

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales



Optimización Energética del Alumbrado Público en el casco urbano del municipio de La Unión

TRABAJO FIN DE GRADO

Titulación: Grado en Ingeniería de la Energía

Alumno: Encarnación Sanes Linares

Tutor Académico: Saturnino Catalán Izquierdo

Cotutor: César S. Cañas Peñuelas

Valencia, Julio de 2016

Curso 2015-2016

Optimización Energética del Alumbrado Público en el casco urbano del municipio de La Unión

Alumno: Encarnación Sanes Linares
Tutor: Saturnino Catalán Izquierdo
Cotutor: César S. Cañas Peñuelas

Valencia, Julio 2016

RESUMEN

Es indudable que el alumbrado público exterior posibilita desarrollar múltiples actividades en la noche, proporcionando visibilidad tanto al peatón como al conductor, pero sin embargo representa para los ayuntamientos un gasto económico muy elevado, además de ser un factor con una alta contribución potencial a la contaminación del medio ambiente.

Ante dicha situación, se estima necesario racionalizar y optimizar el uso de las instalaciones del alumbrado público, por lo que se redacta este estudio donde se analizan las opciones más apropiadas para obtener el ahorro de energía correspondiente en varias calles del municipio de La Unión (Murcia).

Analizada la reglamentación vigente y con ayuda de un software especializado, se desarrollan a lo largo de este proyecto varias alternativas para una nueva instalación, más eficiente y rentable que la actual, de alumbrado público en la zona del casco urbano de La Unión. El mayor ahorro energético viene dado por el denominado Diseño 2, con un ahorro económico que asciende a la cantidad de 8.596,63 € año en la factura del consumo de energía. Así mismo, en términos de potencia, el consumo anual para el diseño propuesto mediante tecnología LED es de 10.061,3219 kWh/año, muy distante de los 83.213,576 kWh/año de la instalación existente actual con lámparas VSAP.

Palabras Clave: Alumbrado público, Optimización energética, La Unión

ABSTRACT

Certainly, the street lighting makes multiple activities at night development possible, providing visibility to both the pedestrian and the driver, but it represents a high economic cost for the municipalities. In addition, it is a factor with a high potential contribution to the contamination of the environment.

With this in mind, it is also necessary to have a new street lighting installation, more efficient and effective than the current one. This is why it studying is writing, by analyzing the appropriate measures to make possible this new lighting in La Unión.

Having developed a number of option, the one named Diseño 2 is chosen as the best one, with an economic saving of 8.596,63 € a year in the billing of energy consumption. Moreover, the estimated annual consumption with this new LED technology, in terms of power, is 10.061,3219 kWh a year, a much lower value compared to the current installation of HPS, 83.213,576 kWh a year.

Key Words: Street lighting, Energy optimization, La Unión

Agradecimientos

¡Hola Padre!

¡Hola Madre!

No quiero dejar pasar la oportunidad que me brinda la redacción de este Trabajo Fin de Grado para, desde de sus páginas, agradecer de todo corazón a todos aquellos que me han acompañado y han hecho posible llegar hasta este momento en el que se supone que finaliza mi formación universitaria y comienza la etapa para alcanzar otras interesantes metas.

He sido muy afortunada de contar con la colaboración de mi tutor, el profesor Saturnino Catalán; he contado con su profesionalidad, entrega y colaboración plena para el desarrollo de este trabajo, sin su dirección no habría sido posible llevarlo a cabo.

A todos los profesores y profesoras de esta carrera de Ingeniería de la Energía por impartirnos los conocimientos que a partir de aquí nos convertirá en profesionales.

No quiero olvidarme de mis amigas de La Unión, Mi Auro, Laura y “la kikas”....., un poco más y no me dejan terminar; y cómo no, a mis compañeros de promoción, amigas y amigos, y de una manera especial a Marta, quienes han convertido mi paso por esta Universidad Politécnica de Valencia en una experiencia inolvidable.

ÍNDICE

0.- INTRODUCCIÓN	2
1.- DOCUMENTO Nº 1. MEMORIA DESCRIPTIVA.....	3
1.1. Objetivo del proyecto	4
1.2. Reglamentación	4
1.3. Emplazamiento	5
1.4. Descripción de la zona de estudio	6
1.5. Descripción de la instalación actual	9
1.5.1. Calle Numancia	9
1.5.2. Calle Mayor.....	10
1.5.3. Calle Carrera de Irún	10
1.5.4. Calle Real	11
1.6. Criterios para el diseño de una instalación adecuada.....	12
1.7. Diseño 1	16
1.8. Diseño 2	17
1.8.1. Propuestas de parámetros de iluminación e instalación de las luminarias	17
1.8.2. Elaboración diseño de la instalación de iluminación parámetros establecidos.....	17
a. Flujo lumínico	17
b. Luminaria.....	18
c. Soporte.....	18
d. Factor de mantenimiento.....	18
e. Cálculo inicial con ordenador	19
f. Justificación REEIAE	20
g. Calificación Energética.....	20
1.8.3. Propuesta de solución para Diseño 2 de la instalación	20
1.8.4. Instalación Eléctrica	27
1.8.5. Regulación y control del flujo lumínico	28
1.9. Verificación del ahorro de las propuestas de mejora.....	30
2. DOCUMENTO Nº 2. MEMORIA DE CÁLCULOS.....	32
2.1. Calle Numancia	33
2.2. Calle Mayor.....	37
2.3. Calle Carrera de Irún	42
2.4. Calle Real.....	49
2.5. Coste de la energía	57
3. DOCUMENTO Nº 3. PRESUPUESTO	67
4. DOCUMENTO Nº 4. PLANOS.....	76
5. CONCLUSIONES.....	92
6. ANEXOS.....	93

NOMENCLATURAS Y ABREVIATURAS

BOE	Boletín Oficial del Estado
E_m	Iluminancia media
E_{min}	Iluminancia mínima
ETSII	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
FHS	Flujo Hemisferio Superior
GIE	Grado Ingeniería de la Energía
IMD	Intensidad Media Diaria
km	Kilómetro
kW	Kilovatios
kWh	Kilovatio hora
LED	Light Emitting Diode. Diodo emisor de luz
Lm	Lumen
Lx	Lux
Lm	Lumen
m	Metro
mA	Miliamperio
mm	Milímetro
OM	Orden Ministerial
R	Reglamento
RD	Real Decreto
P	Patrimonio
R	Reglamento
REEIAE	Regl. Eficiencia Energética Instalaciones Alumbrado Exterior
T	Total
TFG	Trabajo Fin de Grado
U_m	Uniformidad media
UPV	Universidad Politécnica de Valencia
VSP	Vapor Sodio Alta Presión
W	Vatios

Introducción

INTRODUCCIÓN

Como cuestión previa, la autora que suscribe desea comentar que, a la hora de llevar a cabo el presente Trabajo Fin de Grado -TFG- en el grado de Ingeniería de la Energía, se ha tenido en cuenta que, si bien se trata de un ejercicio académico, su redacción se ajusta a las formas y contenidos reglados de trabajos similares que, de forma inmediata, va a tener que realizar en el ejercicio de su futura profesión.

Así, considerando este TFG un ejercicio original e individual en el ámbito de las tecnologías de la Ingeniería de la Energía, en él se sintetizan e integran las competencias adquiridas en las disciplinas que se han impartido como estudiante a la largo de los cursos escolares que anteceden.

Por tanto, este TFG, aunque ejercicio académico, debe entenderse como un trabajo puente en el que se trata de conseguir que como estudiante cambie en cierta medida el punto de vista académico por el profesional, reflexionando sobre las consecuencias y responsabilidades derivadas del futuro trabajo a desarrollar en esta rama de la Ingeniería.

En efecto, para este trabajo se ha considerado de interés que las administraciones públicas son uno de los principales consumidores de energía debido al gran número de instalaciones que gestionan y mantienen, especialmente las de alumbrado público, y que para algunos municipios puede suponer entre el 40% y 70% del total del consumo público, lo que supone un porcentaje muy elevado de la partida presupuestaria final del ayuntamiento. Asimismo conviene recordar que la energía eléctrica consumida por este alumbrado supone una amenaza para el medio ambiente por las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

En ese anterior contexto, se desarrolla a continuación la redacción del TFG denominado "Optimización energética del alumbrado público en el casco urbano del municipio de La Unión" en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales en la Universidad Politécnica de Valencia, Grado en Ingeniería de la Energía -GIE-.

DOCUMENTO 1. Memoria Descriptiva

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Objeto del proyecto

Este estudio sobre Optimización Energética en alumbrado público se basa en la realización de un diagnóstico energético concienzudo y pormenorizado de aquellas instalaciones energéticas dependientes de la administración local, en el que se plantean una serie de propuestas de ahorro que incidirán directamente en el consumo energético y su coste correspondiente, en especial del alumbrado exterior así como en otras instalaciones municipales.

Con la realización de este estudio se pretende, entre otros, cumplir con los objetivos de reducción del gasto energético municipal, así como la mejora de las instalaciones y establecimiento de los adecuados programas de gestión y mantenimiento.

El presente TFG se basa en el análisis de diferentes alternativas de diseño para el alumbrado público de las calles Mayor, Real, Carrera de Irún y Numancia ubicadas en el municipio murciano de La Unión, con el fin de hacer del alumbrado, el adecuado para obtener de éste el mayor rendimiento de la manera más óptima. Así pues, contemplará el estudio luminotécnico de los viales y aceras correspondientes a las zonas nombradas anteriormente.

Por lo tanto, el fin del presente trabajo es la identificación, el control y la planificación para la rectificación de los aspectos energéticos del alumbrado público de La Unión que no son eficientes, así como la implantación de las medidas correctoras necesarias para paliar dicha ineficiencia, sin olvidar la aplicación de sistemas y procedimientos de control que nos aseguren el correcto funcionamiento en el tiempo de todas las medidas establecidas.

1.2. Reglamentación

El marco normativo consultado para la elaboración de este trabajo ha sido extenso. La aplicación de esta normativa se traduce en consecuencias prácticas de gran trascendencia para las instalaciones de alumbrado estudiadas:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado en Consejo de Ministros y reflejado en el Real Decreto 842/2002, del 2 de Agosto.
- 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. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. BOE: 19 de noviembre de 2008.
- Instrucciones para Alumbrado Público Urbano editadas por la Gerencia de Urbanismo del Ministerio de la Vivienda en el año 1965.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación
- Norma EN-60 598.

- Orden de 16 de mayo de 1989, por la que se modifica el anexo del Real Decreto 2642/1985, de 18 de diciembre, sobre especificaciones técnicas de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico) y su homologación. Ministerio de Industria y Energía. BOE: 15 de julio de 1989.
- Real Decreto 401/1989 de 14 de abril. Modifica Real Decreto 2642/1985, de 18 de diciembre, sobre sujeción a especificaciones técnicas y homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico). Ministerio de Industria y Energía. BOE: 26 de abril de 1989.
- Orden de 12 de junio de 1989. Establece la certificación de conformidad a normas como alternativa a la homologación de los candelabros metálicos (báculos y columnas de alumbrado exterior y señalización de tráfico). Ministerio de Industria y Energía. BOE: 7 de julio de 1989.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, por el que se regula las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica. Ministerio de Economía. BOE: 27 de diciembre de 2000.
- Ley 31/1995, del 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- RD 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- RD 485/1997, del 14 de abril de 1997, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- RD 1215/1997, del 18 de julio de 1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- RD 773/1997, del 30 de mayo de 1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Condiciones impuestas por los Organismos Públicos afectados y Ordenanzas Municipales.

Asimismo, se aplicarán las normas UNE de obligado cumplimiento para los materiales que sean objeto de ellas y las prescripciones particulares que tengan dictadas los Órganos Competentes.

1.3. Emplazamiento

Este apartado tiene la finalidad de ubicar geográficamente el municipio de La Unión junto con la descripción de sus singularidades más relevantes a tener en cuenta para la redacción de este TFG.

La Unión es un municipio situado al sureste de la Región de Murcia (Fig. 1 y Fig. 2), entre las playas del Mar Menor y el Mar Mediterráneo. En efecto, el término municipal de La Unión se encuentra situado al sureste de la capital regional, Murcia, de la que dista 54 km., y a tan sólo 10 km del municipio de Cartagena.

El municipio de La Unión limita con el término municipal de Cartagena al norte, este y oeste y al Sur con el Mar Mediterráneo a través de la pedanía unionense de Portmán.

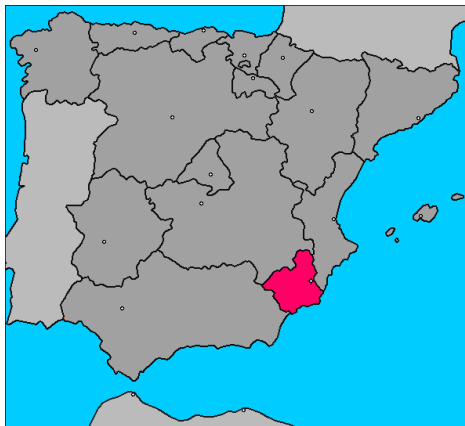


Fig. 1. Ubicación Región de Murcia



Fig. 2. Ubicación Municipio de La Unión

El término municipal está formado por el núcleo urbano principal, La Unión, y su dos pedanías de Roche y Portmán. La extensión del municipio es de 24'8 km², encontrándose rodeado, salvo en su apertura al Mar Mediterráneo, por el término municipal de Cartagena.

1.4. Descripción de la zona de estudio

Para la elaboración de este trabajo se ha seleccionado varias calles de una trama en el interior del casco urbano integrada entre dos vías principales como son las denominadas calle Mayor y calle Real (travesía municipal de la antigua N-332 que une La Unión con el arco mediterráneo) y dos de las vías de conexión entre ambas llamadas Carrera de Irún y calle Numancia (Fig. 3).



Fig. 3. Calles de La Unión objeto de estudio

Estas citadas vías y calles han sido seleccionadas por sus singularidades en cuanto a su longitud y anchura, tráfico, tránsito peatonal y características del alumbrado público, siendo ellas ejemplo de la diversa tipología que presentan las distintas calles de la localidad. Así se describe en términos generales las siguientes:

- *Calle Mayor* (Fig. 4): Vía amplia, con tráfico rodado en ambas direcciones y aceras anchas para los peatones. El alumbrado actual está formado por luminarias dirigidas a ambas zonas, y dispuestas a tresbolillo en toda su longitud.



Fig. 4. Calle Mayor

- *Calle Real* (Fig. 5): Antigua travesía de la carretera nacional N-332, con gran densidad de tráfico y amplias aceras que presentan tramos de aparcamiento y arbolado ornamental. En su acera sur dispone de carril bici. Asimismo el alumbrado actual presenta luminarias dirigidas tanto a calzada como hacia la zona de acera peatonal.



Fig. 5. Calle Real

- *Carrera de Irún* (Fig. 6): Calle amplia de calzada única y de doble sentido de circulación de vehículos. Las aceras son muy irregulares en cuanto a la diversa anchura que presentan según los tramos. El alumbrado actual está constituido con una única luminaria dirigida hacia calzada. En algunas zonas alternan los báculos con otras fijadas a fachada de los edificios.



Fig. 6. Calle Carrera de Irún

- *Calle Numancia* (Fig. 7): Típica calle estrecha del casco antiguo de carácter semipeatonal y única dirección para el tráfico. Los puntos de luz se encuentran fijados en la fachada de los edificios y tan solo se disponen en la cara oeste de la calle.



Fig. 7. Calle Numancia

Como particularidad, se hace el estudio de dos glorietas existentes; una de ellas en la intersección de la calle Carrera de Irún con calle Real que se ha denominado como Glorieta 1 Polideportivo y la segunda se encuentra en dirección este a unos 100 m aproximadamente y se ha denominado Glorieta 2 Mercadona. Ambas presentan proyecto de alumbrado con las mismas características (Fig. 8 y 9).



Fig. 8. Glorieta 1



Fig. 9. Glorieta 2

1.5. Descripción de la instalación actual

Para comenzar, se procede a una descripción detallada del tipo de instalación que se encuentra en cada una de las zonas objeto del trabajo, con el fin de analizar las posibles deficiencias energéticas que pueden presentarse en cada una de ellas y encontrar una solución adecuada.

1.5.1. Calle Numancia

En la calle Numancia se encuentran instalados actualmente 12 puntos de luz con una interdistancia irregular que oscila entre los 20 y 50 metros. La altura de montaje no es la misma en ninguno de los casos, ésta varía entre 5 y 11 m.

