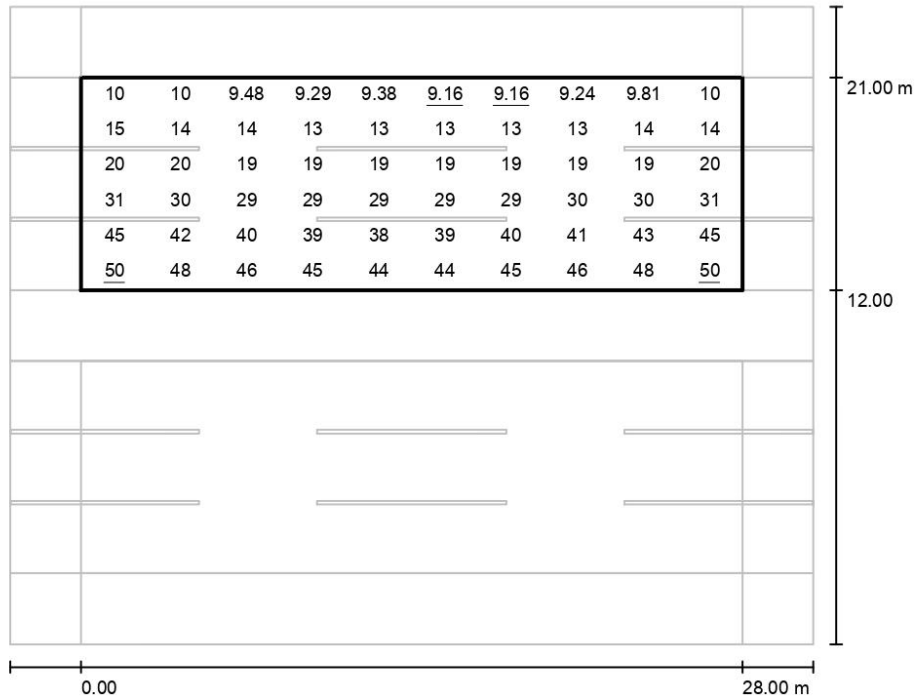
Trama: 10 x 6 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
27	9.16	50	0.343	0.182

Ctra N-323A (Vías de conexión)



Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Gráfico de valores (E)

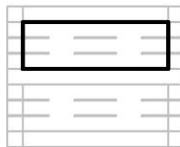


Valores en Lux, Escala 1 : 244

Trama: 10 x 6 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
27	9.16	50	0.343	0.182

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Calzada 2 / Tabla (E)



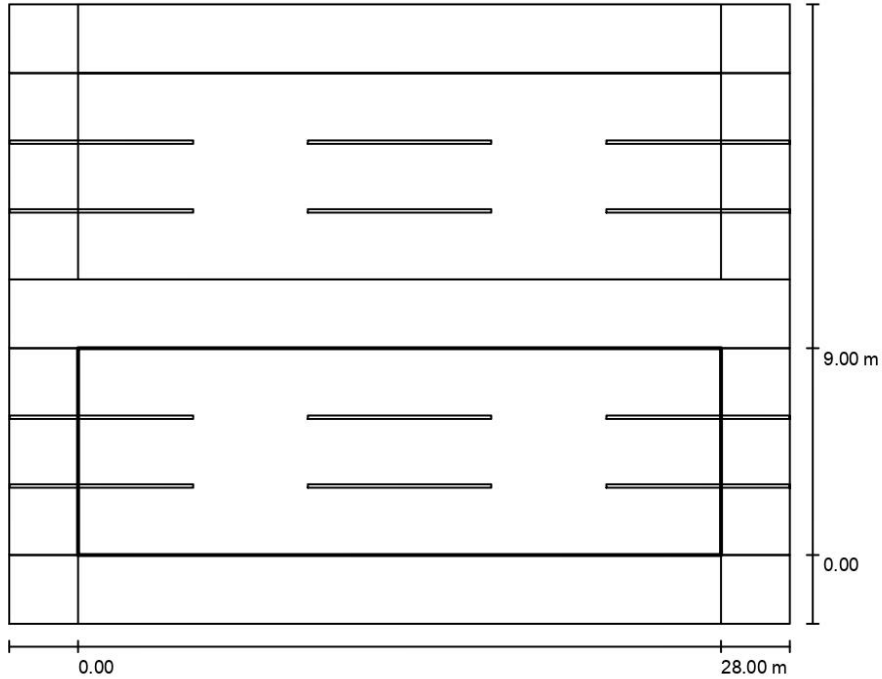
8.250	10	10	9.48	9.29	9.38	<u>9.16</u>	<u>9.16</u>	9.24	9.81	10
6.750	15	14	14	13	13	13	13	13	14	14
5.250	20	20	19	19	19	19	19	19	19	20
3.750	31	30	29	29	29	29	29	30	30	31
2.250	45	42	40	39	38	39	40	41	43	45
0.750	<u>50</u>	48	46	45	44	44	45	46	48	<u>50</u>
m	1.400	4.200	7.000	9.800	12.600	15.400	18.200	21.000	23.800	26.600

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 10 x 6 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
27	9.16	50	0.343	0.182

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:251

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Clase de iluminación seleccionada: A1

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

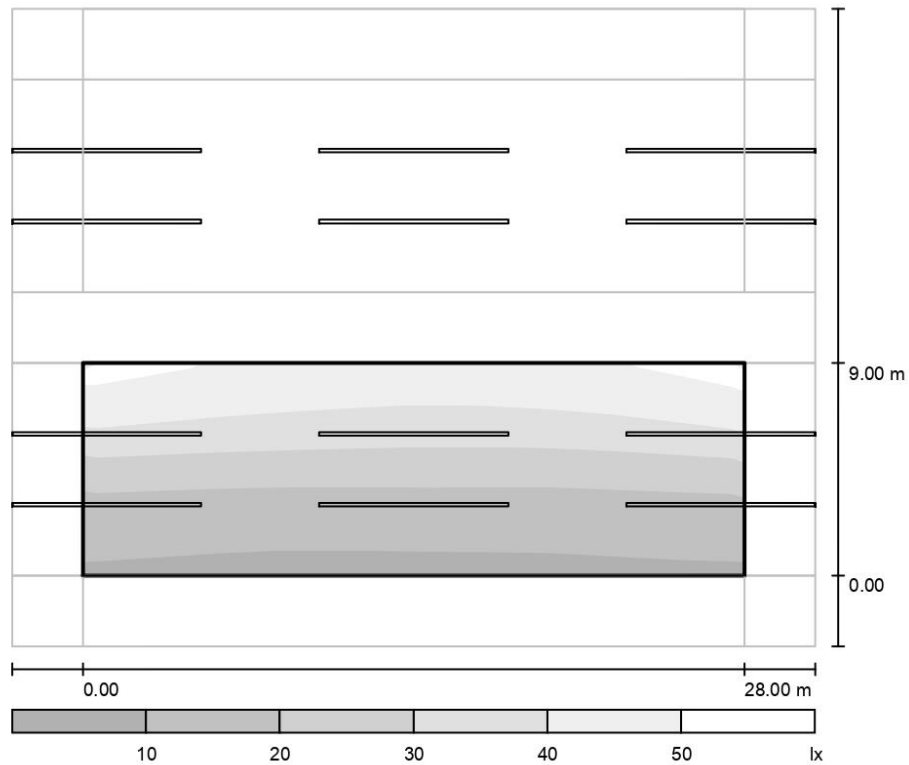
Cumplido/No cumplido:

E_m (semiesférico) [lx]	U0
17.09	0.39
≥ 5.00	≥ 0.15
✓	✓

Ctra N-323A (Vías de conexión)

DIALux

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gama de grises (E)

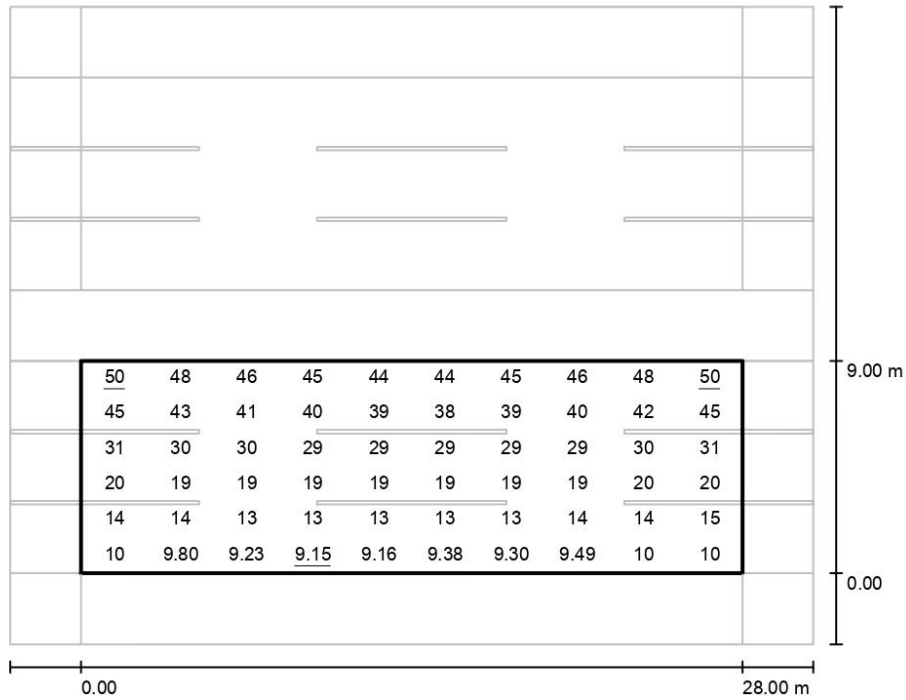


Escala 1 : 244

Trama: 10 x 6 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
27	9.15	50	0.343	0.182

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 244

Trama: 10 x 6 Puntos

E_m [lx]
27

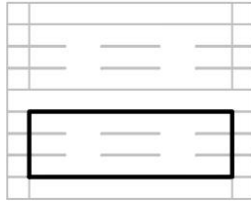
E_{min} [lx]
9.15

E_{max} [lx]
50

E_{min} / E_m
0.343

E_{min} / E_{max}
0.182

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Tabla (E)



8.250	<u>50</u>	48	46	45	44	44	45	46	48	<u>50</u>
6.750	45	43	41	40	39	38	39	40	42	45
5.250	31	30	30	29	29	29	29	29	30	31
3.750	20	19	19	19	19	19	19	19	20	20
2.250	14	14	13	13	13	13	13	14	14	15
0.750	10	9.80	9.23	<u>9.15</u>	9.16	9.38	9.30	9.49	10	10
m	1.400	4.200	7.000	9.800	12.600	15.400	18.200	21.000	23.800	26.600

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 10 x 6 Puntos

E_m [lx]
27

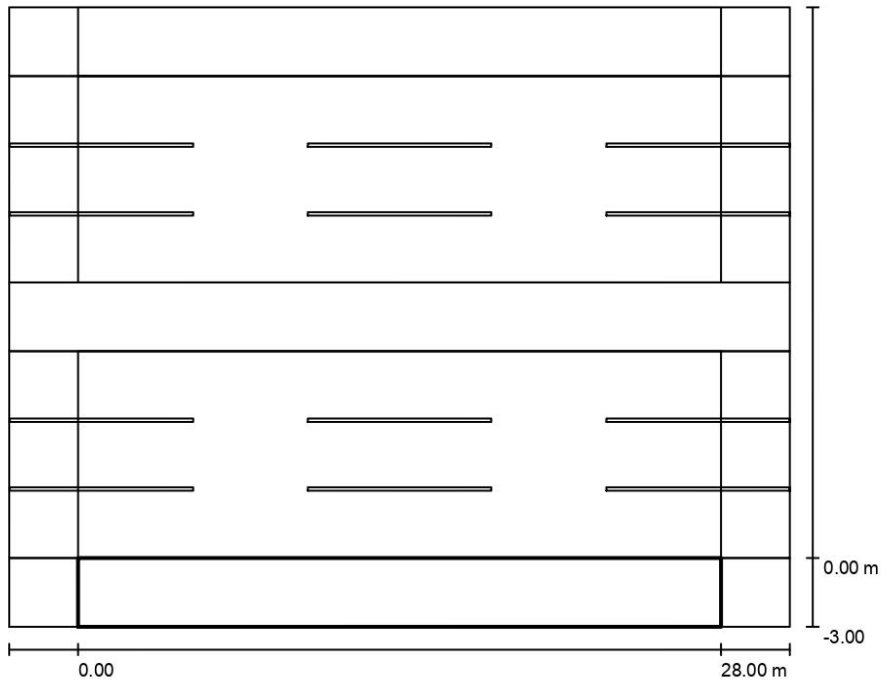
E_{min} [lx]
9.15

E_{max} [lx]
50

E_{min} / E_m
0.343

E_{min} / E_{max}
0.182

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Vía de escape 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:251

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Vía de escape 1.

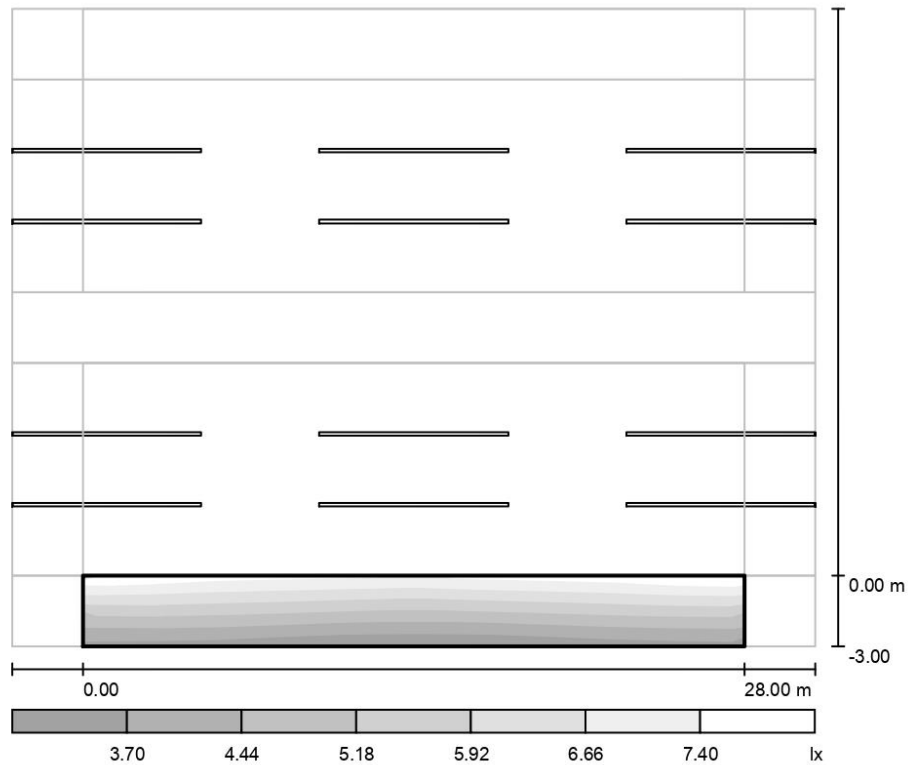
Clase de iluminación seleccionada: A2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m (semiesférico) [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	4.12	0.72
Valores de consigna según clase:	≥ 3.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Ctra N-323A (Vías de conexión)

DIALux

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Vía de escape 1 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 244

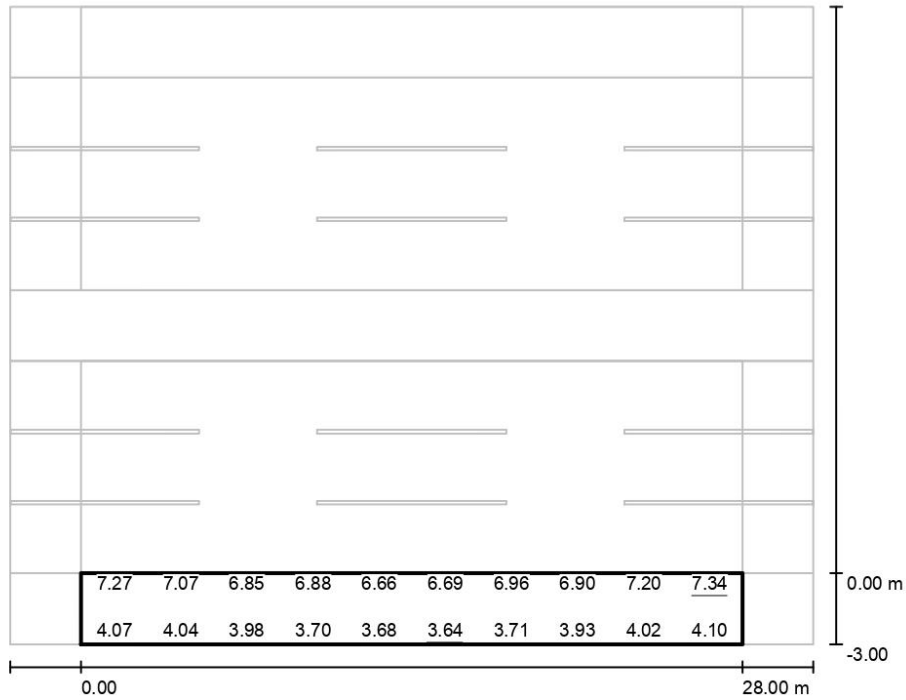
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
5.39	3.64	7.34	0.675	0.496