Las luminarias son de la marca IEP, modelo 5086607. Están sujetas a un soporte tipo mural y están dispuestas mediante distribución unilateral en la acera oeste. Las lámparas son de vapor de sodio a alta presión (VSAP) con una potencia de individual 70 W y una potencia total de 840 W. Cabe destacar las inadecuadas condiciones de conservación y mantenimiento en las que se encuentran las luminarias, ofreciendo la mayoría de ellas signos de oxidación y una mala posición en cuanto a orientación del haz luminoso.

Teniendo en cuenta los valores de iluminancia y uniformidad indicados en la reglamentación, en la siguiente tabla 1 se observa el exceso de iluminación que presenta esta calle:

Tabla 1. Calle Numancia

ACERA oeste Con luminarias (S3)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 9$	-	1,5
Instalada	12,7	-	6,49
Cumple	✗	-	✓
ACERA este Sin luminarias (S3)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 9$	-	1,5
Instalada	9,29	-	6,85
Cumple	✗	-	✓
CALZADA (CE4)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	16,2	0,52	-
Cumple	✗	✓	-

1.5.2. Calle Mayor

El número de puntos de luz existentes en la zona de la calle Mayor estudiada es de 28 puntos luz instalados a tresbolillo, con una interdistancia irregular entre ellos.

Las luminarias son de la marca IEP, modelo 89108. Los puntos de luz constan de un soporte mediante columna con dos luminarias cada uno. Una tiene función ambiental y está orientada hacia la acera, con una altura de 4 m. La otra es de tipo funcional, orientada hacia la calzada e instalada a una altura de 9'5 m.

Las lámparas correspondientes a la luminaria tipo ambiental son de 70 W, mientras que las instaladas a más altura son de 100 W de potencia, con una potencia total instalado de 4.760 W. Ambas lámparas son de VSAP.

Los puntos de luz de esta vía son los que se encuentran en mejor estado de conservación de todos los estudiados. Sin embargo, como bien se observa en la tabla 2, los datos de iluminancia que presentan en la actualidad no cumplen con los valores exigidos en la reglamentación para la clasificación actual de las vías.

Tabla 2. Calle Mayor

ACERA norte (S3)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 9$	-	1,5
Instalada	31,5	-	7,81
Cumple	✗	-	✓
ACERA sur (S3)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 9$	-	1,5
Instalada	21,1	-	9,19
Cumple	✗	-	✓
CALZADA (CE4)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	33	0,48	-
Cumple	✗	✓	-

1.5.3. Calle Carrera de Irún.

En la calle Carrera de Irún existen 25 puntos de luz instalados de manera muy irregular. Se presentan diversas zonas con distribuciones a tresbolillo, unilateral y bilateral pareada.

Las luminarias son de la marca IEP, modelo 5086607. Están sujetadas por un soporte tipo columna de alturas variables entre los 8 y 10 metros. Asimismo se presentan algunas unidades de tipo mural. Las lámparas son de vapor de sodio a alta presión, con una potencia de 100 W. La potencia total instalada es de 2.500 W.

La irregularidad encontrada en toda la vía y las malas condiciones en las que se encuentran los materiales de la instalación, impiden una buena eficiencia de la misma.

Asimismo se puede comprobar, con los datos reflejados en la tabla 3, el incumplimiento en la actual instalación de la calle Carrera de Irún algunos valores de iluminancia y uniformidad requeridos.

Tabla 3. Carrera de Irún

ACERA este (S3)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 9$	-	1,5
Instalada	9,72	-	2,82
Cumple	✗	-	✓
ACERA oeste (S3)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 9$	-	1,5
Instalada	7,88	-	4,26
Cumple	✓	-	✓
CALZADA (CE4)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	13,3	0,12	-
Cumple	✗	✗	-

1.5.4. Calle Real

En la zona de la calle Real objeto de estudio hay un total de 83 luminarias y 54 puntos de luz. Todos los puntos de luz están dispuestos a una interdistancia diferente y con una distribución tanto unilateral, como a tresbolillo o bilateral pareada.

En una parte de la vía, se encuentran los puntos de luz en un soporte mediante columna, en el que se disponen dos luminarias. La luminaria *Saturn 3s* tiene función ambiental y está orientada hacia la acera y presenta una altura de 4 m. La luminaria *Onyx 3* es de tipo funcional, orientada hacia la calzada e instalada a una altura de 10 m. Ambas son de la marca Schrédéc. Las lámparas correspondientes a la luminaria tipo funcional son de 70 W, mientras que las instaladas para la iluminación de la calzada son de 100 W de potencia. Ambas lámparas son de VSAP.

En el resto de la vía, las luminarias son modelo 89108 de la marca IEP y tienen una potencia de 100W. La potencia total instalada para la zona de la calle Real estudiada es de 7.430 W.

Se puede observar en esta vía (casi en la totalidad del recorrido que abarca como objeto de estudio), que hay obstáculos (arbolado ornamental) que se encuentran situados en la zona de proyección de la gran mayoría de luminarias, produciéndose algunas situaciones de ineficiencia lumínica. Además, el erróneo dimensionado de la instalación actual conlleva a una mala iluminación como bien se observa en la tabla 4.

Tabla 4. Calle Real

ACERA sur (S3)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 9$	-	1,5
Instalada	3,26	-	0,7
Cumple	✗	-	✗
ACERA norte (S3)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 9$	-	1,5
Instalada	4,67	-	2,99
Cumple	✗	-	✓
CALZADA (CE4)	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	33,4	0,19	-
Cumple	✗	✗	-

Como se puede observar en las tablas anteriores, la instalación actual sobrepasa los límites de iluminancia permitidos y no cumple con las uniformidades exigidas en el Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior -REEIAE- para la clasificación actual de las vías, por lo que el consumo de energía se encuentra incrementado y conlleva un mayor gasto de capital innecesario. Todo ello, sumado a la antigüedad y el deterioro encontrado en parte de la instalación existente, hace necesario el diseño y la puesta en marcha de una nueva instalación de alumbrado público en el municipio de la Unión.

Además, en todas las vías estudiadas, la regulación de la instalación consta de un reloj astronómico que se encuentra situado en el cuadro de mando correspondiente existente para cada una de ellas.

En el documento correspondiente de Planos se refleja una representación en 3D de la disposición de todos los puntos de luz que se encuentran en la actualidad para cada una de las vías estudiadas en este TFG.

Cabe destacar que la justificación de los valores exigidos de iluminancia, iluminancia mínima y uniformidad para cada tipo de vía se expone en el siguiente apartado 1.6. Criterios para el diseño de una instalación adecuada.

1.6. Criterios para el diseño de una instalación adecuada

De una forma general, la elección de la tecnología y el diseño del sistema de iluminación para la instalación de alumbrado han de ser confeccionados teniendo en cuenta la finalidad de conseguir los niveles de iluminancia adecuados en cada zona a iluminar, disminuyendo los costos de inversión, energéticos o de mantenimiento tanto como sea posible.

La elección de los materiales a usar en el proyecto es uno de los elementos más importantes. Su selección depende de criterios tanto económicos como estéticos, entre otros, aunque normalmente estos factores no son compatibles entre sí, prevaleciendo unos sobre otros a razón de la persona con la decisión final y dependiendo del presupuesto que se tiene para dicho fin.

Es por esta razón que se proponen y se desarrollan, a lo largo de este proyecto, dos formas de actuación para resolver el problema de exceso de iluminación en algunas vías y falta de iluminación en otras; la primera consiste en mantener la instalación actual, cambiando solamente las luminarias de VSAP por luminarias con tecnología LED, la segunda conlleva un cambio de toda la instalación de alumbrado como cuadros de mando, líneas eléctricas, puntos de luz íntegros y aparatos de regulación. También se cambiará el tipo de iluminación de VSAP a LED.

Así, la elección de la tecnología LED como solución se debe a las ventajas ofrecidas por esta nueva tecnología en cuanto a diferentes aspectos como son:

- *Altas eficiencias energéticas.* Eficiencia energética superior a las alternativas como VSAP y halogenuros.

- *Rendimiento luminaria elevado.* Las luminarias LED tienen reflectores y lentes por cada pequeño diodo y en las tradicionales solo uno para todo el conjunto, por lo que se consigue un mayor rendimiento.

- *Alta calidad de color.* Comparada con las lámparas de VSAP, las lámparas LED ofrecen un mayor Índice de Rendimiento Cromático -IRC- y permiten una amplia variedad de colores puros.

- *Vida útil de funcionamiento:* De más de 50.000 horas.

- *Encendido instantáneo.* A diferencia de las lámparas de sodio, los LED permiten un arranque rápido, por lo que alcanza su nivel óptimo de iluminación y temperatura de color en el momento de encendido.

Aunque esta tecnología es más cara, su bajo coste de mantenimiento y su reducción de consumo respecto a las tecnologías de iluminación más usadas actualmente, permiten una pronta recuperación de la inversión inicial.

En primer lugar e independientemente de la solución que se vaya a tomar, lo que se plantea inicialmente a la hora de elaborar el diseño de una instalación de alumbrado público es la clasificación de la vía para saber los niveles de iluminancia, uniformidad, eficacia luminosa, etc..., exigidos por el REEIAE.

Para la clasificación de las vías seleccionadas en este TFG (Numancia, Real, Carrera de Irún y Mayor) y selección de las clases de alumbrado se tienen en cuenta las singularidades descritas en la ITC-EA-02. El criterio principal seguido es la velocidad de circulación como indica la tabla 1 de dicha instrucción técnica; asimismo se establecen subgrupos mediante otros criterios como son el tipo de vía y la intensidad media de tráfico diario -IMD-.

Se observa que son en las tablas 3, 4 y 5 de la citada instrucción técnica (se encuentran en el apartado de anexos del proyecto), dónde se encuentran definidas las clases de alumbrado para las diferentes situaciones de proyecto correspondientes a la clasificación de vías anteriores.

Haciendo un estudio minucioso, se puede concluir que la distancia de visión no está entre 60 y 160 m en todas las zonas, por lo que, en este trabajo se tiene la necesidad de trabajar con iluminancias. De esta manera, una vez realizada la clasificación de situación de proyecto correspondiente a la tipología ME se utiliza el requerimiento similar correspondiente al CE indicado en la tabla 19 del reglamento.

La clasificación ME incluye los tipos de vías con clasificación A y B, coincidiendo con las vías de alta y moderada velocidad, mientras que la clasificación CE abarca los tipos de vías C, D y E, que hacen referencia a los carriles bici, zonas de baja velocidad y vías peatonales.

Con los criterios anteriores se describen a continuación las indicaciones para cada una de las vías seleccionadas:

Calle Numancia: Se trata de una vía semipeatonal situada en el área antigua del casco urbano de la Unión, con una anchura de 6,5 metros, dedicada al uso compartido de peatones (preferente) y vehículos, con velocidad limitada a 20 km/h y con IMD inferior a 7.000. La vía se divide en calzada y aceras este y oeste.

Ambas aceras corresponden a la situación de proyecto E1 considerando la vía como espacios peatonales de conexión, calles peatonales y aceras a lo largo de la calzada con un flujo de peatones normal, por lo que se considera clase de alumbrado S3. Para la calzada se toma una clase de alumbrado ME4b correspondiente a la situación de proyecto B1, considerando la vía como distribuidora local y accesos a zonas residenciales con un IMD menor de 7000.

Calle Mayor: Vía principal comercial del casco urbano de 12 metros de anchura, con velocidad limitada a 50 km/h y con IMD superior a 7.000. La vía se divide en calzada y aceras norte y sur.

Ambas aceras corresponden a la situación de proyecto E1 considerando la vía como espacios peatonales de conexión, calles peatonales y aceras a lo largo de la calzada con un flujo de peatones normal. Se consideran clase de alumbrado S3. Las zonas de aparcamiento deberán cumplir la iluminación media exigida por su acera colindante.

Para la calzada se considera clase de alumbrado ME4b correspondiente a la situación de proyecto B1, considerando la vía como distribuidora local y accesos a zonas residenciales con un IMD mayor de 7.000.

Calle Carrera de Irún: Vía con calzada y aceras (este y oeste) y con limitación de velocidad a 50 km/h. La IMD está comprendida entre 7.000-15.000.

Ambas aceras corresponden a la situación de proyecto E1 considerando la vía como espacios peatonales de conexión, calles peatonales y aceras a lo largo de la calzada con un

flujo de peatones normal. Se consideran clase de alumbrado S2. Las zonas de aparcamiento deberán cumplir la iluminación media exigida por su acera colindante.

Para la calzada se considera clase de alumbrado ME4b correspondiente a la situación de proyecto B1, considerando la vía como distribuidora local y accesos a zonas residenciales con un IMD mayor de 7.000.

Calle Real: Antigua vía de la travesía de la carretera nacional N-332, con IMD entre 7.000 y 15.000. La anchura de la vía es de 15 m, incluyendo las aceras norte y sur (ésta con carril bici) que dispone de tramos de aparcamiento y arbolado ornamental. La velocidad está limitada a 50 km/h.

Ambas aceras corresponden a la situación de proyecto E1 considerando la vía como espacios peatonales de conexión, calles peatonales y aceras a lo largo de la calzada con un flujo de peatones normal. Se consideran clase de alumbrado S3. Las zonas de aparcamiento deberán cumplir la iluminación media exigida por su acera colindante.

Para la calzada se considera clase de alumbrado ME4b correspondiente a la situación de proyecto B1, considerando la vía como distribuidora local y accesos a zonas residenciales con un IMD menor de 7.000.

En la siguiente tabla 5 quedan reflejadas, a modo de resumen, las características indicadas anteriormente:

Tabla 5. Resumen

Nombre Vía		IMD	Velocidad	Tipo vía	Clase alumbrado
- Numancia		< 7.000	30-60 Km/h	Tipo E	S3
- Mayor	peatonal	7.000 y 15.000	< 5 km/h	Tipo E	S3
	calzada	7.000 y 15.000	30-60 Km/h	Tipo B	ME4b*
- Real	peatonal	7.000 y 15.000	< 5 km/h	Tipo E	S3
	calzada	7.000 y 15.000	30-60 Km/h	Tipo B	ME4b*
- Carrera de Irún	peatonal	7.000 y 15.000	< 5 km/h	Tipo E	S3
	calzada	7.000 y 15.000	30-60 Km/h	Tipo B	ME4b*

*Como criterio expuesto anteriormente, las vías calificadas como ME4b se estudiarán con los parámetros establecidos por el Reglamento para los tipos de vía CE4.

Una vez realizada la clasificación de los diferentes tipos de vía, se procede a la exposición de los dos diseños planteados que se han considerado de mayor interés para el alumbrado público de las zonas seleccionadas del caso urbano de La Unión.

1.7. Diseño 1

Este diseño consiste en una actualización de la tecnología existente en la instalación mediante un cambio de luminaria, manteniendo todas las demás partes de la instalación. Con ello se obtendrá un mayor ahorro económico, ya que la elección de una luminaria y un flujo por punto más ajustado a la vía, permitirá una mejor iluminación, con un menor consumo de potencia. Además, se añade un sistema de regulación de flujo que permite establecer una curva de regulación con la siguiente configuración. Debido al tránsito de peatones, se establece una secuencia de regulación, de manera que:

- 2 horas encendidas al 100 %.
- 1 hora encendidas al 50 %.
- 6 horas encendidas al 40 %.
- 1 hora encendida al 50 %.
- 1 hora encendida al 70%.

El procedimiento de diseño, cálculo y optimización es análogo a los que se describe con detalle en el Diseño 2, pero manteniendo las posiciones actuales de los puntos de luz. Por lo que, una vez hecha la clasificación de la vía y usando el valor de interdistancia y altura más desfavorable, se obtiene un flujo a partir del cual se elegirá la luminaria adecuada.

Las 12 luminarias de 100 W de VSAP de la calle Numancia, se sustituyen por luminarias modelo QUEBEC LED de Philips con un consumo individual de 36 W, y por tanto un consumo total de 432 W de potencia y un flujo lumínico de 4.750 lúmenes. Estas lámparas tienen una alta eficacia luminosa y un alto índice de reproducción cromática.

Las luminarias de 100 W de VSAP de la calle Mayor se cambian por luminarias del modelo LUMISTREET de la marca Philips con un consumo individual de 31,5 W, y las de 70 W, por el mismo modelo de luminaria pero con un consumo de 12,8 W. Con este cambio, el consumo potencia de las luminarias en la calle Mayor es de 1.240,4 W.