Ctra N-323A (Vías de conexión)

DIALux

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Vía de escape 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 244

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
5.39	3.64	7.34	0.675	0.496

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Vía de escape 1 / Tabla (E)



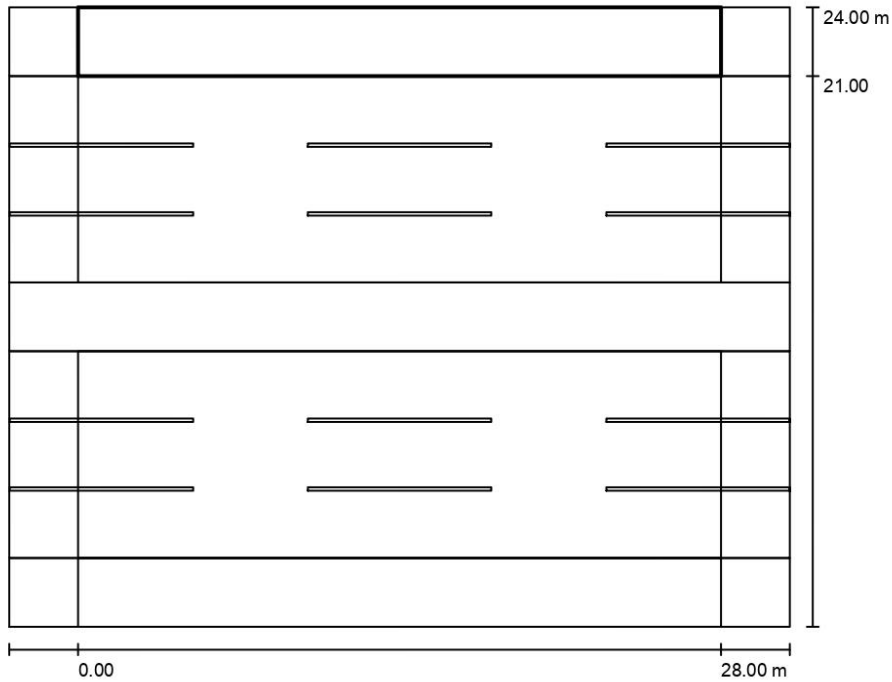
2.500	7.27	7.07	6.85	6.88	6.66	6.69	6.96	6.90	7.20	<u>7.34</u>
1.500	5.36	5.47	5.32	5.27	5.02	5.02	5.27	5.27	5.50	5.41
0.500	4.07	4.04	3.98	3.70	3.68	<u>3.64</u>	3.71	3.93	4.02	4.10
m	1.400	4.200	7.000	9.800	12.600	15.400	18.200	21.000	23.800	26.600

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
5.39	3.64	7.34	0.675	0.496

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Vía de escape 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.67

Escala 1:251

Trama: 10 x 3 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Vía de escape 2.

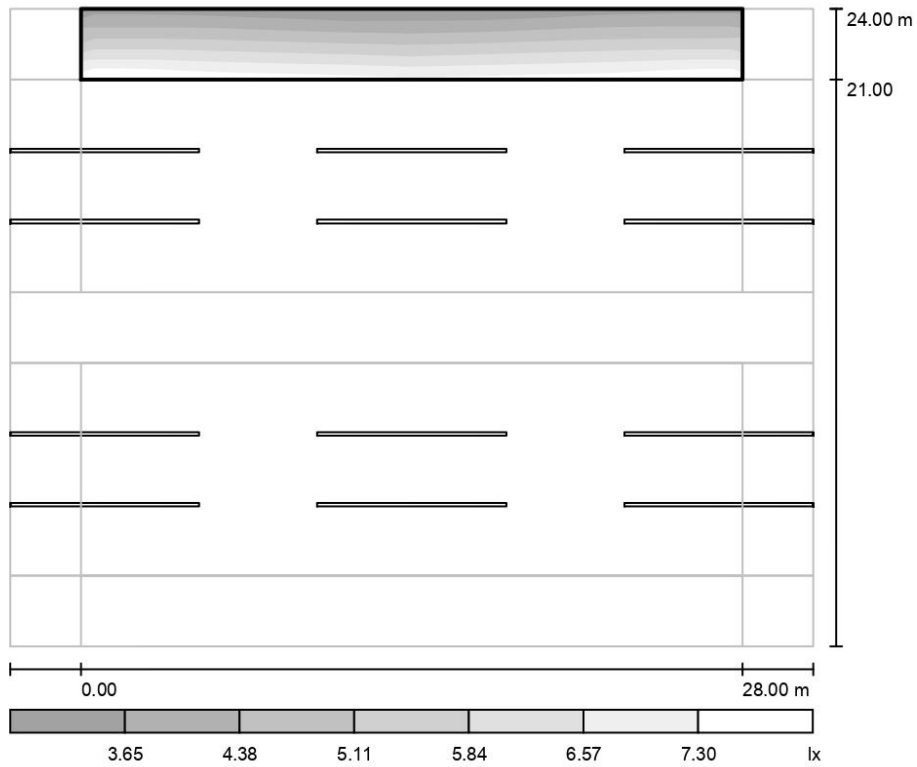
Clase de iluminación seleccionada: A2 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m (semiesférico) [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	4.12	0.72
Valores de consigna según clase:	≥ 3.00	≥ 0.15
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Ctra N-323A (Vías de conexión)

DIALux

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Vía de escape 2 / Gama de grises (E)



Escala 1 : 244

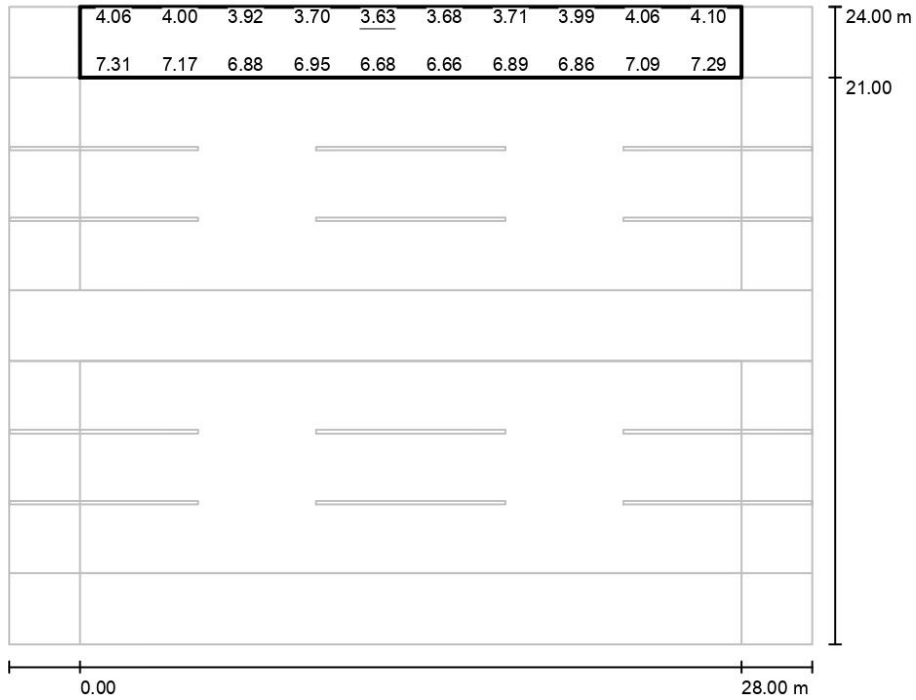
Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
5.38	3.63	7.31	0.675	0.497

Ctra N-323A (Vías de conexión)

DIALux

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Vía de escape 2 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 244

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
5.38	3.63	7.31	0.675	0.497

Ctra N-323A / Recuadro de evaluación Vía de escape 2 / Tabla (E)



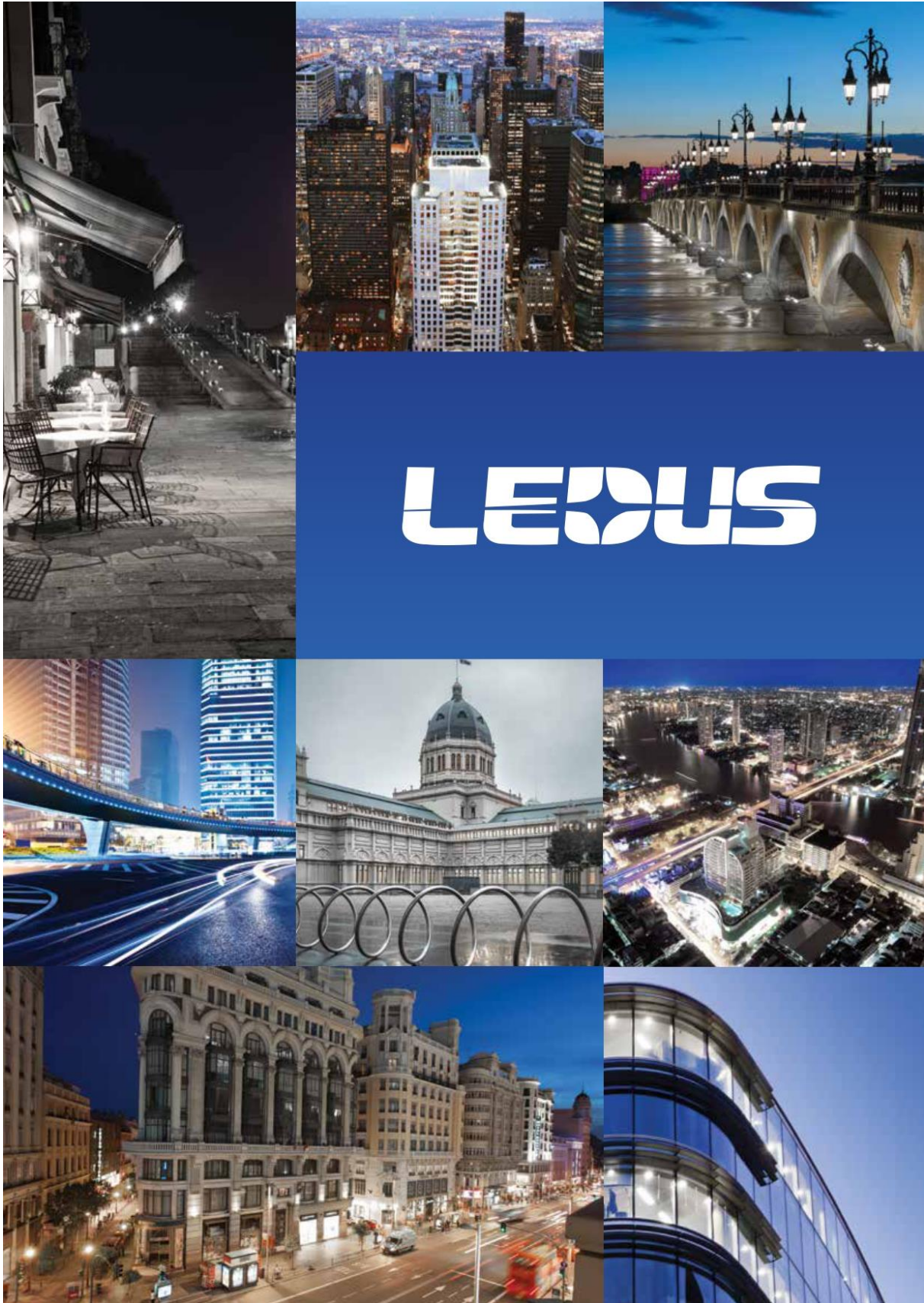
2.500	4.06	4.00	3.92	3.70	<u>3.63</u>	3.68	3.71	3.99	4.06	4.10
1.500	5.38	5.48	5.26	5.26	5.02	5.02	5.28	5.33	5.48	5.39
0.500	<u>7.31</u>	7.17	6.88	6.95	6.68	6.66	6.89	6.86	7.09	7.29
m	1.400	4.200	7.000	9.800	12.600	15.400	18.200	21.000	23.800	26.600

Atención: Las coordenadas se refieren al diagrama ya mencionado. Valores en Lux.

Trama: 10 x 3 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
5.38	3.63	7.31	0.675	0.497

ANEXO III - “Características de las luces LED existentes en Jaén. Catálogo LEDUS para alumbrado exterior”



ACERCA DE LEDUS

LEDUS es uno de los líderes mundiales en soluciones de iluminación en el sector de la tecnología LED. Según la consultora internacional Goldman Sachs, las fábricas de LEDUS fueron en 2010 líderes mundiales de producción con una cuota del 22%.

Contamos con numerosos centros de I+D+i y complejos industriales repartidos en Taiwan, China y EE.UU que cubren toda la línea de fabricación de las fuentes de luz LED.

Aseguramos nuestros altos estándares de calidad en todo el proceso de producción, comenzando por la producción de PCB y los chips para dispositivos de fuente de luz fabricados en nuestras líneas de producción con certificados ISO.

LEDUS cuenta con el sólido respaldo financiero del Grupo TechPro, empresa que cotiza en la Bolsa de Hong Kong. Esta solvencia financiera y garantía como empresa, junto con nuestra capacidad de I+D+i, hacen de LEDUS una empresa de referencia en soluciones integrales de iluminación sostenible en Asia, satisfaciendo las necesidades de todo tipo de clientes: arquitectos, ingenieros, contratistas, distribuidores y usuarios, tanto en

proyectos de ámbito privado como público (Actualmente LEDUS ya ha realizado grandes proyectos con Administraciones Públicas de España, Japón, China y otros países del Sudeste Asiático).

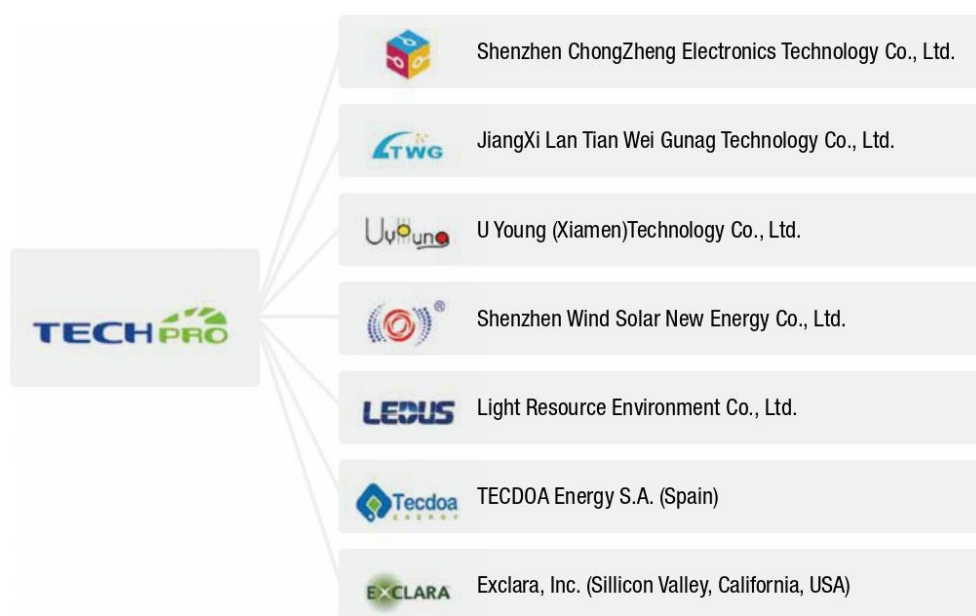
Nuestros valores a disposición de nuestros clientes:

Desarrollo de nuevos productos. Escuchamos a nuestros clientes y trabajamos estrechamente para desarrollar productos de iluminación LED que satisfagan sus necesidades.