Las luminarias de 100 W de la calle Carrera de Irún se sustituyen por luminarias del modelo LUMISTREET de la marca Philips, con una potencia de 83 W, para la zona más ancha de la vía y de 39,5 W, para la zona más estrecha, con una potencia total de 1.857,5 W.

Las luminarias de 100 W de VSAP de la calle Real se cambian por luminarias del modelo SPEEDSTREET de la marca Philips con un consumo individual de 50 W (39 luminarias), y las de 70 W, por el mismo modelo de luminaria pero con un consumo de 20 W (30). Las luminarias de las glorietas son del mismo tipo de con un potencia de 87 W (15). Con este cambio, el consumo de potencia de las luminarias en la calle Real es de 3.855 W. Como se ha comentado al describir la zona actual, esta vía contiene numerosas ineficiencias lumínicas como consecuencia de los árboles ornamentales, por lo que, para que se pueda cumplir con la iluminancia media que se requiere, se hará una poda o, si fuese necesaria, la tala total de los mismos.

Además, debido a la inexistencia de puntos de luz, y en consecuencia el incumplimiento de iluminación del reglamento, en la parte de la acera sur situada antes de llegar a la glorieta 1 se proponen 2 alternativas: la incorporación de tres puntos de luz, con su correspondiente obra

civil, o la incorporación de 2 proyectores en los puntos de luz más cercanos a la zona en cuestión.

La instalación eléctrica existente se mantendrá. Al tener con el nuevo diseño una menor demanda de potencia, el dimensionado de la instalación actual hace factible su uso.

Con estos cambios se corrige la alta ineficiencia de la situación actual y se consiguen los valores exigidos por la normativa para los diferentes parámetros de iluminación.

1.8. Diseño 2

Como se ha podido observar, los principales problemas de ineficiencia energética descritos para la instalación actual son principalmente la ubicación de los diferentes puntos de luz, siendo esta irregular e inadecuada para la iluminación de las vías, así como el incorrecto dimensionado del flujo lumínico necesario en cada vía.

Esta propuesta de cambio total de la instalación incluye el diseño de una nueva distribución de los puntos de luz, con su correspondiente instalación eléctrica, así como un cambio integro de dichos puntos, de luminaria, soporte y equipos.

Dada la mayor complejidad de esta solución respecto al diseño 1, se desarrolla en los siguientes apartados de manera más detallada y extendida.

1.8.1. Propuesta de parámetros de iluminación e instalación de las luminarias. Condicionantes adicionales de la nueva instalación

Para el diseño de la nueva instalación de alumbrado público de La Unión, los técnicos municipales consultados indican los siguientes requerimientos que exigen su cumplimiento:

- Al tratarse de zonas urbanas, se exige una altura e interdistancia máximas de instalación de las luminarias de 8 y 25 m respectivamente.
- En todo momento se cumplirá con los valores exigidos por las ITC-EA.
- Para el mantenimiento de las luminarias establece, para todos los casos, un grado de contaminación medio.

1.8.2. Elaboración del diseño de la instalación a partir de parámetros establecidos

El tipo de luminaria elegida finalmente dependerá de factores como dimensiones de la calle, uso de la zona, tipo de vía, etc. A continuación se hace un resumen de actuación, partiendo de la clasificación de las vías descritas en el apartado 1.6. Criterios para el diseño de una instalación adecuada, que será complementado con la Memoria de Cálculos y en el apartado de Planos y se expondrá en el apartado de diseño.

a. Flujo lumínico preliminar

A partir de las características de cada vía se obtiene un valor de flujo inicial mediante la siguiente fórmula:

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * \eta}$$

ϕ = Flujo de la luminaria (Lm)
Em = Iluminancia media de la vía (Lx)
A = Ancho de la vía (m)
D = Interdistancia entre luminarias
F_m = Factor de mantenimiento
 η = factor de utilización

La iluminancia media de la vía tendrá un valor que dependerá de a la clase de alumbrado con la que se ha clasificado la vía en el apartado anterior.

La interdistancia inicial dependerá del tipo de distribución elegida. Así, para la elección de un alumbrado unilateral se tomará un valor de 2 veces la altura de la luminaria y para un diseño inicial con distribución bilateral pareada o a tresbolillo, éste será de 3 veces la altura. El valor de esta altura inicial será igual al valor del ancho de la zona a iluminar.

Estos valores se han establecido con el objetivo de cumplir con los valores de uniformidad e iluminancia establecidos en el reglamento, intentando no tomar interdistancias entre puntos de luz excesivamente grandes por no ser recomendable en zonas urbanas.

Se considera una estimación del valor inicial del factor de mantenimiento de 0,8, verificado a posteriori y del factor de utilización 0,5.

b. Luminaria

Una vez obtenido el flujo preliminar, se procede a escoger una luminaria que mejor cumpla con las necesidades específicas para las diferentes zonas.

Es importante una elección adecuada de la distribución fotométrica. La forma y dirección de la distribución de la luz emitida por la lámpara es un factor indispensable para cumplir con los valores de U y Em requeridos. El grado de hermeticidad que se exige es de IP65, siendo más recomendable IP66 en caso posible.

c. Soportes

Los soportes para las luminarias dependerán del tipo de montaje requerido para cada zona. En el caso en el que el soporte sea tipo columna serán de tipo troncocónica de acero, por lo que deberá cumplir los requerimientos indicados en RD 401/89 y OM de 16/5/89. Además, estos soportes deberán ir provistos de una puerta situada a 0,3 m del suelo como mínimo, para colocar el equipo eléctrico. Los apoyos serán instalados en una placa base mediante el uso de pernos roscados y tuercas.

d. Factor de mantenimiento

Como indica la ITC-EA-06, el factor de mantenimiento es:

$$fm = FDFL * FSL * FDLU$$

FDSL = factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara

FSL = factor de supervivencia de la lámpara

FDLU = factor de depreciación de la luminaria

El primero de estos factores se encuentra en la ficha técnica del fabricante. Para el cálculo de depreciación de la luminaria se establece un plan de limpieza en el que se actuará cada tres años. Se va a considerar en todas las vías un grado de contaminación bajo, ya que el IMD de las mismas no es alto.

Dependiendo del grado de hermeticidad proporcionado por el fabricante, se hará una selección del FDLU mediante la tabla 3 de la ITC-EA-06.

El factor de supervivencia de la lámpara es 1, ya que, en el alumbrado público, cada vez que un punto de luz deja de emitir, se procede a la reposición de la misma.

e. Cálculo inicial con ordenador

Partiendo de la geometría de cada vía y con la luminaria seleccionada en base a los términos técnicos expuestos en los apartados anteriores, se procede al cálculo de la posición y la cantidad de puntos de luz necesarios para una iluminación.

Es necesario comprobar que, con la distribución de los puntos de luz elegida, se cumplen los valores de todos los parámetros fotométricos que se describen a continuación, indicados en las diferentes instrucciones técnicas complementarias del reglamento de eficiencia energética:

- Los niveles medios de iluminancia no pueden superar el 20 % de los niveles de referencia establecidos por la ITC-EA-02.
- Se exige el cumplimiento de la uniformidad mínima de la ITC-EA-02 para cada tipo de vía. Para el resto de requisitos fotométricos, la norma establece unos valores de referencia, que aunque no son de obligado cumplimiento, son recomendables para la seguridad de los usuarios de las vías.
- El flujo hemisférico superior instalado, FHS_{inst} , de las luminarias en cada zona clasificada en base a su protección contra la contaminación luminosa, no superará los valores límites de la tabla 2 de la instrucción técnica ITC-EA-03.
- Para conseguir unos valores mínimos contra los efectos de la luz intrusa, molesta para los viandantes, se debe cumplir las limitaciones exigidas en la tabla 3 de la ITC-EA-03 para los siguientes parámetros: Iluminancia vertical (E_v), luminancia media de las fachadas y luminancia máxima de las fachadas.
- La eficacia luminosa de las lámparas tendrán un valor superior a 65 lum/W para alumbrados vial, específico y ornamental.
- Se deberán cumplir los requisitos de rendimiento y factor de utilización de la tabla 1 de la ITC-EA-04.
- Los sistemas de regulación del flujo luminoso serán capaces de reducir éste al 50 % en las horas de funcionamiento reducido de las vías.

Estos datos serán verificados con la asistencia informatizada mediante el software específico denominado **DIALUX.evo**.

f. Información de la justificación del cumplimiento del REEIAE

Para cada una de las vías seleccionadas se verificará el cumplimiento de parámetros como iluminancia, uniformidad, FHS, reducción de la contaminación lumínica y eficacia luminosa.

g. Etiqueta energética

Mediante la correspondiente tabla de clasificación energética que se encuentra en el apartado de anexos, se realizará una etiqueta energética para cada una de las nuevas instalaciones de las vías consideradas.

Para realizar este cálculo, se necesita disponer de los valores de los índices de eficiencia energética y de consumo energético.

$$I_{\varepsilon} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$
$$ICE = \frac{1}{I_{\varepsilon}}$$

Se obtiene así el nivel de eficiencia energética de referencia, ε_R , correspondiente a la iluminación media en servicio proyectada según la tabla 3 de la ITC-EA-01. También es necesario dicho valor característico de la vía a etiquetar.

$$\varepsilon = \frac{S * E_m}{P}$$

S = Superficie total de la zona

Em = Iluminancia media en servicio

P = Potencia total instalada

1.8.3. Propuesta de solución para Diseño 2 de la instalación

Así, con las consideraciones anteriores el Diseño de la instalación es el siguiente:

Calle Numancia: Para la elección de la luminaria es necesario, como se ha descrito en el apartado 1.8.2 Elaboración de diseño de la instalación, una vez clasificada la vía, el cálculo de un flujo inicial y la elección de una distribución fotométrica que se adecue a la vía. Como el ancho de la calle no es muy grande, se considera oportuno una distribución de los puntos de luz unilateral, por lo que, dando unos valores de altura igual al ancho de la calzada, 6,5 m, e interdistancia de 2 veces la altura, 13 m, y con los valores de factor de mantenimiento y utilización estimados en el apartado anterior, se obtiene un flujo de referencia de 2.112,5 lúmenes.

Al tratarse de una zona residencial se opta por una distribución fotométrica que proyecte la luz hacia delante, con un mínimo efecto de iluminación hacia atrás.

Tras comparar varias luminarias y lámparas distintas que cumplen (nombradas en la memoria de cálculos), se opta por la luminaria HESTIA MINI / óptica 5103 / 16 LEDS 350mA NW de la marca Schréder, al presentar unos mejores valores de uniformidad e iluminancia, con una menor potencia.

La luminaria elegida tiene una distribución fotométrica especial para calles residenciales y cumple con la distribución de luz que se necesita en esta vía. La lámpara es de 18 W, con una temperatura de color de 4.500 K y un flujo lumínico de 2.288 lúmenes. El cuerpo de la luminaria es de aluminio gris akzo 900 arenado y se cierra con un protector curvo de vidrio templado. El grado de hermeticidad es de IP65 y la clase eléctrica I según IEC-EN 60598.

Al ser una vía con aceras de 1 y 1,5 m, las luminarias serán instaladas en brazos murales, con el fin de mejorar la comodidad de los usuarios de la vía. El soporte elegido será SERIE BMAU-10 de la marca COYBA. En la memoria de cálculos se especificarán detalles de dimensiones del brazo mural.

Después de varios ajustes y con la ayuda del programa Dialux.evo, se optimiza el diseño de la instalación, de manera que tenemos una altura de montaje de las luminarias de 5 m, con una distancia entre ellas de 16,5 m, disponiendo así un total de 20 puntos de luz instalados con un consumo total de 360 W.

Debido al bajo consumo de estas lámparas y a la distribución e instalación seleccionadas se obtiene una eficiencia energética correspondiente a una etiqueta energética con valor A.

Todos los cálculos necesarios así como la justificación de ajustes y modificaciones de altura e interdistancia, para obtener esta solución final, se encuentran adjuntos en el apartado de Memoria de Cálculos de este proyecto. Así mismo, los planos de emplazamiento y los gráficos de distribución fotométrica de las luminarias se encuentran adjuntos en el apartado de Planos de este proyecto.

Calle Mayor: Debido a las irregularidades del trazado de la vía y de sus diferentes características con presencia de zonas con y sin aparcamiento, y calzadas y aceras de diferente anchura, se divide esta vía en 2 partes diferenciadas (zona 1 y zona 2), para una mejor elección del alumbrado apropiado:

- **Zona 1. Mayor-Numancia:** Zona de 200 m de longitud y 10 m de ancho de media. Consta de aceras a ambos lados, de alrededor de 1,5 metros (por lo menos 2,5-3) de ancho cada una.

Una vez clasificada la vía, es necesario conocer los valores de flujo inicial y la elección de una distribución fotométrica que se adecue a la misma. Se considera oportuna una distribución de los puntos de luz bilateral, por lo que, dando unos valores de altura igual al ancho de la calzada a iluminar, 4,5 m, e interdistancia de 3 veces la altura, 13,5 m, y con los valores de factor de mantenimiento y utilización, se obtiene un flujo de referencia de 1.518,75 lúmenes. Al tratarse de una vía con acera ancha que iluminar, es necesaria una distribución fotométrica que la luz proyectada hacia atrás sea suficiente para cubrir las necesidades de iluminancia media de las aceras.

Tras varias comparaciones con 3 lámparas que cumplen estos requisitos, (nombradas en la memoria de cálculos), se toma como opción la luminaria AMPERA MINI / óptica 5119 / 16 LEDS 350mA CW de la marca Schröder al presentar ésta, con menor potencia, unos mejores valores de uniformidad e iluminancia.

La luminaria elegida tiene una distribución fotométrica que cumple con los valores necesarios para esta vía. La lámpara es de 18 W, con una temperatura de color de 4.500 K y

cuyo flujo lumínico es de 2.288 lúmenes. El cuerpo de la luminaria es de aluminio inyectado a alta presión de color gris akzo 900 arenado y se cierra con un protector curvo de vidrio templado. El grado de hermeticidad es de IP66 y la clase eléctrica I según IEC-EN 60598.

Al ser un tramo de vía de aceras anchas, las luminarias irán instaladas en soporte de tipo columna. El soporte elegido será SERIE CTM de la marca COYBA. En la memoria de cálculos se especificarán detalles de dimensiones del brazo mural.

Después de varios ajustes y mediante el programa Dialux.evo, se optimiza el diseño de la instalación. Así, la altura de montaje de las luminarias es de 4,5 m, con una distancia entre ellas de 19 m, disponiendo un total de 22 puntos de luz instalados y con un consumo total de 396 W. Con esta instalación se cumplen con todos los requisitos, tanto los exigidos por el reglamento de instalaciones de alumbrado exterior, tanto como los impuestos por la propiedad, descritos en apartados anteriores.

- **Zona 2. Mayor-Irún:** Zona de 300 m de longitud y 18 m de ancho de media. Consta de aceras a ambos lados con una anchura de aproximadamente 5 m cada una. En la zona norte de la vía existe una zona de aparcamiento de 2,5 m de ancho.

Se considera oportuna una distribución de los puntos de luz bilateral, y al tratarse de una vía con acera demasiado ancha, se opta por dos luminarias en cada soporte, una irá destinada a la iluminación de la calzada y otra a la iluminación de las aceras.

Para el cálculo del flujo preliminar de cada luminaria se procede de la misma manera. Los valores de altura serán igual al ancho de la zona de la vía a iluminar (4,5 m calzada y 3,5 m aceras), en tanto que la interdistancia será de 13,5 m y 11,5 m para la calzada y la acera, respectivamente. Se obtiene un flujo de referencia de 1.518,75 y de 1.006,25 lúmenes. La distribución fotométrica en ambos casos emitirá el haz de luz hacia delante.

Se opta por la luminaria AMPERA MINI / óptica 5137 / 8 LEDS 700mA de la marca Schröder, tras diversas comparaciones, al presentar ésta unos mejores valores de uniformidad e iluminancia, con una menor potencia.

Las luminarias elegidas tienen una distribución fotométrica que cumplen con la distribución de luz que se necesita en esta vía. La lámpara encargada de iluminar la calzada es de 19 W, cuyo flujo lumínico es de 2.013 lúmenes. El cuerpo de la luminaria es de aluminio inyectado a alta presión de color gris akzo 900 arenado y se cierra con un protector curvo de vidrio templado. El grado de hermeticidad es de IP66 y la clase eléctrica I según IEC-EN 60598.

Al ser un tramo de vía con aceras anchas, las luminarias irán instaladas en soporte de tipo columna. El soporte elegido será SERIE CTM de la marca COYBA. En la memoria de cálculos se especificarán detalles de dimensiones del brazo mural.

Con el programa Dialux.evo se ajusta y optimiza el diseño de la instalación, de manera que la altura de montaje de las luminarias es de 5,5 m, con una distancia entre ellas de 22 m presentando un total de 26 puntos de luz instalados con un consumo total de 988 W.

Con esta instalación se cumplen con todos los requisitos, tanto los exigidos por el reglamento de instalaciones de alumbrado exterior, tanto como las condiciones descritas en apartados anteriores.

Gracias al bajo consumo de estas lámparas y a la distribución e instalación seleccionadas se obtiene una eficiencia energética óptima de manera que se ha etiquetado esta calle con un valor A.

Los cálculos, los ajustes, modificaciones de altura e interdistancia y la verificación del cumplimiento del reglamento se encuentran adjuntos en el apartado de Memoria de Cálculos. Los planos de emplazamiento como los gráficos de la distribución fotométrica de las luminarias se encuentran adjuntos en el apartado de Planos.

Calle Carrera de Irún: Como se ha descrito anteriormente, ésta se trata de una vía irregular en la que se encuentran zonas con aceras y calzadas de distinta anchura, con o sin aparcamiento. Estos factores se tienen en cuenta para hacer un diseño óptimo en cada zona a tratar.

Considerando estas diferencias se ha dividido la vía en 3 partes diferenciadas.

- **Zona 1. Carrera Irún-Mayor:** Zona de 150 m de longitud y 8 m de ancho de media. Consta de aceras a ambos lados, de aproximadamente 1,5 m de ancho cada una.

Dado el ancho se considera oportuno una distribución de los puntos de luz unilateral, por lo que, dando unos valores de altura igual al ancho de la calzada, 8 m, e interdistancia de 2 veces la altura, 16 m, y con los valores de factor de mantenimiento y utilización estimados, se obtiene un flujo de referencia de 3.200 lúmenes. Al tratarse de una zona residencial se opta por una distribución fotométrica que proyecte la luz hacia delante, con un mínimo efecto de iluminación hacia atrás.

Tras varias comparaciones se ha opta por la luminaria HESTIA MINI / óptica 5117 / 24 LEDS 350mA NW de la marca Schröder al ser la que permite unos mejores valores de uniformidad e iluminancia, con una menor potencia. La luminaria elegida tiene una distribución fotométrica especial para calles residenciales y cumple con la distribución de luz que se necesita en esta vía. La lámpara es de 28 W, con una temperatura de color de 4.500 K y cuyo flujo lumínico es de 3.482 lúmenes. El cuerpo de la luminaria es de aluminio gris akzo 900 arenado y se cierra con un protector curvo de vidrio templado. El grado de hermeticidad es de IP65 y la clase eléctrica I según IEC-EN 60598.

Al ser un tramo de vía con aceras estrechas, las luminarias irán instaladas en brazos murales con el fin de mejorar la comodidad del usuario de la vía. El soporte elegido será SERIE BMAU-10 de la marca COYBA. En la memoria de cálculos se especificarán detalles de dimensiones del brazo mural.

Con el programa Dialux.evo se optimiza el diseño de la instalación, obteniendo una altura de montaje de las luminarias de 6 m, con una distancia entre ellas de 18 m, y disponiendo así un total de 12 puntos de luz instalados y con un consumo total de 336 W.

Dado el bajo consumo de estas lámparas y la distribución e instalación seleccionadas se obtiene una eficiencia energética óptima, etiquetando esta zona de la vía con un valor A.

- **Zona 2. Carrera Irún-Centro:** Zona de 220 m de longitud y 20 m de ancho de media. Consta de aceras a ambos lados con una anchura de 2 m cada una. En el lado este de la vía existe una zona de aparcamiento de 3 m de ancho.

Debido a la anchura de la calzada se considera oportuno una distribución de los puntos de luz bilateral pareada, por lo que, dando unos valores de altura igual a la mitad del ancho de la calzada (10 m), e interdistancia de 3 veces la altura (30 m) y con los valores de factor de mantenimiento y utilización estimados, se obtiene un flujo de referencia de 7.500 lúmenes. Al tratarse de una zona residencial con amplias aceras, se opta por una distribución fotométrica que proyecte la luz hacia delante con una gran influencia del haz de luz hacia la parte de atrás.

Tras varias comparaciones con 3 lámparas que cumplen estos requisitos se opta por la luminaria HESTIA MIDI / óptica 5119 / 48 LEDS 350mA NW de la marca Schröder que permite, con menor potencia, unos mejores valores de uniformidad e iluminancia.

La luminaria elegida tiene una distribución fotométrica especial y cumple con la distribución de luz que necesaria en esta vía. La lámpara es de 53 W, con una temperatura de color de 4.500 K y cuyo flujo lumínico es de 6.864 lúmenes. El cuerpo de la luminaria es de aluminio gris akzo 900 arenado y se cierra con un protector curvo de vidrio templado. El grado de hermeticidad es de IP65 y la clase eléctrica I según IEC-EN 60598.

Al ser un tramo con aceras suficientemente anchas, las luminarias irán instaladas en soportes tipo columna. El soporte elegido será SERIE CTM de la marca COYBA, y los detalles se especifican en la memoria de cálculos.

Con Dialux.evo, se optimiza el diseño de la instalación, a una altura de montaje de las luminarias de 9 m, con una distancia entre ellas de 30 m, disponiendo así un total de 16 puntos de luz instaladas con un consumo total de 848 W, cumpliendo con los requisitos ya descritos.

Con el bajo consumo de estas lámparas y a la distribución e instalación seleccionadas se obtiene una eficiencia energética óptima de manera etiquetada con un valor A.

- **Zona 3. Carrera Irún-Real:** Zona de 300 m de longitud y 12 m de ancho de media. Consta de aceras a ambos lados de la calzada, de 1,5 m de ancho aproximadamente y aparcamiento de 3 m en la zona oeste y este de la vía.

Debido a la anchura de la calzada se considera oportuno una distribución de los puntos de luz bilateral pareada, por lo que, dando unos valores de altura igual a la mitad del ancho de la calzada (4 m), e interdistancia de 3 veces la altura (30 m) y con los valores de factor de mantenimiento y utilización estimados, se obtiene un flujo de referencia de 7.500 lúmenes. Al tratarse de una zona residencial con aceras de ancho considerable, se opta por una distribución fotométrica que proyecte la luz hacia delante con una gran influencia del haz de luz hacia la parte de atrás.

Tras comparativas previas se opta por la luminaria HESTIA MINI / óptica 5117 / 16 LEDS 350mA NW de la marca Schröder. Esta luminaria elegida tiene una distribución fotométrica

especial y cumple con la distribución de luz que se necesita en esta vía. La lámpara es de 18 W, con una temperatura de color de 4.500 K y cuyo flujo lumínico es de 2.288 lúmenes. El cuerpo es de aluminio gris akzo 900 arenado y se cierra con un protector curvo de vidrio templado. El grado de hermeticidad es de IP65 y la clase eléctrica I según IEC-EN 60598.

Al ser un tramo con aceras suficientemente anchas, las luminarias irán instaladas en soportes tipo columna SERIE CTM de la marca COYBA, especificándose sus detalles en la memoria de cálculos.

Con Dialux.evo se optimiza el diseño de la instalación con una altura de montaje de las luminarias de 5 m y con una interdistancia de 20 m, teniendo así un total de 28 puntos de luz instaladas con un consumo total de 504 W.

La eficiencia energética etiquetada para esta calle es A, gracias al bajo consumo de estas lámparas y a la distribución e instalación seleccionadas.

Todos los cálculos y planos necesitados para obtener esta solución final se encuentran adjuntos en las memorias correspondientes.

Calle Real: Debido a las irregularidades del trazado de la vía y de sus diferentes características, como zonas con y sin aparcamiento y calzadas de diferente anchura, se ha dividido en 3 partes para una mejor elección del alumbrado apropiado. Además se diseña la instalación de alumbrado de dos glorietas (denominadas Mercadona y Polideportivo) urbanas situadas en el tramo de esta vía.

- **Zona 1. Real-Numancia:** Zona de 500 m de longitud y 20 m de ancho de media. Consta de aceras a ambos lados con una anchura de 4 m cada una. En la parte norte de la vía existe una zona de aparcamiento de 3 metros de ancho.

Se considera oportuna una distribución de puntos de luz bilateral pareada. Al tratarse de una vía en la que hay una acera demasiado ancha, se ha decidido poner dos luminarias en cada soporte, una irá destinada a la iluminación de la calzada y otra a la iluminación de las aceras.

Para el cálculo del flujo preliminar de cada luminaria los valores de altura serán igual al ancho de la zona de la vía a iluminar, 4 m calzada y 6 m aceras, mientras que la interdistancia será de 12 m y 18 m para la calzada y la acera, respectivamente. Se obtiene un flujo de referencia de 1.200 lúmenes y de 2.700 lúmenes. La distribución fotométrica en ambos casos será la que mande el haz de luz hacia delante.

Tras varias comparaciones con 3 lámparas que cumplen estos requisitos se propone la luminaria AMPERA MINI / óptica 5137 / 8 LEDS 700mA CW de la marca Schröder, al ser ésta la que permite unos mejores valores de uniformidad e iluminancia, con una menor potencia. Esta luminaria elegida, cumple con la distribución de luz que se necesita en esta vía. La lámpara encargada de iluminar la calzada es de 19 W, cuyo flujo lumínico es de 2.013 lúmenes.

El cuerpo de la luminaria es de aluminio inyectado a alta presión de color gris akzo 900 arenado y se cierra con un protector curvo de vidrio templado. El grado de hermeticidad es de IP66 y la clase eléctrica I según IEC-EN 60598.

Al ser un tramo de vía con aceras anchas, las luminarias irán instaladas en soporte tipo columna SERIE CTM de la marca COYBA cuyos detalles se especifican en la memoria de cálculos.

Optimizando el diseño con Dialux.evo se obtiene una altura de montaje de las luminarias de 6 m y una interdistancia de 26 m, obteniendo un total de 38 puntos de luz instalados, con dos luminarias cada uno, y un consumo total de 1.444 W, cumpliendo esta instalación con todos los requisitos exigidos.

- **Zona 2. Real-Mercadona:** Zona de 250 m de longitud y 10 m de ancho de media, con aceras a ambos lados de 2 m de anchura.

Se considera oportuno una distribución de los puntos de luz bilateral, por lo que, dando unos valores de altura igual al ancho de la calzada a iluminar, 6 m, e interdistancia de 3 veces la altura, 18 m, y con los valores de factor de mantenimiento y utilización, se obtiene un flujo de referencia de 2.700 lúmenes.

Se opta por la luminaria AMPERA MINI / óptica 5119 / 24 LEDS 350mA NW de la marca Schröder y tienen una distribución fotométrica que cumplen con las necesidades de la vía. La lámpara encargada de iluminar la calzada es de 27 W, y su flujo lumínico de 3.432 lúmenes. El cuerpo de la luminaria es de aluminio inyectado a alta presión de color gris akzo 900 arenado y se cierra con un protector curvo de vidrio templado. El grado de hermeticidad es de IP66 y la clase eléctrica I según IEC-EN 60598.

Las luminarias irán instaladas en soporte de tipo columna, eligiendo el modelo SERIE CTM de la marca COYBA, con sus detalles especificados en la memoria de cálculos.

Se optimiza el diseño de la instalación, de manera que tenemos una altura de montaje de las luminarias de 6 m y 22 m de interdistancia, teniendo así un total de 20 puntos de luz con un consumo total de 540 W.

- **Zona 3. Real entre Glorietas:** Zona de 100 m de longitud y 11 m de ancho de media que consta de aceras a ambos lados con una anchura de 2 m cada una.

Las luminarias elegidas, modelo AMPERA MINI / óptica 5119 / 8 LEDS 350mA CW de la marca Schröder, tienen una distribución fotométrica que cumplen con la distribución de luz que se necesita en esta vía. La lámpara encargada de iluminar la calzada es de 10 W, cuyo flujo lumínico es de 1.144 lúmenes. El cuerpo de la luminaria es de aluminio inyectado a alta presión de color gris akzo 900 arenado y se cierra con un protector curvo de vidrio templado. El grado de hermeticidad es de IP66 y la clase eléctrica I según IEC-EN 60598.

Las luminarias irán instaladas en soporte de tipo columna de la serie CTM de la marca COYBA. Después de varios ajustes y con la ayuda del programa Dialux.evo se optimiza el diseño de la instalación, de manera que tenemos una altura de montaje de las luminarias de 4,5 m, con una distancia entre ellas de 19 metros, teniendo así un total de 10 puntos de luz instaladas con un consumo total de 100 W.

Glorieta 2 Mercadona: Las luminarias elegidas, AMPERA MIDI / óptica 1537 / 64 LEDS 350 mA CW de la marca Schröder, tienen una distribución fotométrica que cumplen con la

distribución necesaria. La lámpara encargada de iluminar la calzada es de 70 W, cuyo flujo lumínico es de 9.152 lúmenes. El cuerpo de la luminaria es de aluminio inyectado a alta presión de color gris akzo 900 arenado y se cierra con un protector curvo de vidrio templado. El grado de hermeticidad es de IP66 y la clase eléctrica I según IEC-EN 60598.

Optimizado el diseño con Dialux.evo, se obtiene una altura de montaje de las luminarias de 9,5 m, con un total de 8 puntos de luz instaladas con un consumo total de 560 W. Con esta instalación se cumplen con todos los requisitos, tanto los exigidos por el reglamento de instalaciones de alumbrado exterior.

Glorieta 1 Polideportivo: Las luminarias elegidas, AMPERA MIDI / óptica 1539 / 48 LEDS 700 mA NW de la marca Schröder, tienen una distribución fotométrica que cumplen con la distribución de luz que se necesita vía. La lámpara encargada de iluminar la calzada es de 106 W, cuyo flujo lumínico es de 11.930 lúmenes. El cuerpo de la luminaria es de aluminio inyectado a alta presión de color gris akzo 900 arenado y se cierra con un protector curvo de vidrio templado. El grado de hermeticidad es de IP66 y la clase eléctrica I según IEC-EN 60598.

El diseño de la instalación se optimiza con Dialux.evo resultando una altura de montaje de 12 m, con un total de 17 puntos de 1.802 W de consumo total.

Gracias al bajo consumo de estas lámparas y a la distribución e instalación seleccionadas se ha podido obtener una eficiencia energética óptima de manera que se han etiquetado ambas Glorietas con valor A.

Todos los cálculos necesarios para obtener esta solución final, la justificación de los ajustes y modificaciones de altura e interdistancias se encuentran adjuntos en el apartado correspondiente de **Memoria de Cálculos**, en la que también se verifica el cumplimiento del reglamento e instrucciones técnicas correspondientes. Asimismo, tanto el emplazamiento como los gráficos de la distribución fotométrica de las luminarias se encuentran adjuntos en el apartado de Planos de este proyecto.

1.8.4. Instalación eléctrica

La instalación de los nuevos cuadros de mando se hará conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, principalmente las instrucciones complementarias ITC-BT-09 y ITC-BC-44. Su envolvente tendrá un grado de protección IP55 y una protección contra impactos IK10.

Cada cuadro de mando se colocará en mitad de cada una de las calles con el fin de evitar grandes pérdidas; de cada uno, saldrán dos líneas aproximadamente de la misma longitud y potencia para abastecer a los puntos de luz. Constarán de dos protecciones, tanto en la acometida como en cada línea saliente; asimismo dispondrá de interruptor automático, para proteger la instalación y un protector diferencial de protección a las personas.

Los cables serán de cobre, unipolares subterráneos, RZ1 0,6/1 KV y clase 5 según UNE 60.228 y con aislamiento de polietileno reticulado. Se colocará una pica de puesta a tierra en el primer y último punto de luz de cada línea, además de cada 5 puntos de luz. Para la instalación

subterránea se utilizan conductores de cobre unipolar enterrados bajo tubo en una zanja de 0,5 m de profundidad y 0,5 m de ancho.

La ubicación de los cuatro cuadros de mando se encuentran indicada en el plano 02 “Centros de Mando” del apartado PLANOS.

Las características principales de la instalación eléctrica para cada una de las calles son:

a) Calle Numancia: Las líneas encargadas de la alimentación de la instalación de alumbrado serán monofásicas de 160 m de longitud y 0,18 kW de potencia. Presentan una caída de tensión máxima de 0,23 % por lo que cumple con el máximo permitido del 3% en la ITC-BT-09. Tanto los cables conductores principal como los cables para la puesta a tierra tendrán una sección de 6 mm².