Contrato de Gestión de la Energía (EMC). La capacidad financiera y adaptación de soluciones según las necesidades, permiten presentarnos como Empresa de Servicios Energéticos en distintas partes del mundo, garantizando tanto los ahorros a conseguir como la fiabilidad de nuestras soluciones y todo esto, sin necesidad de inversión por parte del cliente.

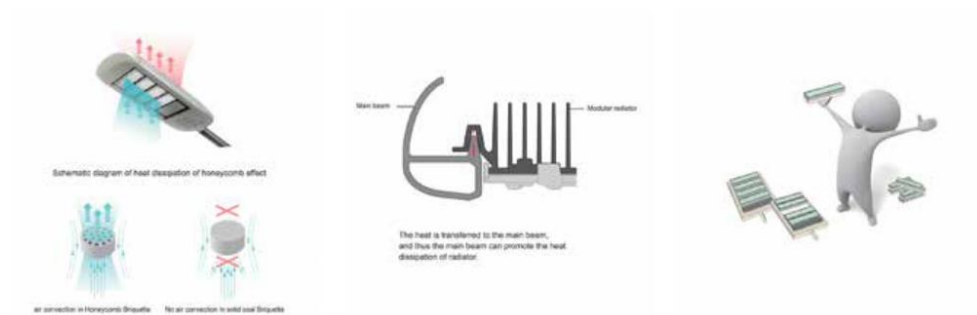
Calidad. Todos los productos LEDUS se fabrican bajo un estricto sistema de gestión de calidad que asegura el cumplimiento de los estándares de calidad ISO y RoHS, así como todo tipo de certificaciones, incluida CE.

LEDUS ilumina el mundo y colabora para hacerlo más sostenible.



Ventajas técnicas de los equipos LEDUS de alumbrado exterior

La tecnología modular empleada por LEDUS para sus equipos de iluminación exterior, así como su capacidad de I+D+i, confieren a estos productos unas ventajas técnicas y tecnológicas exclusivas y diferenciadoras.



Efecto “panal de Briquette”

Simula y adopta el principio de combustión de “panal de Briquette”, de tal modo que es fácil de transformar el bloque original del radiador para varios módulos, así como para permitir que el aire de convección pase totalmente a través de los huecos entre módulos mediante la utilización del efecto colmena, por lo tanto se va a poder eliminar el calor rápidamente, y reducir la temperatura en alrededor de 20°C.

Disipación de calor de toda la estructura

Está diseñado para hacer un uso inteligente del soporte del módulo que sólo juega un papel secundario, y así transformarlo en un “soporte térmico” que es capaz de conducir el calor del módulo a la carcasa como una parte estructural, para así promover el efecto de enfriamiento del radiador del módulo de refrigeración.

El diseño tiene por objeto utilizar completamente el área de superficie de las piezas estructurales para transferir el calor al aire.

Mantenimiento sin herramientas

Utiliza el diseño estructural especial para lograr que tanto el desmontaje como la instalación de los componentes de iluminación sea de forma manual, en consideración de que generalmente se instalan en un entorno operativo de elevada altura y los operarios requieren de la menor cantidad de herramientas posibles para su comodidad y seguridad.

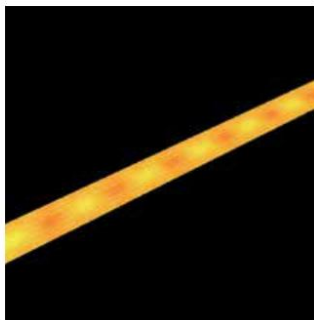
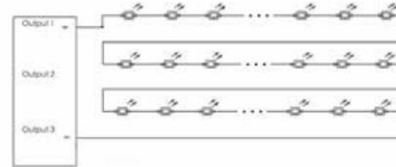


Doble acoplamiento para protección IP68

Se adopta la estructura de tornillo libre para evitar la penetración de vapor de agua a través del orificio del tornillo; sus anillos dobles de silicio-caucho aíslan el LED del ambiente exterior completamente, por tanto, puede eliminar cualquier erosión de los chips y placas PCB desde fuera.

Tecnología modular Ultra Robusta

Cada LED está equipado con protección de derivación, para proteger la estructura de un solo circuito de la serie de conexión completa. Incluso la avería de circuito abierto o cortocircuito no puede afectar a la distribución de corriente y tensión de otro LED, pudiendo trabajar bajo la modalidad de funcionamiento normal, y por lo tanto extender el ciclo de vida de todo el módulo.



Distribución de luz ergonómica

El esquema de luz y color de estos productos cumplen con los hábitos visuales de las entidades de explotación. Los productos adoptan un diseño óptico de brillo homogéneo en plena consideración de que no es posible detectar la iluminación por el ojo porque el ojo humano es sensible a la luminosidad. Por lo tanto, no sólo se eliminan los puntos visuales brillantes y manchas oscuras en la superficie de la carretera, sino que también se facilita a los operarios de carreteras un trabajo cómodo, y se mejora la iluminación obteniendo valores detectados precisos.

Versatilidad

Es posible equipar a la estructura de diferentes módulos LED para así lograr diferentes potencias y obtener soluciones adaptadas a cada cliente o proyecto.



Los datos que aparecen en esta hoja puede ser objeto de futuras modificaciones por lo que estos no se consideran vinculantes.

Farolas LED serie T1A

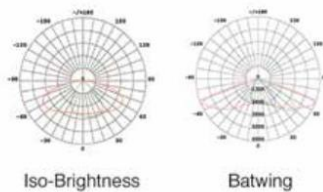
La solución perfecta para sustituir luminarias de viales



Información del producto

La serie T1A de farolas y luminarias para viales LEDUS ofrecen una solución personalizada para cada cliente e instalación puesto que son equipos modulares de 40W por módulo.

Esta característica junto a que tienen una vida útil superior a las 50,000 horas con un factor de potencia muy elevado y un consumo reducido, hacen de esta serie una opción idónea para el cambio de tecnologías obsoletas usadas en alumbrado público.



Características

Estos equipos fabricados en aleación de aluminio de alta calidad disponen de una excelente disipación de calor, resistencia a la corrosión y alta robustez. Además otra serie de propiedades hacen de esta gama una opción única en el mercado:

- Tecnología LED modular.
- Efecto colmena para una excelente disipación de calor.
- Elevado factor de potencia.
- Mantenimiento in-situ sin herramientas.
- Diseño del módulo LED robusto, evitando que un fallo en un LED provoque el fallo total del módulo.
- Driver de corriente constante multicircuito con módulo LED de acoplamiento activo.
- Distribución de luz ergonómica para lograr un mejor efecto de iluminación.
- LED chip utilizado de alta calidad (Philips-Lumileds).
- Sin deslumbramientos ni parpadeos.
- Encendido inmediato.
- Baja emisiones de CO2 y libre de mercurio.
- Vida útil de 50,000 horas.

5

LEDUS
HPWINNER

Los datos que aparecen en esta hoja puede ser objeto de futuras modificaciones por lo que estos no se consideran vinculantes.



Farolas LED serie T1A



Referencia	T1A-1	T1A-2	T1A-3	T1A-4	T1A-5	T1A-6	T1A-7
Consumo	40W	80W	120W	160W	200W	240W	280W
Voltaje de entrada	AC 90 – 305V						
Factor de potencia	0.95						
Eficiencia lumínica	100 lm/W						
Flujo luminoso	4000 lm	8000 lm	12000 lm	16000 lm	20000 lm	24000 lm	28000 lm
Distribución de luz	Asimétrica tipo "batwing"						
Tª de color	3000K, 4000K, 5000K, 6000K						
CRI	> 70±5						
Fuente LED	Philips-Lumileds REBEL ES						
Material	Aleación de aluminio						
Color de carcasa	Blanco, Negro, Gris, Azul						
Tª de unión (Tj)	< 80°C						
Resistencia al viento	Fuerza 12 – Escala de Beaufort						
Condic. de trabajo	Temperatura entre - 40°C ~ 50°C. Humedad relativa entre 10% ~ 90%						
Tª almacenamiento	Entre - 40°C ~ 50°C						
Dimensiones (mm)	595x330x91	645x330x91	725x330x91	805x330x91	885x330x91	1065x330x91	1145x330x91
Peso	6.3 kg	8.9 kg	9.5 kg	10.7 kg	11.9 kg	15.0 kg	16.3 kg
Grado IP	Módulo LED IP68; Fuente de alimentación IP67						
Vida útil	> 50,000 horas						
Observaciones	El diámetro de instalación de la luminaria es de 60mm. Para otras dimensiones se necesitarán adaptadores.						