La instalación será enterrada en tubo con un diámetro exterior de DN 50 mm.

b) Calle Mayor: Las líneas encargadas de la alimentación de la instalación de alumbrado son ambas monofásicas de 250 m de longitud y 0,69 kW de potencia. Los cables serán de 6 mm² de sección. La instalación eléctrica será enterrada con tubo de un diámetro exterior de DN 50 mm.

Asimismo presenta una caída de tensión máxima de 1,01 % por lo que cumple con el máximo permitido del 3% en la ITC-BT-09.

c) Calle Carrera de Irún: Las líneas encargadas de la alimentación de la instalación de alumbrado son ambas monofásicas de 350 m de longitud y 0,84 kW de potencia.

Tanto los cables conductores principal como los cables para la puesta a tierra presentarán una sección de 6 mm² y toda la instalación irá soterrada en tubo con un diámetro exterior de DN 50 mm.

La caída de tensión máxima es de 1%, por lo que cumple con el máximo permitido del 3% en la ITC-BT-09.

d) Calle Real: Las líneas encargadas de la alimentación de la instalación de alumbrado son ambas monofásicas, una de 250 m de longitud y 2,038 kW y otra segunda 650 m de longitud y 1,984 kW de potencia.

Los conductores de la línea de 250 m de longitud son unipolares de tipo RZ1 0,6/1kV de cobre flexible de 6mm² de sección. La instalación será enterrada tubo de diámetro exterior de DN 50 mm.

Los conductores de la línea de 650 m de longitud son unipolares de tipo RZ1 0,6/1kV de cobre flexible de 16mm² de sección. La instalación será enterrada con tubo de diámetro exterior de DN 63 mm.

1.8.5. Regulación y control del flujo lumínico

En cualquier vía es recomendable reducir el valor de flujo lumínico durante las horas nocturnas de menor actividad con la finalidad de conseguir un ahorro económico, energético y medioambiental, siempre que se mantenga la uniformidad de la iluminación que garantice la seguridad de los usuarios de la vía.

Por este motivo se instalarán, en este caso, dos tipos de dispositivos diferentes. Un reloj astronómico para regular las horas de encendido y apagado en relación a las horas del ocaso y el orto de cada día y un controlador lumínico para el control del flujo lumínico.

- *Reloj astronómico*: Cada centro de mando llevará integrado un reloj astronómico para la regulación del gasto energético. Este reloj calculará de forma automática la hora de salida y puesta de sol según la ubicación geográfica de cada día, de esta manera, los puntos de luz se encienden y se apagan según las horas del ocaso y el orto de cada día.

El reloj astronómico a instalar será el *Interrupción Solar IS-10-NL* de la marca DIMACO. Es un reloj electrónico con calendario astronómico diseñado para el encendido y apagado del alumbrado público. Todas las configuraciones de funcionamiento pueden ser modificadas por el usuario cuando se necesite tanto en modo manual, a través de los pulsadores externos, como en modo automático, a través del canal de comunicaciones serie conectado a un terminal tipo PC.

- *Controlador y medidor lumínico*: Los sistemas de control del alumbrado público independientes, es decir, punto a punto, son idóneos para ofrecer una regulación mejorada e información particular de cada uno de los puntos de luz existentes. Se opta por una solución independiente que consiste en el control del flujo de cada luminaria mediante un controlador de manera que se aumenta el ahorro energético con una baja inversión económica.

La función de este dispositivo es el control del driver de la luminaria haciendo que se pueda reducir el flujo lumínico, consiguiendo un gran ahorro energético, medioambiental y económico. El controlador recibe las señales de los sensores de los nodos pertenecientes a su malla y actúa de la manera adecuada por medio de su interfaz 1-10V.

A este driver programable se le configurará la función Constant Light Output (CLO) de manera que se obtenga el ahorro energético mediante un flujo luminoso constante. Esta configuración consiste en un algoritmo que se almacena en la memoria del dispositivo para elevar el flujo de las lámparas, de manera que, si al principio de la vida del LED el flujo es del 80%, este se va incrementando conforme vaya depreciándose el flujo de la lámpara debido al envejecimiento de la misma. Esta relación entre el flujo lumínico y el factor de depreciación de la lámpara permite una compensación del flujo luminoso con el factor de mantenimiento.

Además, se aplica a todas las luminarias la siguiente curva de regulación:

- 2 horas encendidas al 100 %.
- 1 hora encendidas al 50 %.
- 6 horas encendidas al 40 %.
- 1 hora encendida al 50 %.
- 1 hora encendida al 70%.

El dispositivo inalámbrico que irá instalado en cada una de las luminarias para un control y regulación del flujo luminoso será un *Controlador y medidor lumínico LuCo-ADP 1-10 V* de la marca Schröder.

Este dispositivo es un nodo de control autónomo que se instala directamente en el compartimiento de auxiliares de cada una de las luminarias. La antena necesaria para un

control a distancia se colocará en la parte superior de la luminaria con el fin de tener una conexión inalámbrica más fiable. El cable de la antena irá fijo y tendrá un radio de 15 mm.

1.9. Verificación del ahorro de las propuestas de mejora

Uno de los principales objetivos que se persiguen a la hora de plantear el cambio de la instalación de alumbrado es conseguir un ahorro tanto económico como energético. Se detallan en la Memoria de Cálculos, apartado 2.5. Coste de la energía, aquellos realizados para verificar que, cualquiera de las nuevas instalaciones propuestas, suponen un ahorro tanto económico como energético.

La parte de la instalación del municipio de La Unión que se encuentra actualmente iluminando las zonas de estudio de este proyecto suponen, al año, un consumo de energía de 83.213,576 kWh con un coste de 11.708,47 €, lo que supone un gasto durante la vida de la instalación de 2.080.399,4 kWh y 292.711,75 €.

Respecto al consumo del Diseño 1 de 15.148,91 kWh supone un gasto al año de 2.282,36 €, por lo que, al final de la vida de la instalación presentará un consumo de potencia de 378.720,25 kWh y 57.059 €.

Para el Diseño 2, se obtiene al año un coste de energía y coste económico de 10.061,3219 kWh y 1.522,11 € al año respectivamente. Al final de la vida de la instalación, ésta habrá consumido 251.533,05 kWh, suponiendo un coste de 38.052,75 €.

Como se puede observar con las anteriores cifras, ambos nuevos diseños de la instalación suponen un gran ahorro (excluyendo valoración de costes del presupuesto material), siendo más rentable, desde el punto de vista energético el Diseño 2, ya que supone un ahorro de consumo del 87,91 % con respecto a la instalación actual, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 6

	kWh	% Ahorro
Instalación Actual	83.213,57	
Diseño 1	15.148,91	81,80
Diseño 2	10.061,32	87,91

En cuanto al ahorro medioambiental, dado el consumo de la instalación en los 25 años de vida estimados y suponiendo que el mix de producción bruta de la red eléctrica peninsular de los últimos datos encontrados, se estima en 302 g CO₂/kWh, se pasa de 628.280,62 Kg de CO₂ con la instalación actual, a una emisión de 114.373,52 Kg de CO₂ con el Diseño 1 y 75.962,98 Kg de CO₂ mediante el Diseño 2.

Cabe destacar que según trabajo de campo realizado *in situ* y datos aportados por técnicos municipales en el municipio de La Unión existen en la actualidad 3.737 luminarias y ello representa un consumo estimado de energía de 1.430.674,28 kWh/año.

Para la realización de nuestro trabajo se han seleccionado varias calles representativas de la totalidad del municipio en cuanto a características de la instalación que presentan. Así, la nueva instalación propuesta en el Diseño 2, de sustitución de las 259 luminarias existentes por

145 nuevas unidades, representa un valor de consumo de energía medio de 10.061,32 kWh/año.

En estos términos de representatividad, extrapolando los datos de sustitución de la totalidad de 3.737 luminarias existentes en la actualidad en el municipio, y según Diseño 2 y los valores obtenidos para este TFG se obtendría un valor teórico de 145.170,47 kWh/año.

Dicho valor teórico, para la totalidad de las calles del municipio de La Unión, representa en ahorro de potencia el 89% del total del consumo de la actualidad, y éste es similar y concuerda con el valor real, obtenido en este trabajo, del 87%, exclusivamente para las calles seleccionadas.

DOCUMENTO 2. Memoria de Cálculos

2. MEMORIA DE CÁLCULOS

Para el diseño de la nueva instalación de alumbrado público para cada una de las calles se procede a la realización de los cálculos necesarios teniendo en cuenta el flujo lumínico preliminar, la elección del tipo de luminaria, el soporte para las mismas y el factor de mantenimiento.

Asimismo este apartado de cálculos finaliza con la correspondiente calificación energética de la instalación propuesta para dichas calles.

2.1. CALLE NUMANCIA

A continuación se exponen los cálculos realizados secuencialmente para el diseño del nuevo alumbrado público para esta vía.

a. Flujo lumínico preliminar

Teniendo en cuenta los valores de los diferentes parámetros justificados previamente en la memoria descriptiva se calcula el flujo lumínico preliminar.

$E_m=10$ lux
 $A=6,5$ metros
 $D=13$ metros
 $F_m=0,8$
 $F_u=0,5$

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{10 * 6,5 * 13}{0,8 * 0,5} = 2112,5 \text{ lúmenes.}$$

b. Luminaria

Una vez calculado el flujo preliminar se procede a la elección de la luminaria adecuada; ésta cumplirá con los valores de flujo mínimo y proporcionará la luz detallada en la memoria descriptiva proyectando el haz de luz hacia delante.

Para la elección de luminarias, previamente se seleccionan aquellas que cumplan con los requisitos descritos. Y con el fin de asegurar una mejor garantía de calidad y una vida mayor serán seleccionadas entre las propuestas por los fabricantes de referencia en el mercado de la iluminación como por ejemplo *Philips, Schrédéc o Simon*. Así se tienen en cuenta las siguientes referencias:

- PHILIPS: QUEBEC LED 18 W
- SCHRÉDEC: HESTIA MINI / 5103 / 16 LEDS 350mA

Posteriormente, mediante el uso del programa Dialux.evo se realiza el estudio correspondiente para seleccionar la luminaria que mejor se adapta a las condiciones del diseño preliminar de la instalación (con altura 6,5 m e interdistancia 13 m), siendo el modelo HESTIA MINI / 5103 / 16 LEDS 350mA, fabricada por *Schréder*, la luminaria que presenta una mejor iluminación, con un consumo de potencia menor.

c. Soporte

El soporte elegido es el brazo mural BMAU-10 de COYBA. Este soporte dispone de un brazo de 1 metro de largo, fabricado con tubo curvado de acero al carbono S-35-JR según UNE-EN 10025 de 48 mm de diámetro y presenta un diámetro de 60 mm para la adaptación de la luminaria. La placa de fijación a pared es de perfil en U de acero al carbono laminado en caliente con tres pernos de anclaje. El apoyo tiene un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461 con una pintura tipo poliéster, catalizada al horno y con recubrimiento de 50 micras, de color akzo 900. Asimismo, la caja de protección irá sobre la fachada, lo más próxima posible al brazo mural.

d. Factor de mantenimiento

Para el cálculo del factor de mantenimiento se necesita conocer la vida del LED; este dato se encuentra en la hoja de documentación del fabricante. En este caso, el fabricante indica que la vida del LED es de 100.000 horas (25 años), y transcurrido ese tiempo el flujo de la lámpara habrá disminuido un 10 %, y por lo tanto el factor de depreciación del flujo de la lámpara es 0,9.

Como bien viene reflejado en la memoria descriptiva, el plan de limpieza establecido para conservar en buen estado y flujo de las luminarias será cada 3 años. Con el grado de contaminación bajo, y el grado de hermeticidad de la luminaria escogida, IP66, se observa en la tabla 3 de la ITC-EA-06 un valor de FDLU de 0,9.

Por lo tanto el factor de mantenimiento de la luminaria es de 0,81.

e. Cálculo por ordenador

Con el flujo de la luminaria elegida y el nuevo factor de mantenimiento, se procede al cálculo de la distancia entre los puntos de luz:

$$D = \frac{F_m * F_u * \phi}{E_m * A} = 14,08 \rightarrow 14 \text{ metros}$$

Esta disposición se introduce en el software con el fin de verificar el cumplimiento de los valores de E_m y U_m del reglamento. Si de este modo no se cumplieran los valores requeridos por las instrucciones técnicas del reglamento de eficiencia energética, se dispondrá a realizar un reajuste de la distribución de los puntos de luz con los siguientes condicionantes:

- Si cumple la uniformidad pero no la iluminancia. Se bajará la altura de las luminarias y de esta manera se verán modificados ambos parámetros. La iluminancia aumentará, mientras la uniformidad disminuirá.
- Si cumple la iluminancia pero no la uniformidad: Se subirá la altura de las luminarias, modificándose ambos parámetros. La iluminancia disminuirá y la uniformidad aumentará.
- Si ambos valores cumplen: Si se supera el valor mínimo requerido muy por encima de los valores exigidos se tratará de aumentar la interdistancia entre luminarias hasta conseguir los límites de cumplimiento con el fin de cumplir con la normativa, obteniendo así el máximo ahorro energético y económico posible.

En este caso de la calle Numancia se cumple con el valor de uniformidad pero no de iluminancia, por lo que se procederá hasta conseguir la disposición óptima. Tras varios ensayos en los ajustes se obtiene el diseño óptimo en el que se colocará el modelo de luminaria HESTIA MINI / 5103 / 16 LEDS 350mA y presentará una altura de montaje de 5 m y una distancia entre puntos de luz de 16,5 m. De esta manera se dispone de 20 puntos de luz con una potencia total de 360 W.

f. Información de la justificación del cumplimiento del REEIAE

- Niveles de iluminancia y uniformidad

ACERA ESTE S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 9$	-	1,5
Instalada	7,9	-	7,47
Cumple	✓	-	✓

ACERA OESTE S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 9$	-	1,5
Instalada	9,47	-	6,19
Cumple	✓	-	✓

CALZADA CE4	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	10,9	0,58	-
Cumple	✓	✓	-

- FHS instalado

Clasificación de la zona E3	Flujo hemisférico superior FHS
Requerido	$\leq 15\%$
Instalado	0.00 %
Cumple	✓

- Reducción de la contaminación lumínica

Zona Urbana E3	Iluminancia vertical máxima E_v (lux)	Luminancia Media Fachadas L_m (cd/m^2)	Luminancia Máxima en Fachadas $L_{m\acute{a}x}$ (cd/m^2)
Requerido	10	10	60
Instalado	9,09	0,5	1,44
Cumple	✓	✓	✓

Hay valores de iluminancia vertical que superan el máximo exigido, (en la parte en la que se encuentra la luminaria tipo mural instalada), pero se ha asegurado que en esas zonas, las ventanas próximas no superen estos máximos.

- **Eficacia luminosa**

La eficacia luminosa es la relación entre el flujo luminoso que emite una fuente de luz entre la potencia que consume. Permite conocer la eficiencia energética de una fuente de luz. En este caso:

$$\frac{\phi_{lámpara}}{P_{luminaria}} = \frac{2288}{18} = 127,1 \frac{\text{lúmenes}}{W}$$

	Eficacia luminosa (lum/W)
Requerida	65
Instalada	127,1
Cumple	✓

g. Calificación energética

Para el cálculo de la calificación energética se necesita conocer la superficie de la vía. La superficie de ésta es:

$$S = 1725m^2$$

En primer lugar se obtiene el nivel de eficiencia energética correspondiente al alumbrado según indicaciones de la tabla 3 de la ITC-EA-01, obteniéndose el valor de eficiencia energética de referencia.

$$\epsilon_r = 18 \frac{m^2 * lux}{W}$$

Para poder calcular el índice de eficiencia energética y el índice de consumo energético es necesario conocer el valor de eficiencia energética.

$$\epsilon = 47,9 \frac{m^2 * lux}{W}$$

Así, aplicando las fórmulas se obtienen los índices correspondientes:

Índice de Eficiencia Energética Iϵ	2,66
Índice de consumo energético ICE	0,37

Por lo tanto, con los valores obtenidos y según la tabla 4 de la ITC-EA-01, la **Clasificación Energética de la instalación de la calle Numancia es A.**

2.2. CALLE MAYOR

Debido a las singularidades e irregularidades que presenta esta calle, como bien se ha comentado en la memoria descriptiva, se ha optado por la división de la misma en dos zonas diferentes para realizar los cálculos necesarios para el diseño de la nueva instalación de alumbrado público para la vía.

2.2.1. Zona 1-Mayor-Numancia

a. Flujo lumínico preliminar

Con los valores de los diferentes parámetros justificados en la memoria descriptiva se calcula el flujo lumínico preliminar.

$E_m=10$ lux
 $A=4,5$ metros
 $D=13,5$ metros
 $F_m=0,8$
 $F_u=0,5$

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{10 * 4,5 * 13,5}{0,8 * 0,5} = 1518,75 \text{ lúmenes}$$

b. Luminaria

Se propone, en este caso, la elección de una luminaria en la que el haz de luz se proyecte hacia delante. Se comparan el modelo QUEBEC LED 18 W de *Philips* y AMPERA MINI / óptica 5119 / 16 LEDS 350mA CW de *Schröder*.

Para las condiciones de diseño preliminar de la instalación (altura de 4,5 metros e interdistancia de 13,5 metros), se selecciona la luminaria AMPERA MINI / óptica 5119 / 16 LEDS 350mA CW de *Schröder*.

c. Soporte

El soporte elegido es un apoyo tipo columna SERIE CTM-5015 de COYBA. Está fabricado con tubo y chapa de acero al carbono S-235-JR, según norma UNE-EN-10025, y con un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461; asimismo se presenta con pintura tipo poliéster, catalizada al horno y con recubrimiento de 65 micras de color akzo 900.

Como se indica más adelante, la luminaria deberá estar a una altura de 5 metros para cumplir con los requisitos establecidos en el reglamento. El soporte consta de una columna telescópica con dos tramos, una base cilíndrica de 1,5 m y de 168 mm de diámetro y un fuste troncocónico de 3 m y 76 mm de diámetro; ambos se encuentran separados mediante una brida central decorativa de fundición de aluminio. La placa base es cuadrada de 300 mm de lado anclada al suelo mediante cuatro pernos 16x500 mm.

d. Factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento es igual que el anterior, es decir, tiene un valor de 0,81.

e. Cálculo por ordenador

Con el flujo de la luminaria elegida y el nuevo factor de mantenimiento, se procede a calcular la distancia entre los puntos de luz.

$$D = \frac{F_m * F_u * \phi}{E_m * A} = 18,58 \rightarrow 18,5 \text{ metros}$$

En esta zona 1 de la calle mayor se cumple con los valores de uniformidad, no así de iluminancia. Tras varios ajustes realizados atendiendo a los condicionantes de actuación descritos en la calle Numancia, se concluye con el diseño óptimo en el que se colocará el modelo de luminaria AMPERA MINI / óptica 5119 / 16 LEDS 350mA CW de Schröder, con una altura de montaje de 4,5 metros y una distancia entre puntos de luz de 19 m.

Por lo tanto, la instalación en esta zona dispondrá de 22 puntos de luz con una potencia total de 396 W.

f. Información de la justificación del cumplimiento del REEIAE

- Niveles de iluminancia y uniformidad

ACERA NORTE S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	8,20	-	3
Cumple	✓	-	✓

ACERA SUR S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	7,87	-	3,12
Cumple	✓	-	✓

CALZADA CE4	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	10,5	0,63	-
Cumple	✓	✓	-

- FHS instalado

Clasificación de la zona E3	Flujo hemisférico superior FHS
Requerido	$\leq 15\%$
Instalado	0,01 %
Cumple	✓

- Reducción de la contaminación lumínica

Zona Urbana E3	Iluminancia vertical máxima E_v (lux)	Luminancia Media Fachadas L_m (cd/m ²)	Luminancia Máxima en Fachadas $L_{m\text{máx}}$ (cd/m ²)
Requerido	10	10	60
Instalado	8,54	1,02	1,36
Cumple	✓	✓	✓

Hay valores de iluminancia vertical que superan el máximo exigido, (en la parte en la que se encuentra la luminaria tipo mural instalada), pero se ha asegurado que en esas zonas, las ventanas próximas no superen estos máximos.

- Eficacia luminosa

$$\frac{\phi_{\text{lámpara}}}{P_{\text{luminaria}}} = \frac{3432}{28} = 122,57 \frac{\text{lúmenes}}{W}$$

	Eficacia luminosa (lum/W)
Requerida	65
Instalada	122,57
Cumple	✓

2.2.2. Zona 2-Mayor-Irún

a. Flujo lumínico preliminar

Con los valores de los diferentes parámetros justificados en la memoria descriptiva se calculan los flujos lumínicos necesarios para la iluminación tanto de la calzada como de las aceras.

Para Calzada

$E_m=10$ lux
 $A=4,5$ metros
 $D=13,5$ metros
 $F_m=0,8$
 $F_u=0,5$

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{10 * 4,5 * 13,5}{0,8 * 0,5} = 1518,75 \text{ lúmenes}$$

Para Acera

$E_m=10$ lux
 $A=5$ metros
 $D=15$ metros
 $F_m=0,8$
 $F_u=0,5$

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{10 * 5 * 15}{0,8 * 0,5} = 1875 \text{ lúmenes.}$$

b. Luminaria

Las luminarias a comparar han sido, en este caso, LumaMicro LED20 de *Philips* y AMPERA MINI / 5137 / 8 LEDS 700mA CW de *Schröder*.

Con altura 4,5 m e interdistancia 13,5 m y con altura 5 m e interdistancia 15 m, la luminaria con mayor eficacia luminosa es el modelo AMPERA MINI / óptica 5137 / 8 LEDS 700mA de *Schröder*.

c. Soporte

El soporte elegido es el apoyo tipo columna SERIE CTM-5515 de COYBA. Es igual que el anterior, teniendo así las mismas características materiales.

La luminaria debe de estar a una altura de 5,5 m (altura final óptima de montaje), por lo que la base cilíndrica es de 1,5 m y el fuste troncocónico de 4 m.

d. Factor de mantenimiento.

El factor del mantenimiento es el mismo que el anterior, 0,81.

e. Cálculo por ordenador

Con el flujo de la luminaria elegida y el nuevo factor de mantenimiento, se calcula la distancia entre los puntos de luz.

Calzada

$$D = \frac{F_m * F_u * \phi}{E_m * A} = \frac{0,81 * 0,5 * 2013}{10 * 4,5} = 18,1 \rightarrow 18 \text{ metros}$$

Aceras

$$D = \frac{F_m * F_u * \phi}{E_m * A} = \frac{0,81 * 0,5 * 2013}{10 * 5} = 16,3 \rightarrow 16,5 \text{ metros}$$

Para tener un ahorro económico, ambas luminarias compartirán punto de luz y soporte por lo que se va a proceder a un ajuste para que ello sea posible.

En este caso, cumple la uniformidad pero no la iluminancia. Tras los ajustes oportunos, se llega al diseño óptimo en el que se colocará el modelo de luminaria AMPERA MINI / óptica 5137 / 8 LEDS 700mA con una altura de montaje de 5,5 m y una distancia entre puntos de luz de 22 m, obteniéndose así 26 puntos de luz, con dos luminarias cada uno y una potencia total de 988 W.

f. Información de la justificación del cumplimiento del REEIAE

- Niveles de iluminancia y uniformidad

ACERA NORTE S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	8	-	6,14
Cumple	✓	-	✓

ACERA SUR S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	8,3	-	5,78
Cumple	✓	-	✓

CALZADA CE4	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	11,4	0,63	-
Cumple	✓	✓	-

- **FHS instalado**

Clasificación de la zona E3	Flujo hemisférico superior FHS
Requerido	$\leq 15\%$
Instalado	0,02 %
Cumple	✓

- **Reducción de la contaminación lumínica**

Zona Urbana E3	Iluminancia vertical máxima E_v (lux)	Luminancia Media Fachadas L_m (cd/m ²)	Luminancia Máxima en Fachadas $L_{m\acute{a}x}$ (cd/m ²)
Requerido	10	10	60
Instalado	9	0,63	1,43
Cumple	✓	✓	✓

Hay valores de iluminancia vertical que superan el máximo exigido, (en la parte en la que se encuentra la luminaria tipo mural instalada), pero se asegura que en esas zonas no hay ventanas próximas, por lo que no es necesario que se cumplan estos valores de luz intrusa.

- **Eficacia luminosa**

$$\frac{\phi_{lámpara}}{P_{luminaria}} = \frac{2013}{19} = 105,95 \frac{\text{lúmenes}}{W}$$

	Eficacia luminosa (lum/W)
Requerida	65
Instalada	105,94
Cumple	✓

g. Calificación energética.

Atendiendo a los pasos seguidos en la vía anterior:

La superficie de la calle Mayor.

$$S = 7.330 \text{ m}^2$$

Valor de eficiencia energética de referencia.

$$\epsilon_r = 18 \frac{\text{m}^2 * \text{lux}}{W}$$

Valor de eficiencia energética.

$$\epsilon = \frac{7330 * 11,9}{1384} = 63,03 \frac{\text{m}^2 * \text{lux}}{W}$$

Así, aplicando las fórmulas se obtienen los índices correspondientes:

Índice de Eficiencia Energética I ϵ	3,5
Índice de consumo energético ICE	0,28

Por lo tanto según la tabla 4 de la ITC-EA-01, la **Clasificación Energética de la instalación de la calle Mayor es A.**

2.3. CALLE CARRERA DE IRÚN

Tal y como viene reflejado en la memoria descriptiva, y debido a las irregulares de esta calle, se ha decidido hacer el estudio de la instalación de esta calle proponiendo una división en tres zonas diferentes.

2.3.1. Zona 1-Irún-Mayor

a. Flujo lumínico preliminar

Con los valores de los diferentes parámetros justificados en la memoria descriptiva se calcula el flujo lumínico preliminar.

$E_m=10$ lux
 $A=8$ metros
 $D=16$ metros
 $F_m=0,8$
 $F_u=0,5$

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{10 * 8 * 16}{0,8 * 0,5} = 3200 \text{ lúmenes}$$

b. Luminaria

Las luminarias previamente elegidas serán QUEBEC LED 28 W de *Philips* y HESTIA MINI / óptica 5117 / 24 LEDS 350mA NW de *Schröder*, las cuales cuentan con una distribución fotométrica que proyecta el haz de luz hacia adelante, principalmente.

La luminaria que presenta mayor eficacia luminosa a la altura e interdistancia preliminares es HESTIA MINI 5117 28W 3482 lúmenes de *Schröder*.

c. Soporte

El soporte elegido es el brazo mural SERIE BMAU-10 de COYBA, igual al de la calle Numancia.

d. Factor de mantenimiento.

El factor del mantenimiento es el mismo que el anterior, 0,81.

e. Cálculo por ordenador

Con el flujo de la luminaria elegida y el nuevo factor de mantenimiento, se calcula la distancia entre los puntos de luz.

$$D = \frac{F_m * F_u * \phi}{E_m * A} = 17,16 \rightarrow 17 \text{ metros}$$

En este caso de la zona 1 de la Carrera de Irún, cumple con el valor de uniformidad pero no de iluminancia. Así, tras varios ajustes se concluye con el diseño óptimo en el que se colocará el modelo de luminaria HESTIA MINI / óptica 5117 / 24 LEDS 350mA NW con una altura de montaje de 6 m y una distancia entre puntos de luz de 18 m.

Por tanto, en esta zona 1 se dispondrán 12 puntos de luz con una potencia total de 336 W.

e. Información de la justificación del cumplimiento del REEIAE

- Niveles de iluminancia y uniformidad

ACERA ESTE luminarias S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	9,62	-	8,61
Cumple	✓	-	✓

ACERA OESTE S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	8,35	-	2,36
Cumple	✓	-	✓

CALZADA CE4	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	10,4	0,61	-
Cumple	✓	✓	-

- **FHS instalado**

Clasificación de la zona E3	Flujo hemisférico superior FHS
Requerido	$\leq 15\%$
Instalado	0,01
Cumple	✓

- **Reducción de la contaminación lumínica**

Zona Urbana E3	Iluminancia vertical máxima E_v (lux)	Luminancia Media Fachadas L_m (cd/m ²)	Luminancia Máxima Fachadas $L_{m\max}$ (cd/m ²)
Requerido	10	10	60
Instalado	8,54	1,02	1,36
Cumple	✓	✓	✓

Hay valores de iluminancia vertical que superan el máximo exigido, (en la parte en la que se encuentra la luminaria tipo mural instalada), pero se asegura que en esas zonas no hay ventanas próximas, por lo que no es necesario que se cumplan estos valores de luz intrusa.

- **Eficacia luminosa**

$$\frac{\phi_{l\grave{a}mpara}}{P_{luminaria}} = \frac{3432}{28} = 122,57 \frac{\text{lúmenes}}{W}$$

ZONA 1 IRUN	Eficacia luminosa (lum/W)
Requerida	65
Instalada	122,57
Cumple	✓

2.3.2. Zona 2-Irún-Centro

a. Flujo lumínico preliminar

Con los valores de los diferentes parámetros justificados en la memoria descriptiva se calcula el flujo lumínico preliminar.

$E_m=10$ lux
 $A=10$ metros
 $D=30$ metros
 $F_m=0,8$
 $F_u=0,5$

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{10 * 10 * 30}{0,8 * 0,5} = 7500 \text{ lúmenes}$$

b. Luminaria

Se han considerado las luminarias Selenium LED74 de *Philips* y HESTIA MIDI / óptica 5119 / 48 LEDS 350mA NW de *Schröder*. La que mejor se adapta a las condiciones del diseño preliminar de la instalación (altura 10 metros e interdistancia 30 metros) es la luminaria HESTIA MIDI / óptica 5119 / 48 LEDS 350mA NW de *Schröder*.

c. Soporte

El soporte elegido es tipo columna SERIE CTM-9030 de COYBA, pues, como se indica más adelante, la luminaria debe de estar a una altura de 9 m para cumplir con los requisitos establecidos en el reglamento.

La base cilíndrica de 3 m de 168 mm de diámetro y el fuste troncocónico de 6 m y 76 mm de diámetro. La placa base de la columna es cuadrada de 400 mm de lado y anclada al suelo mediante cuatro pernos 22x700 mm, separados entre sí 285 mm.

d. Factor de mantenimiento.

El factor del mantenimiento es el mismo que el anterior, 0,81.

e. Cálculo por ordenador

Con el flujo de la luminaria elegida y el nuevo factor de mantenimiento, se calcula la distancia entre los puntos de luz.

$$D = \frac{F_m * F_u * \phi}{E_m * A} = 27,8 \rightarrow 28 \text{ metros}$$

Esta zona 2 cumple el valor de uniformidad pero no de iluminancia. Tras varios ensayos se obtiene el diseño óptimo para la colocación del modelo de luminaria HESTIA MIDI / óptica 5119 / 48 LEDS 350mA NW con una altura de montaje de 9 m y una distancia entre puntos de luz de 30 m.

Así, para esta zona 2 de la calle Carrera de Irún se dispone de 16 puntos de luz (8 unidades a cada lado de la calzada con una distribución bilateral pareada) con una potencia total de 848 W.

f. Información de la justificación del cumplimiento del REEIAE

- Niveles de iluminancia y uniformidad

ACERA OESTE S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	9,94	-	8,17
Cumple	✓	-	✓

ACERA ESTE S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	9,94	-	3,78
Cumple	✓	-	✓

CALZADA CE4	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	10,2	0,43	-
Cumple	✓	✓	-

- **FHS instalado**

Clasificación de la zona E3	Flujo hemisférico superior FHS
Requerido	$\leq 15\%$
Instalado	0,01 %
Cumple	✓

- **Reducción de la contaminación lumínica.**

Zona Urbana E3	Iluminancia vertical máxima E_v (lux)	Luminancia Media Fachadas L_m (cd/m^2)	Luminancia Máxima en Fachadas $L_{m\acute{a}x}$ (cd/m^2)
Requerido	10	10	60
Instalado	5,55	0,52	0,89
Cumple	✓	✓	✓

Hay valores de iluminancia vertical que superan el máximo exigido, (en la parte en la que se encuentra la luminaria tipo mural instalada), pero se ha asegurado que en esas zonas, las ventanas próximas no superen estos máximos.