Los datos que aparecen en esta hoja puede ser objeto de futuras modificaciones por lo que estos no se consideran vinculantes.

LEDUS
 HPWINNER

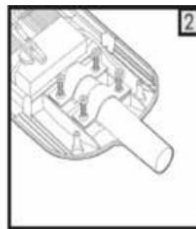


Farolas LED serie T1A

Instalación



PASO 1
Abrir la cubierta trasera de la luminaria T1A.



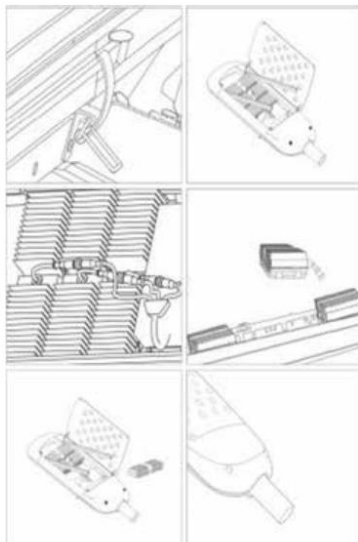
PASO 2
Introducir el báculo en las abrazaderas de sujeción de la luminaria y apretar los cuatro tornillos de sujeción.



PASO 3
Conectar el cable de alimentación AC.



PASO 4
Cerrar la cubierta trasera de la luminaria y apretar los dos tornillos.



Mantenimiento

PASO 1
Abrir la cubierta trasera de la luminaria T1A y levantar las hebillas.

PASO 2
Levantar las dos barras de compresión de la luminaria.

PASO 3
Aflojar los conectores a prueba de agua.

PASO 4
Retirar los módulos o el controlador.

PASO 5
Volver a colocar los módulos o el controlador, y presionar hacia abajo las barras de compresión y hebillas.

PASO 6
Cerrar la cubierta trasera de la luminaria y apretar los dos tornillos.



Farolas Villa LED retrofit

La solución perfecta para sustituir luminarias tipo Villa



Información del producto

Las placas LEDUS ofrecen una solución personalizada para cada cliente e instalación en la sustitución de luminarias tipo Villa con una sustitución directa y sencilla puesto que únicamente se cambia la placa interior donde se aloja la bombilla por una placa integrada por el módulo LED, su disipador de calor y el LED driver correspondiente.

Esta característica junto a que tienen una vida útil superior a las 50,000 horas con un factor de potencia muy elevado y un consumo reducido, hacen de esta serie una opción idónea para el cambio de tecnologías obsoletas usadas en alumbrado público.

Características

Estos equipos fabricados en aleación de aluminio de alta calidad disponen de una excelente disipación de calor, resistencia a la corrosión y alta robustez. Además otra serie de propiedades hacen de esta gama una opción única en el mercado:

- Tecnología LED modular.
- Efecto colmena para una excelente disipación de calor.
- Elevado factor de potencia.
- Mantenimiento in-situ sin herramientas.
- Diseño del módulo LED robusto, evitando que un fallo en un LED provoque el fallo total del módulo.
- Driver de corriente constante multicircuito con módulo LED de acoplamiento activo.
- Distribución de luz ergonómica para lograr un mejor efecto de iluminación.
- LED chip utilizado de alta calidad (Philips-Lumileds).
- Sin deslumbramientos ni parpadeos.
- Encendido inmediato.
- Baja emisiones de CO2 y libre de mercurio.
- Vida útil de 50,000 horas.

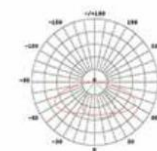
Los datos que aparecen en esta hoja puede ser objeto de futuras modificaciones por lo que estos no se consideran vinculantes.

LEDUS
HPWINNER

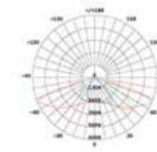
8



Farolas Villa LED retrofit



Iso-Brightness



Batwing

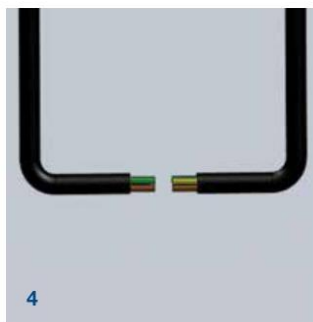
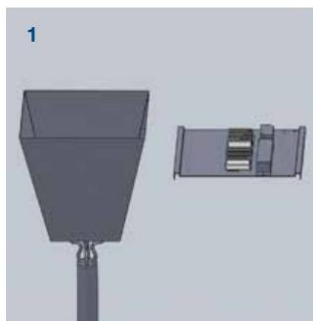
Referencia	VL1A-1	VL1A-2	VL1A-3	VL1A-4
Consumo	30W	40W	60W	80W
Voltaje de entrada	AC 90 – 305V			
Factor de potencia	0.95			
Eficiencia lumínica	100 lm/W			
Flujo luminoso	3000 lm	4000 lm	6000 lm	8000 lm
Distribución de luz	90°, batwing			
Tª de color	3000K, 4000K, 5000K, 6000K			
CRI	> 70±5			
Fuente LED	Philips-Lumileds REBEL ES			
Material	Aleación de aluminio			
Tª de unión (Tj)	< 80°C			
Condic. de trabajo	Temperatura entre - 40°C ~ 50°C. Humedad relativa entre 10% ~ 90%			
Tª almacenamiento	Entre - 40°C ~ 50°C			
Grado IP	Módulo LED IP68; Fuente de alimentación IP67			
Vida útil	> 50,000 horas			





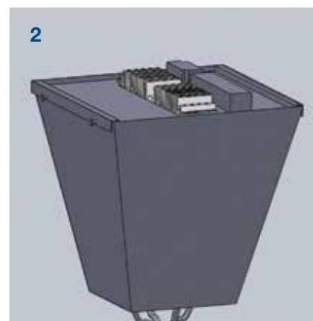
Farolas Villa LED retrofit

Instalación y Mantenimiento



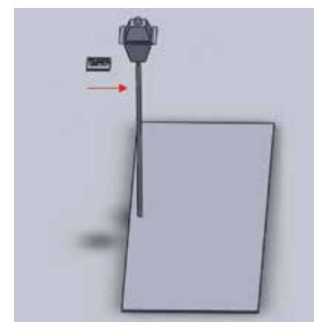
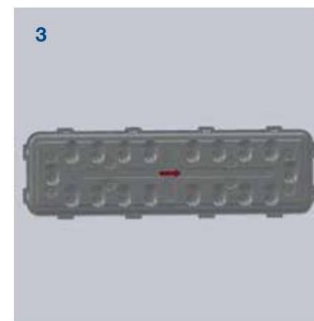
PASO 1
Abrir la cubierta superior de la luminaria tipo Villa.

PASO 4
Conectar el cable de alimentación AC.



PASO 2
Instalar y fijar la placa LED a la luminaria mediante 4 tornillos.

PASO 5
Cerrar la cubierta superior de la luminaria.



PASO 3
Asegurarse que las flechas de la lente apuntan hacia el centro de la calzada.

Los datos que aparecen en esta hoja puede ser objeto de futuras modificaciones por lo que estos no se consideran vinculantes.

LEDUS
HPWINNER

10



Farolas Fernandina LED retrofit

La solución perfecta para sustituir luminarias tipo Fernandina

Información del producto

Las placas LEDUS ofrecen una solución personalizada para cada cliente e instalación en la sustitución de luminarias tipo Fernandina con una sustitución directa y sencilla puesto que únicamente se cambia la placa interior donde se aloja la bombilla por una placa integrada por el módulo LED, su disipador de calor y el LED driver correspondiente.

Esta característica junto a que tienen una vida útil superior a las 50,000 horas con un factor de potencia muy elevado y un consumo reducido, hacen de esta serie una opción idónea para el cambio de tecnologías obsoletas usadas en alumbrado público.

Características

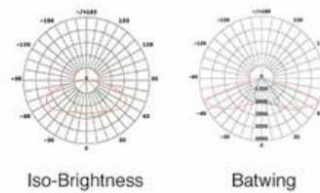
Estos equipos fabricados en aleación de aluminio de alta calidad disponen de una excelente disipación de calor, resistencia a la corrosión y alta robustez.

Además otra serie de propiedades hacen de esta gama una opción única en el mercado:

- Tecnología LED modular.
- Efecto colmena para una excelente disipación de calor.
- Elevado factor de potencia.
- Mantenimiento in-situ sin herramientas.
- Diseño del módulo LED robusto, evitando que un fallo en un LED provoque el fallo total del módulo.
- Driver de corriente constante multicircuito con módulo LED de acoplamiento activo.
- Distribución de luz ergonómica para lograr un mejor efecto de iluminación.
- LED chip utilizado de alta calidad (Philips-Lumileds).
- Sin destumbramientos ni parpadeos.
- Encendido inmediato.
- Baja emisiones de CO2 y libre de mercurio.
- Vida útil de 50,000 horas.



Farolas Fernandina LED retrofit



Referencia	RL1A-1	RL1A-2	RL1A-3	RL1A-4
Consumo	30W	40W	60W	80W
Voltaje de entrada	AC 90 – 305V			
Factor de potencia	0.95			
Eficiencia lumínica	100 lm/W			
Flujo luminoso	3000 lm	4000 lm	6000 lm	8000 lm
Distribución de luz	90°, batwing			
Tª de color	3000K, 4000K, 5000K, 6000K			
CRI	> 70±5			
Fuente LED	Philips-Lumileds REBEL ES			
Material	Aleación de aluminio			
Tª de unión (Tj)	< 80°C			
Condic. de trabajo	Temperatura entre - 40°C ~ 50°C. Humedad relativa entre 10% ~ 90%			
Tª almacenamiento	Entre - 40°C ~ 50°C			
Grado IP	Módulo LED IP68; Fuente de alimentación IP67			
Vida útil	> 50,000 horas			



Los datos que aparecen en esta hoja puede ser objeto de futuras modificaciones por lo que estos no se consideran vinculantes.

LEDUS
 HPWINNER

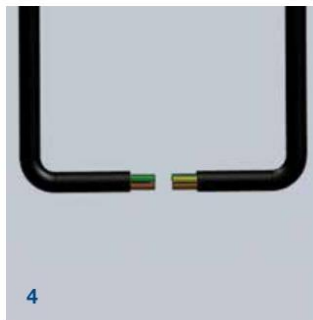
12



Farolas Fernandina LED retrofit

La solución perfecta para sustituir luminarias tipo Fernandina

Instalación y Mantenimiento

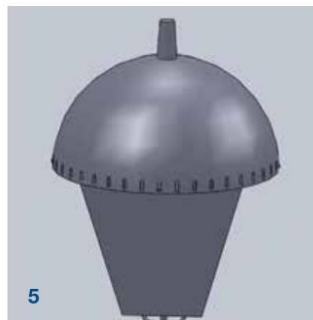


PASO 1

Abrir la cubierta superior de la luminaria tipo Villa.

PASO 4

Conectar el cable de alimentación AC.

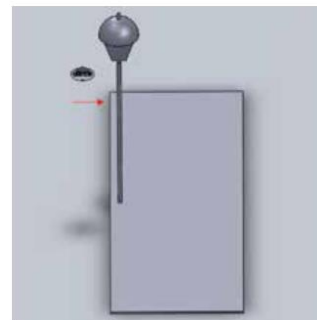
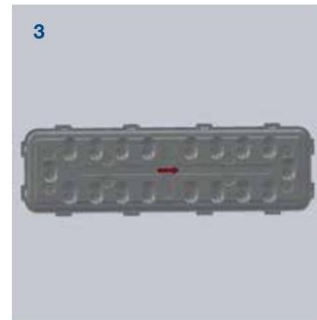


PASO 2

Instalar y fijar la placa LED a la luminaria mediante 4 tornillos.

PASO 5

Cerrar la cubierta superior de la luminaria.



PASO 3

Asegurarse que las flechas de la lente apuntan hacia el centro de la calzada.



Farolas GLOBO serie GL1A Modelo JAÉN

La solución perfecta para sustituir luminarias tipo Globo

Información del producto

La serie GL1A de luminarias tipo Globo para viales LEDUS ofrecen una solución personalizada para cada cliente e instalación puesto que son equipos modulares. Esta característica junto a que tienen una vida útil superior a las 50,000 horas con un factor de potencia muy elevado y un consumo reducido, hacen de esta serie una opción idónea para el cambio de tecnologías obsoletas usadas en alumbrado público.

Características

Estos equipos fabricados en aleación de aluminio de alta calidad disponen de una excelente disipación de calor, resistencia a la corrosión y alta robustez.

Además otra serie de propiedades hacen de esta gama una opción única en el mercado:

- Tecnología LED modular.
- Efecto colmena para una excelente disipación de calor.
- Elevado factor de potencia.
- Mantenimiento in-situ sin herramientas.
- Sin emisión de luz hacia el hemisferio superior, evitando la contaminación lumínica.
- Diseño del módulo LED robusto, evitando que un fallo en un LED provoque el fallo total del módulo.
- Driver de corriente constante multicircuito con módulo LED de acoplamiento activo.
- Distribución de luz ergonómica para lograr un mejor efecto de iluminación.
- LED chip utilizado de alta calidad (Philips-Lumileds).
- Sin deslumbramientos ni parpadeos.
- Encendido inmediato.
- Baja emisiones de CO2 y libre de mercurio.
- Vida útil de 50,000 horas.



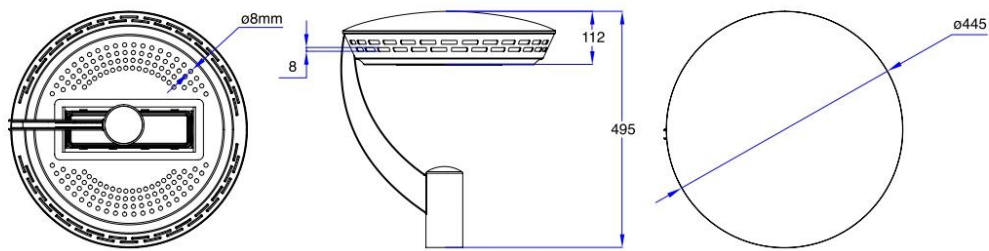
Los datos que aparecen en esta hoja puede ser objeto de futuras modificaciones por lo que estos no se consideran vinculantes.



LEDUS
HPWINNER

14

Farolas GLOBO serie GL1A Modelo JAÉN



Referencia	GL1A-1	GL1A-2	GL1A-3	GL1A-4
Consumo	30W	40W	50W	60W
Voltaje de entrada	AC 90 – 305V			
Factor de potencia	0.95			
Eficiencia lumínica	100 lm/W			
Flujo luminoso	3000 lm	4000 lm	5000 lm	6000 lm
Distribución de luz	90°, batwing			
Tª de color	3000K, 4000K, 5000K, 6000K			
CRI	> 70±5			
Fuente LED	Philips-Lumileds REBEL ES			
Material	Aleación de aluminio			
Resistencia al viento	Fuerza 12 – Escala de Beaufort			
Tª de unión (Tj)	< 80°C			
Condic. de trabajo	Temperatura entre - 40°C ~ 50°C. Humedad relativa entre 10% ~ 90%			
Tª almacenamiento	Entre - 40°C ~ 50°C			
Dimensiones	Diámetro: 445 mm. Altura: 494 mm.			
Peso				
Grado IP	Módulo LED IP68; Fuente de alimentación IP67			
Vida útil	> 50,000 horas			
Observaciones	El diámetro de instalación es ajustable a báculos de entre 40 y 70 mm.			



Farolas GLOBO serie GL1A Modelo JAÉN



Instalación



PASO 1

Ajustar la luminaria GL1A al báculo o poste introduciendo el cable del driver dentro del poste.



PASO 2

Conectar el cable de alimentación AC por la parte inferior de la farola.

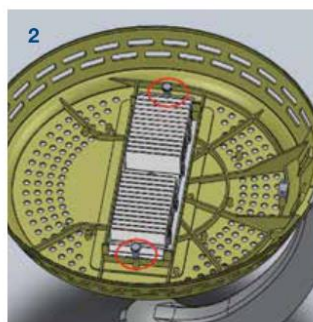


Mantenimiento



PASO 1

Abrir la tapa superior de la luminaria girando el dispositivo de bloqueo de apertura.