- **Eficacia luminosa**

La eficacia luminosa es la relación entre el flujo luminoso que emite una fuente de luz entre la potencia que consume. En este caso:

$$\frac{\phi_{luminaria}}{P_{luminaria}} = \frac{6864}{53} = 129,5 \frac{\text{lúmenes}}{W}$$

ZONA 2 IRUN	Eficacia luminosa (lum/W)
Requerida	65
Instalada	129,5
Cumple	✓

2.3.3. Zona 3-Irún-Real

a. Flujo lumínico preliminar

Con los valores de los diferentes parámetros justificados en la memoria descriptiva se calcula el flujo lumínico preliminar.

$E_m=10$ lux
 $A=5$ metros
 $D=15$ metros
 $F_m=0,8$
 $F_u=0,5$

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{10 * 5 * 15}{0,8 * 0,5} = 1875 \text{ lúmenes}$$

b. Luminaria

Con una distribución del haz hacia delante, las luminarias seleccionadas según fabricante son QUEBEC LED BRP775 18 W de *Philips* y HESTIA MINI / óptica 5117 / 16 LEDS 350mA NW de *Schröder*. Con las condiciones de diseño preliminares (altura 5 m e interdistancia 15 m), es seleccionada por su mayor eficacia luminosa la luminaria HESTIA MINI / óptica 5117 / 16 LEDS 350mA NW de *Schröder*.

c. Soporte

Como se indica más adelante, la luminaria debe de estar a una altura de 5 metros, por lo que se elige apoyo tipo columna SERIE CTM-5015 de COYBA, cuyas características han quedado expuestas en la Zona 1 de la calle Mayor.

d. Factor de mantenimiento

El factor del mantenimiento es el mismo que el anterior, 0,81.

e. Cálculo por ordenador

Con el flujo de la luminaria elegida y el nuevo factor de mantenimiento, se calcula la distancia entre los puntos de luz.

$$D = \frac{F_m * F_u * \phi}{E_m * A} = \frac{0,81 * 0,5 * 2288}{10 * 5} = 18,53 \rightarrow 18 \text{ metros}$$

En esta zona 3 se cumple con el valor de uniformidad pero no de iluminancia, por lo que se ajustará hasta llegar al diseño óptimo y en el que se colocará el modelo de luminaria HESTIA MINI / óptica 5117 / 16 LEDS 350mA NW con una altura de montaje de 5 m y una distancia entre puntos de luz de 20 m.

De esa manera se disponen 28 puntos de luz (14 puntos a cada lado de la calzada en disposición bilateral pareada) con una potencia total de 504 W.

f. Información de la justificación del cumplimiento del REEIAE

- Niveles de iluminancia y uniformidad

ACERA OESTE S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	8,14	-	4,28
Cumple	✓	-	✓

ACERA ESTE S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	7,81	-	4,31
Cumple	✓	-	✓

CALZADA CE4	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	11,5	0,46	-
Cumple	✓	✓	-

- FHS instalado

Clasificación de la zona E3	Flujo hemisférico superior FHS
Requerido	$\leq 15\%$
Instalado	0,00 %
Cumple	✓

- Reducción de la contaminación lumínica

Zona Urbana E3	Iluminancia vertical máxima E_v (lux)	Luminancia Media Fachadas L_m (cd/m ²)	Luminancia Máxima en Fachadas $L_{m\acute{a}x}$ (cd/m ²)
Requerido	10	10	60
Instalado	4,4	0,41	0,7
Cumple	✓	✓	✓

Hay valores de iluminancia vertical que superan el máximo exigido, (en la parte en la que se encuentra la luminaria tipo mural instalada), pero se ha asegurado que en esas zonas, las ventanas próximas no superen estos máximos.

- Eficacia luminosa

$$\frac{\phi_{lámpara}}{P_{luminaria}} = \frac{2288}{18} = 127,1 \frac{\text{lúmenes}}{W}$$

ZONA 3 IRUN	Eficacia luminosa (lum/W)
Requerida	65
Instalada	127,1
Cumple	✓

g. Calificación energética

Atendiendo a los pasos seguidos en la primera vía descrita:

La superficie total de la calle Carrera de Irún.

$$S = 8.975\text{m}^2$$

Valor de eficiencia energética de referencia.

$$\epsilon_r = 18 \frac{\text{m}^2 * \text{lux}}{\text{W}}$$

Valor de eficiencia energética.

$$\epsilon = \frac{8975 * 11}{1688} = 57,3 \frac{\text{m}^2 * \text{lux}}{\text{W}}$$

Aplicando las fórmulas se obtienen los índices correspondientes:

Índice de Eficiencia Energética Iϵ	3,18
Índice de consumo energético ICE	0,31

Por lo que la **clasificación energética de la instalación de la calle Carrera de Irún es A.**

2.4. CALLE REAL

A continuación se realizan los cálculos para el diseño de la instalación de alumbrado público en la calle Real que, debido a las irregularidades que presenta descritas en la memoria descriptiva, se ha dividido en dos zonas diferentes.

2.4.1. Zona 1-Real-Numancia

a. Flujo lumínico preliminar

Con los valores de los diferentes parámetros justificados en la memoria descriptiva se calculan los flujos lumínicos necesarios para la iluminación tanto de la calzada como de las aceras.

Para Calzada

Em=10 lux

A=4 metros

D=12 metros

F_m=0,8

F_u=0,5

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{10 * 4 * 12}{0,8 * 0,5} = 1200 \text{ lúmenes}$$

Para Acera

Em=10 lux

A=5 metros

D=15 metros

F_m=0,8

F_u=0,5

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{10 * 6 * 18}{0,8 * 0,5} = 2700 \text{ lúmenes}$$

b. Luminaria

Las luminarias seleccionadas, de fabricantes de referencia, que aseguran una calidad y mayor vida útil son QUEBEC LED 28 W *Philips* y AMPERA MINI / óptica 5137 / 8 LEDS 700mA CW de *Schérer*. La luminaria que mejor se adapta a las condiciones del diseño preliminar de la instalación (altura 4,5 m e interdistancia 13,5 m y con altura 5 m e interdistancia 15 m) es AMPERA MINI / óptica 5137 / 8 LEDS 700mA CW.

c. Soporte

El soporte elegido es un apoyo tipo columna SERIE CTM-6015 de COYBA.

Como se indica más adelante, la luminaria debe de estar a una altura de 6 metros para cumplir con los requisitos establecidos en el reglamento. Se tiene así una columna telescópica con dos tramos, una base cilíndrica de 1,5 m de 168 mm de diámetro y un fuste troncocónico de 4,5 m y 76 mm de diámetro, separados mediante una brida central decorativa de fundición de aluminio. La placa base es cuadrada de 300 mm de lado anclada al suelo mediante cuatro pernos 16x500 mm.

d. Factor de mantenimiento.

El factor de mantenimiento es igual que el anterior, 0,81.

e. Cálculo por ordenador

Con el flujo de la luminaria elegida y el nuevo factor de mantenimiento, se calcula la distancia entre los puntos de luz.

Calzada

$$D = \frac{F_m * F_u * \phi}{E_m * A} = \frac{0,81 * 0,5 * 2013}{10 * 4} = 20,38 \rightarrow 20,5 \text{ metros}$$

Aceras

$$D = \frac{F_m * F_u * \phi}{E_m * A} = \frac{0,81 * 0,5 * 2013}{10 * 6} = 13,58 \rightarrow 13,5 \text{ metros}$$

Con el fin de obtener un ahorro económico, ambas luminarias compartirán punto de luz y soporte por lo que se realiza el ajuste oportuno para que ello sea posible.

Este caso de la zona 1 de la calle Real cumple con los valores de uniformidad pero no así de iluminancia. Por lo que se ajustarán hasta llegar al diseño óptimo en el que se colocará el modelo de luminaria AMPERA MINI / óptica 5137 / 8 LEDS 700mA CW con una altura de montaje de 6 m y una distancia entre puntos de luz de 26 m.

Se dispondrá así de 38 puntos de luz, con dos luminarias cada uno y una potencia total de 1.444 W.

f. Información de la justificación del cumplimiento del REEIAE

- Niveles de iluminancia y uniformidad

ACERA NORTE S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	9,65	-	4,5
Cumple	✓	-	✓

ACERA SUR S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	9,42	-	3,22
Cumple	✓	-	✓

CALZADA CE4	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	11,9	0,43	-
Cumple	✓	✓	-

- FHS instalado

Clasificación de la zona E3	Flujo hemisférico superior FHS
Requerido	$\leq 15\%$
Instalado	0,01 %
Cumple	✓

- Reducción de la contaminación lumínica

Zona Urbana E3	Iluminancia vertical máxima E_v (lux)	Luminancia Media Fachadas L_m (cd/m ²)	Luminancia Máxima en Fachadas $L_{m\text{máx}}$ (cd/m ²)
Requerido	10	10	60
Instalado	5,64	0,52	0,9
Cumple	✓	✓	✓

Hay valores de iluminancia vertical que superan el máximo exigido, (en la parte en la que se encuentra la luminaria tipo mural instalada), pero se ha asegurado que en esas zonas, las ventanas próximas no superen estos máximos.

- Eficacia luminosa

$$\frac{\phi_{\text{lámpara}}}{P_{\text{luminaria}}} = \frac{2013}{19} = 105,95 \frac{\text{lúmenes}}{W}$$

ZONA 1 REAL	Eficacia luminosa (lum/W)
Requerida	65
Instalada	105,95
Cumple	✓

2.4.2. Zona 2-Real-Mercadona

a. Flujo lumínico preliminar

Con los valores de los diferentes parámetros justificados en la memoria descriptiva se calcula el flujo lumínico preliminar.

$E_m=10$ lux
 $A=4.5$ metros
 $D=13$ metros
 $F_m=0,8$
 $F_u=0,5$

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{10 * 6 * 18}{0,8 * 0,5} = 2700 \text{ lúmenes}$$

b. Luminaria

La luminaria seleccionada por su mayor eficacia luminosa, (comparándola con QUEBEC LED 28 W de Philips y en condiciones de altura e interdistancia de diseño preliminar), es la del fabricante Schrédéc, AMPERA MINI / óptica 5119 / 24 LEDS 350mA CW

c. Soporte

El soporte elegido para esta zona 2 de la calle Real es el apoyo tipo columna SERIE CTM-6015 de COYBA, pues Como se indica más adelante, la luminaria debe de estar a una altura de 6 metros.

Se dispone así de una columna telescópica con dos tramos, la base cilíndrica de 1,5 m de 168 mm de diámetro y un fuste troncocónico de 4,5 m y diámetro de 76 mm. 300 mm de lado anclado al suelo mediante cuatro pernos 16x500 mm.

d. Factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento es de 0,81.

e. Cálculo por ordenador

Con el flujo de la luminaria elegida y el nuevo factor de mantenimiento, se calcula la distancia entre los puntos de luz.

$$D = \frac{F_m * F_u * \phi}{E_m * A} = \frac{0,81 * 0,5 * 3432}{10 * 6} = 23,1 \rightarrow 23 \text{ metros}$$

En este caso, para la zona 2 de la calle Real, se cumple el valor de uniformidad pero no de iluminancia. Por lo que se procederá a ajustar hasta alcanzar el diseño óptimo en el que se colocará el modelo de luminaria AMPERA MINI 5119 con una altura de montaje de 6 metros y una distancia entre puntos de luz de 22 metros.

Para la zona 2 calle Real se obtienen 20 puntos de luz con una distribución bilateral pareada con una potencia total de 540 W.

f. Información de la justificación del cumplimiento del REEIAE

• Niveles de iluminancia y uniformidad

ACERA NORTE S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	9,18	-	5,65
Cumple	✓	-	✓

ACERA SUR S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	9,18	-	3,67
Cumple	✓	-	✓

CALZADA CE4	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	11,9	0,52	-
Cumple	✓	✓	-

- FHS instalado

Clasificación de la zona E3	Flujo hemisférico superior FHS
Requerido	≤15%
Instalado	0,01%
Cumple	✓

- Reducción de la contaminación lumínica

Zona Urbana E3	Iluminancia vertical máxima E_v (lux)	Luminancia Media Fachadas L_m (cd/m ²)	Luminancia Máxima en Fachadas $L_{m\max}$ (cd/m ²)
Requerido	10	10	60
Instalado	8,81	1,11	1,4
Cumple	✓	✓	✓

Hay valores de iluminancia vertical que superan el máximo exigido, (en la parte en la que se encuentra la luminaria tipo mural instalada), pero se ha asegurado que en esas zonas, las ventanas próximas no superen estos máximos.

- Eficacia luminosa

$$\frac{\phi_{luminaria}}{P_{luminaria}} = \frac{3432}{27} = 127,11 \frac{\text{lúmenes}}{W}$$

ZONA 2 REAL	Eficacia luminosa (lum/W)
Requerida	65
Instalada	127,11
Cumple	✓

2.4.3. Zona 3-Real entre Glorietas

a. Flujo lumínico preliminar

Con los valores de los diferentes parámetros justificados en la memoria descriptiva se calcula el flujo lumínico preliminar.

$E_m=10$ lux
 $A=4$ metros
 $D=12$ metros
 $F_m=0,8$
 $F_u=0,5$

$$\phi = \frac{E_m * A * D}{F_m * F_u} = \frac{10 * 4 * 12}{0,8 * 0,5} = 1200 \text{ lúmenes}$$

b. Luminaria

La que mejor se adapta a las condiciones del diseño preliminar de la instalación (altura 6 metros e interdistancia 18 metros), es la luminaria AMPERA MINI / óptica 5119 / 8 LEDS 350mA CW de *Schröder*.

c. Soporte

El soporte elegido, SERIE CTM-4510 de COYBA tiene la base cilíndrica de 1,5 m y un fuste troncocónico de 3 m.

d. Factor de mantenimiento.

El factor de mantenimiento de la luminaria es de 0,81.

e. Cálculo por ordenador

Con el flujo de la luminaria elegida y el nuevo factor de mantenimiento, se calcula la distancia entre los puntos de luz.

$$D = \frac{F_m * F_u * \phi}{E_m * A} = \frac{0,81 * 0,5 * 1144}{10 * 4} = 11,58 \rightarrow 11,6 \text{ metros}$$

Para la zona 3 de la calle Real, esta distribución cumple con la uniformidad pero no con la iluminancia. Tras varios ajustes se llega al diseño óptimo en el que se colocará el modelo de luminaria AMPERA MINI 5119 con una altura de montaje de 6 m y una distancia entre puntos de luz de 19 m.

Se dispone así de 10 puntos de luz con una potencia total de 100 W.

f. Información de la justificación del cumplimiento del REEIAE

- Niveles de iluminancia y uniformidad

ACERA NORTE CONTINUACIÓN S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	9,7	-	5,65
Cumple	✓	-	✓

ACERA SUR CONTINUACION S3	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$7,5 < E_m < 10$	-	1,5
Instalada	9,18	-	3,67
Cumple	✓	-	✓

CALZADA CE4	Iluminancia media E_m (lux)	Uniformidad media U_m (mínima)	Iluminancia mínima E_{min} (lux)
Requerida	$10 < E_m < 12$	0,40	-
Instalada	11,9	0,52	-
Cumple	✓	✓	-

- **FHS instalado**

Clasificación de la zona E3	Flujo hemisférico superior FHS
Requerido	≤15%
Instalado	0,01%
Cumple	✓

- **Reducción de la contaminación lumínica**

Zona Urbana E3	Iluminancia vertical máxima E_v (lux)	Luminancia Media Fachadas L_m (cd/m ²)	Luminancia Máxima en Fachadas $L_{m\acute{a}x}$ (cd/m ²)
Requerido	10	10	60
Instalado	4,73	0,23	0,75
Cumple	✓	✓	✓

Hay valores de iluminancia vertical que superan el máximo exigido, (en la parte en la que se encuentra la luminaria tipo mural instalada), pero se ha asegurado que en esas zonas, las ventanas próximas no superen estos máximos.

- **Eficacia luminosa**

$$\frac{\phi_{luminaria}}{P_{luminaria}} = \frac{1144}{10} = 114,4 \frac{\text{lúmenes}}{W}$$

ZONA 3 REAL	Eficacia luminosa (lum/W)
Requerida	65
Instalada	114,4
Cumple	✓

g. Calificación energética

La superficie total de la calle Real es de:

$$S = 13.583\text{m}^2$$

Valor de eficiencia energética de referencia.

$$\epsilon_r = 18 \frac{\text{m}^2 * \text{lux}}{W}$$

Valor de eficiencia energética.

$$\epsilon = \frac{13583 * 11,2}{4466} = 34,05 \frac{\text{m}^2 * \text{lux}}{W}$$

Aplicando las fórmulas se obtienen los índices correspondientes:

Índice de Eficiencia Energética I_E	1,89
Índice de consumo energético ICE	0,52

La **Clasificación Energética de la instalación de la calle Real es A.**

2.5. Coste de la energía

En cuanto a los cálculos de costes, como verificación de los ahorros conseguidos por la implantación de las nuevas propuestas de instalación, se procede a realizar una comparación entre la facturación de la instalación actual y las instalaciones diseñadas propuestas. De esta manera observa el ahorro tanto energético como económico que cualquiera de los cambios supone.