PASO 2

Cambiar el módulo LED o el driver aflojando los dos tornillos de mano.



Los datos que aparecen en esta hoja puede ser objeto de futuras modificaciones por lo que estos no se consideran vinculantes.

LEDUS
HPWINNER

16



Proyectores LED serie FL1A



Información del producto

Las series FL1A y TF1A de proyectores y campanas LEDUS ofrecen una solución personalizada para cada cliente e instalación puesto que son proyectores modulares de 40W por módulo.

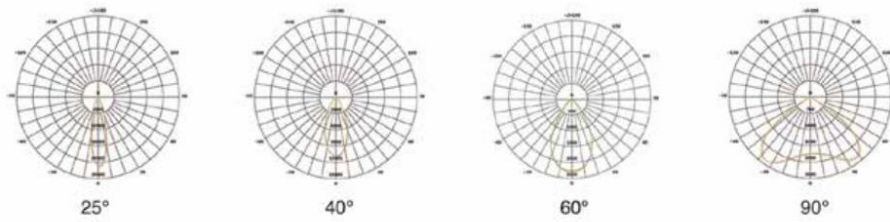
Esta característica junto a que tienen una vida útil superior a las 50,000 horas con un factor de potencia muy elevado y un consumo reducido, hacen de esta serie una opción idónea para el cambio de proyectores y campanas industriales de halogenuros metálicos y otras tecnologías obsoletas.

Características

Estos equipos fabricados en aleación de aluminio de alta calidad disponen de una excelente disipación de calor, resistencia a la corrosión y alta robustez. Además otra serie de propiedades hacen de esta gama una opción única en el mercado:

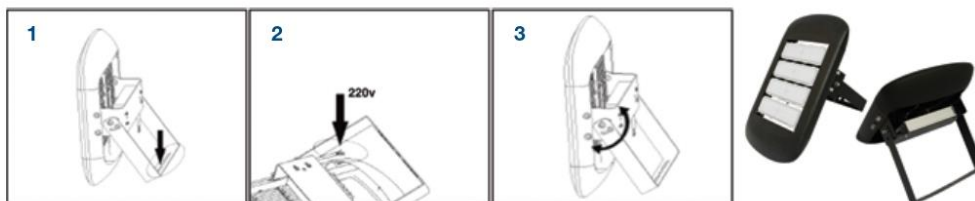
- Tecnología LED modular.
- Elevado factor de potencia.
- Mantenimiento in-situ sin herramientas.
- Diseño del módulo LED robusto, evitando que un fallo en un LED provoque el fallo total del módulo.
- Driver de corriente constante multicircuito con módulo LED de acoplamiento activo.
- Distribución de luz ergonómica para lograr un mejor efecto de iluminación.
- LED chip utilizado de alta calidad (Philips-Lumileds).
- Sin deslumbramientos ni parpadeos.
- Encendido inmediato.
- Baja emisiones de CO₂ y libre de mercurio.
- Vida útil de 50,000 horas.

Proyectores LED serie FL1A



Referencia	FL1A-1/TF1A-1	FL1A-2/TF1A-2	FL1A-3/TF1A-3	FL1A-4/TF1A-4	FL1A-5/TF1A-5	FL1A-8/TF1A-8
Consumo	40W	80W	120W	160W	200W	400W
Voltaje de entrada	AC 90 – 305V					
Factor de potencia	0.95					
Eficiencia luminica	97 lm/W (40°, 60°) ; 100 lm/W (25°, 90°)					
Flujo luminoso	4000 lm	8000 lm	12000 lm	16000 lm	20000 lm	40000 lm
Angulo de apertura	25°, 40°, 60°, 90°					
Tª de color	3000K, 4000K, 5000K, 6000K					
CRI	> 70					
Fuente LED	Philips-Lumileds REBEL ES					
Material	Aleación de aluminio					
Dimensiones (mm)	350x340x335	430x340x335	510x340x335	590x340x335	670x340x475	670x340x475
Peso	5 kg	6.3 kg	7.3 kg	8.3 kg	9.3 kg	11.5 kg
Grado IP	Módulo LED IP68; Fuente de alimentación IP67					
Vida útil	> 50,000 horas					

Instalación



Los datos que aparecen en esta hoja puede ser objeto de futuras modificaciones por lo que estos no se consideran vinculantes.

LEDUS
 HPWINNER

18

Certificados



ISO 9001; ISO 14001; UNE-EN 60598-1; UNE-EN 60598-2-3; UNE-EN 60598-2-6; UNE-EN 62493; UNE-EN 61000-3-2; UNE-EN 61000-3-3;
 UNE-EN 62471-2009; UNE-EN 61547; UNE-EN 55015; UNE-EN 62031; UNE-EN 61347-2-13; UNE-EN 62384.

The logo for LEDUS, featuring the word "LEDUS" in a bold, white, sans-serif font. The letter "D" is stylized with a horizontal line through its center.

TECDOA ENERGY, S.A.
Calle Cólquide, nº 6, Edificio Prisma, 1º G
28231 Las Rozas de Madrid - Madrid
España

E info@tecdoaenergy.com
W www.tecdoaenergy.com
T 916 375 710

12. Bibliografía

- Agencia Andaluza de la Energía.* (2011). Obtenido de <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/es/documentacion/tipo-de-documento/manuales-y-publicaciones-tecnicas/guia-de-ahorro-y-eficiencia-energetica-en-municipios>
- Beltrán, D. B. (s.f.). *Fundación para la Eficiencia Energética y el Medioambiente.*
- Boletín Oficial del Estado.* (2019). Obtenido de <https://www.boe.es/legislacion/>
- Comité Español de Iluminación. (18 de Marzo de 2013). *Reglamento de Eficiencia Energética.*
Obtenido de ceisp.com/el-cei/biblioteca/reglamento-de-eficiencia-energetica/
- Escuela de Organización Industrial.* (s.f.). Obtenido de https://www.eoi.es/wiki/index.php/Equipos_y_eficiencia_en_alumbrado_exterior_en_Eficiencia_energ%C3%A9tica#Medidas_de_ahorro_energ.C3.A9tico
- EuropaPress.* (2016). Obtenido de <https://www.europapress.es/economia/noticia-historia-endesa-logos-20160127143145.html>
- Factorled.* (23 de Enero de 2018). Obtenido de <https://www.factorled.com/blog/es/tipos-de-diodos-led-caracteristicas-tecnicas-y-formatos/>
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, FENERCOM.* (2015). Obtenido de <https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2015/06/Guia-sobre-Tecnologia-LED-en-el-Alumbrado-fenercom-2015.pdf>
- Grupo de Estudios Luminotécnicos de la UPC.* (s.f.). Obtenido de <https://grlum.dpe.upc.edu/manual/sistemasIluminacion-luminarias-componentes.php>
- Hermoso-Orzáez, M. J. (s.f.). Analisis comparativo y justificativo para el cambio a leds en instalaciones con lamparas de halogenuro metálico. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.6036/5803>
- IDAE.* (s.f.). Obtenido de <https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/servicios/alumbrado-exterior>
- LEDUS.* (2014). *Catálogo Indoor & Outdoor.* Obtenido de <http://ledus.lighting/wp-content/uploads/2017/10/CATALOGO.pdf>

Mc Graw Hill Educación. (s.f.). Obtenido de

<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448147197.pdf>

Paradas, M. F. (s.f.). *Adurcal*. Obtenido de

<http://www.adurcal.com/enlaces/mancomunidad/historia/electri/electri.htm>

Philips lighting. (s.f.). Obtenido de <https://www.lighting.philips.es/soporte/contacto/tendencias-en-iluminacion/smart-city/farolas-solares-philips>

Sunmaster solar Light Manufacturer. (s.f.). Obtenido de <https://es.solarlightsmanufacturer.com/las-ventajas-y-desventajas-del-alumbrado-publico-solar/>

Tena, J. I. (2016). *Introducción a las finanzas empresariales*. Madrid: PIRÁMIDE.

Universidad Politécnica de Cataluña, U. (s.f.). *Centro de Innovación Tecnológica en Convertidores Estáticos y Accionamientos*. Obtenido de

https://recursos.citcea.upc.edu/llum/externo/vias_p.html#nivel