Para hacer esta comparación, es necesaria la elección de una tarifa para calcular el precio de la potencia instalada y consumida en cada uno de los casos.

La tarifa escogida es la *tarifa conect@ 2.0DH*, es decir, con discriminación horaria, de *Iberdrola*, empresa con la que trabaja el Ayuntamiento de La Unión. Esta tarifa tiene un precio diferente para las horas punta y valle de los periodos de invierno y verano (tabla 7).

Tabla 7. Tarifa energética

Tarifa contratada 2.0 DH		
10 horas punta	Invierno	De 12,00 a 22,00 h
	Verano	De 13,00 a 23,00 h
14 horas valle	Invierno	De 22,00 a 12,00 h
	Verano	De 23,00 a 13,00 h

Esta tarifa tiene unos costes de:

- Término de potencia: 42,043426 €/kW año
- Término de energía en punta: 0,142725 €/kWh
- Término de energía en valle: 0,060786 €/kWh

A.- Simulación de la factura de Diseño 1

Tabla 8. Luminarias diseño 1

Luminaria Diseño 1	Unidades	Potencia luminaria + regulador de flujo (W)	Total (W)
- Luminaria LED 12,8 W	28	12,8 + 1	386,4
- Luminaria LED 20 W	30	20 + 1	630
- Luminaria LED 31,5 W	28	31,5 + 1	910
- Luminaria LED 36 W	12	36 + 1	444
- Luminaria LED 39,5 W	5	39,5 + 1	200,5
- Luminaria LED 50 W	39	50 + 1	1989
- Luminaria LED 83 W	20	83 + 1	1680
- Luminaria LED 87 W	15	87 + 1	1320
			7.559,9 W

La tabla 9 muestra la acción de la curva de regulación configurada en el dispositivo de regulación de las luminarias en la potencia consumida por las horas de funcionamiento de la instalación al año.

Se toma un valor medio del término de energía (entre punta y valle) para calcular el ahorro de energía entre las distintas instalaciones, por lo que se hará una media ponderada del valor del precio de la energía entendiendo como día medio aquel que tiene 3 horas de consumo de energía en hora punta y 8 horas en valle.

Además, el driver incorpora control Constant Light Output que permite reducir el consumo de energía a lo largo de la vida de la instalación en un 10%, por lo que el valor del consumo cuando el flujo sea igual al 100 por 100, será un 10 % menos que la potencia de su consumo real.

También se ha tenido en cuenta la curva de regulación establecida, que se encuentra definida en el apartado de “regulación y control”.

- Horas de funcionamiento de la instalación: 4.015 horas/año.
- Vida estimada de la instalación: 25 años.
- Potencia contratada: 7,5599 kW/año.
- Consumo con LED: 6,80391 kWh.

La siguiente tabla muestra la acción de la curva de regulación configurada en el dispositivo de regulación de las luminarias en la potencia consumida por las horas de funcionamiento de la instalación al año.

Tabla 9. Consumo anual diseño 1

Diseño 1	100 %	70%	50%	40%	
Potencia kWh	6,80391	4,762737	3,401955	2,721564	
Horas al día	2	1	2	6	
Horas al año	730	365	730	2.190	Total
Potencia kWh/año	4.966,85	1.738,40	2.483,43	5.960,23	15.148,91

Como se puede observar según la tabla anterior, el consumo anual para el Diseño 1 de la instalación LED es de 15.148,91 kWh/año.

Valor medio del término de energía:

$$Pm = \frac{((4.966,85+1.738,40)*0,142725)+((2.483,43+5.960,23)*0,060786)}{15.148,91} = 0,097054 \text{ €/kWh}$$

Teniendo en cuenta el resultado anterior de potencia al año y las tarifas de referencia citadas anteriormente, así como impuestos, el total de factura de esta instalación queda reflejado en la tabla 10.

Tabla 10. Factura de la energía para el diseño 1

			Total
Término de potencia	7,5599 kW	42,043426 €/kW	317,85 €
Termino de energía medio	15.148,91 kWh	0,097054 €/kWh	1.470,26€
total			1.788,10 €/ año
Impuestos	4,86 %	1,05113	91,35 €
Alquiler de aparatos	0,0186€/día		6,80 €
TOTAL			1.886,25 €
IVA 21 %			396,11 €
Total factura energía nueva instalación			2.282,36 €

B.- Simulación de la factura de Diseño 2

El resumen de potencia que va a consumir la instalación del diseño 2 queda reflejado en la siguiente tabla.

Tabla 11. Luminarias diseño 2

Luminaria Diseño 2	Unidades	Potencia luminaria + regulador de flujo (W)	Total (W)
- Luminaria LED 18 W	70	18 + 1	1.330
- Luminaria LED 28 W	12	28 + 1	348
- Luminaria LED 53 W	16	53 + 1	864
- Luminaria LED 19 W	26	19 + 1	520
- Luminaria LED 106 W	13	106 + 1	1.391
- Luminaria LED 70 W	8	70 + 1	568
			5.021 W

Debido a la existencia de un regulador astronómico que cambiará la hora de encendido y apagado diariamente, se toma un valor medio del término de energía (entre punta y valle) para calcular el ahorro de energía entre las distintas instalaciones. Además, el driver incorpora control Constant Light Output que permite reducir el consumo de energía a lo largo de la vida de la instalación en un 10%, por lo que el valor del consumo cuando el flujo sea igual al 100 por 100, será un 10 % menos que la potencia su consumo real. También se ha tenido en cuenta la curva de regulación establecida, que se encuentra definida en el apartado de “regulación y control”.

Las características necesarias para este cálculo son:

- Potencia contratada: 5,021 kW/año
- Consumo con LED: 5,021 kW x 0,9 = 4,5189 kWh
- Horas de funcionamiento de la instalación: 4.015 horas/año
- Vida estimada de la instalación: 25 años.

La siguiente tabla 12 muestra la acción de la curva de regulación configurada en el dispositivo de regulación de las luminarias en la potencia consumida por las horas de funcionamiento de la instalación al año.

Tabla 12. Consumo anual diseño 2

Diseño 2	100 %	70%	50%	40%	Total
Potencia kW	4,5189	3,16323	2,25945	1,80756	-
Horas al día	2	1	2	6	11
Horas al año	730	365	730	2190	4.015
Potencia kWh/año	3.298,797	1.154,57	1.649,3985	3.958,5564	10.061,3219

Como se puede observar según la tabla anterior, el consumo anual para el diseño 2 de la instalación LED es de 10.061,3219 kWh/año.

Valor medio del término de energía:

$$P_m = \frac{((3.298,797 + 1.154,57) * 0,142725) + ((1.649,3985 + 3.958,5564) * 0,060786)}{10.061,3219} = 0,0973259 \text{ € /kWh}$$

Teniendo en cuenta el resultado anterior de potencia al año y las tarifas de referencia citadas anteriormente, así como impuestos, el total de factura de esta instalación queda reflejado a continuación.

Tabla 13. Factura de la energía para el diseño 2

			Total
Término de potencia	5,021 kW	42,043426 €/kW	211,10 €
Termino de energía medio	10.061,3219 kWh	0,0973259 €/kWh	979,2272 €
total			1.190,33 €/ año
Impuestos	4,86 %	1,05113	60,81 €
Alquiler de aparatos	0,0186€/día		6,80 €
TOTAL			1.257,94 €
IVA 21 %			264,17 €
Total factura energía nueva instalación			1.522,11 €

La instalación propuesta para el diseño 2, en cuanto a potencia se refiere, presentará un coste total de 1.522,11 € al año. El consumo vida instalación en referencia al LED a 25 años es de 251.533,0475 kWh y la facturación de la energía en 25 años es de un total de 38.052,75 € tal y como se refleja a modo resumen en la tabla 14.

Tabla 14. Resumen facturación.

Diseño 2	Consumo kWh LED	Facturación Energía €
1 año	10.061,3219 kWh	1.522,11 €
25 años	251.533,0475 kWh	38.052,75 €

C.- Simulación de la factura de la instalación existente en la actualidad

El resumen de potencia que consume la instalación actual se refleja a continuación:

Tabla 15. Luminarias instalación actual

Luminaria	Unidades	Pot. luminaria + equipo auxiliar (W)	Total W
- Luminaria VSAP 70 W	123	70 + 10	9.840 W
- Luminaria VSAP 100 W	136	100 + 16	15.776 W
			25.616 W

Las características necesarias para este cálculo son:

- Potencia contratada: 25,616 kW
- Consumo con VSAP: 25,616 kW
- Horas de funcionamiento de la instalación: 4.015 horas/año
- Vida estimada de la instalación: 25 años.

La regulación existente presenta 2 escalones de potencia. Es decir, durante 4 horas la instalación se encuentra consumiendo el 100 % de la potencia de las luminarias y durante las 7 horas restantes al día, el 60%. Por tanto:

Tabla 16. Consumo anual instalación actual

	100 %	60%	
Potencia kW	25,616	17,9312	
Horas al día	4	7	
Horas al año	1.460	2.555	Total
Potencia kWh/año	37.399,36	45.814,216	83.213,576

El consumo anual de la instalación existente con lámparas VSAP, como se observa en la tabla 16 es de 83.213,576 kWh/año.

Valor medio del término de energía:

$$Pm = \frac{((37.399,36)*0,142725+((45.814,216)*0,060786)}{83.213,576} = 0,0976125 \text{ € /kWh}$$

En tabla 17 se observa, en términos de facturación incluidos impuestos, la cuantía total a la que asciende el consumo de energía de las instalaciones de alumbrado estudiadas en las calles de referencia de este trabajo:

Tabla 17. Factura de la energía para la instalación actual

			Total
Término de potencia	25,616 kW	42,043426 €/kW	1.076,98 €
Termino de energía medio	83.213,576 kWh	0,0976125 €/kWh	8.122,6807 €
		total	9.199,66 €/ año
Impuestos	4,86 %	1,05113	469,96 €
Alquiler de aparatos	0,0186€/día		6,80 €
		TOTAL	9.676,42€
		IVA 21 %	2.032,05 €
		Total factura energía nueva instalación	11.708,47 €

DOCUMENTO 3. Presupuesto

3.

Presupuesto parcial nº 1 Obra civil

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
1.1	m3	Hormigón en masa HM-20/P/40/I, de 20 N/mm ² ., consistencia blanda, T _{máx} . 40 mm. y ambiente normal, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso vertido por medios manuales, vibrado, curado y colocado. Según EHE-08 y DB-SE-C.	278,950	76,02	21.205,78
1.2	t.	Mezcla bituminosa en frío tipo AF-20 en capa de rodadura o intermedia, con áridos con desgaste de Los Ángeles < 25, fabricada y puesta en obra, extendido y compactación, excepto emulsión.	44,750	12,52	560,27
1.3	m2	Pavimento de loseta hidráulica, 4 pastillas, color de 20x20 cm., sentada con mortero 1/6 de cemento (tipo M-5), i/p.p. de junta de dilatación, enlechado y limpieza.	561,250	15,91	8.929,49
Total presupuesto parcial nº 1 Obra civil:					30.695,54
4.					

Presupuesto parcial nº 2 Instalación eléctrica

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
2.1	m.	Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre 4(1x6) mm ² . con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados bajo tubo de PVC de D=50 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,50 cm. de ancho por 0,50 cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.	1.570,000	16,06	25.214,20
2.2	m.	Línea de alimentación para alumbrado público formada por conductores de cobre 4(1x10) mm ² . con aislamiento tipo RV-0,6/1 kV, incluso cable para red equipotencial tipo VV-750, canalizados bajo tubo de PVC de D=63 mm. en montaje enterrado en zanja en cualquier tipo de terreno, de dimensiones 0,50 cm. de ancho por 0,50 cm. de profundidad, incluso excavación, relleno con materiales sobrantes, sin reposición de acera o calzada, retirada y transporte a vertedero de los productos sobrantes de la excavación, totalmente instalada, transporte, montaje y conexionado.	650,000	16,06	10.439,00
2.3	ud	Cuadro de mando para alumbrado público, para 4 salidas, montado sobre armario de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de dimensiones 1.000x800x250 mm., con los elementos de protección y mando necesarios, como 1 interruptor automático general, 2 contactores, 1 interruptor automático para protección de cada circuito de salida, 1 interruptor diferencial por cada circuito de salida y 1 interruptor diferencial para protección del circuito de mando; incluso célula fotoeléctrica y reloj con interruptor horario. Totalmente conexionado y cableado.	4,000	1.964,63	7.858,52
Total presupuesto parcial nº 2 Instalación eléctrica:					43.511,72
5.					

Presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
3.1	ud	Brazo mural Bmau-10 de COYBA, 1 metro de largo, con \varnothing 48 milímetros y \varnothing 60 milímetros para la adaptación de la luminaria, fabricado con tubo curvado de acero al carbono S-35-JR según UNE-EN 10025. Placa de fijación de perfil en U de acero al carbono laminado en caliente fijado a la pared mediante tres pernos de anclaje. Apoyo con un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461 con una pintura tipo poliéster, catalizada al horno y con recubrimiento de 50 micras, de color akzo 900 y equipado con Luminaria LED modelo HESTIA MINI de 16 LED de 4500 ^º K blanco cálido, con flujo nominal 2288 lúmenes y 18 W de potencia de Schrédéc, óptica LED 5013, motor fotométrico LensoFlex2, corriente de alimentación de 350 mA, clase eléctrica I, protección contra aumento de temperatura, carcasa de aluminio en color azko 900 y vidrio para un óptimo flujo luminoso, etc. Incluye montaje e instalación, conductores de interconexión luminaria-caja de fusibles, p/p de pequeño material, medios auxiliares y costes indirectos. Totalmente montada, conexiónada y funcionando.	20,000	653,78	13.075,60
3.2	ud	Brazo mural Bmau-10 de COYBA, 1 metro de largo, con \varnothing 48 milímetros y \varnothing 60 milímetros para la adaptación de la luminaria, fabricado con tubo curvado de acero al carbono S-35-JR según UNE-EN 10025. Placa de fijación de perfil en U de acero al carbono laminado en caliente fijado a la pared mediante tres pernos de anclaje. Apoyo con un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461 con una pintura tipo poliéster, catalizada al horno y con recubrimiento de 50 micras, de color akzo 900 y equipado con Luminaria LED modelo HESTIA MINI de 24 LED de 4500 ^º K blanco cálido, con flujo nominal 3482 lúmenes y 28 W de potencia de Schrédéc, óptica LED 5117, motor fotométrico LensoFlex2, corriente de alimentación de 350 mA, clase eléctrica I, protección contra aumento de temperatura, carcasa de aluminio en color azko 900 y vidrio para un óptimo flujo luminoso, etc. Incluye montaje e instalación, conductores de interconexión luminaria-caja de fusibles, p/p de pequeño material, medios auxiliares y costes indirectos. Totalmente montada, conexiónada y funcionando.	12,000	746,48	8.957,76

Presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
3.3	ud	Columna SERIE CTM-5015 de COYBA, Fabricada con tubo y chapa de acero al carbono S-235-JR, según norma UNE-EN-10025 con un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461 con una pintura tipo poliéster, catalizada al horno y con recubrimiento de 65 micras, de color azko 900. Base cilíndrica de 1,5 metros de ø140 y fuste troncocónico de 3,5 metros y ø76 milímetros. La placa base es cuadrada de 300 milímetros de lado anclada al suelo mediante cuatro pernos 16x500 y equipada con Luminaria LED modelo HESTIA MINI de 16 LED de 4500º K blanco cálido, con flujo nominal 2288 lúmenes y 18 W de potencia de Schrédéc, óptica LED 5117, motor fotométrico LensoFlex2, corriente de alimentación de 350 mA, clase eléctrica I, protección contra aumento de temperatura, carcasa de aluminio en color azko 900 y vidrio para un óptimo flujo luminoso, etc. Incluye montaje e instalación, conductores de interconexión luminaria-caja de fusibles, p/p de pequeño material, medios auxiliares y costes indirectos. Totalmente montada, conexionada y funcionando.	28,000	824,82	23.094,96
3.4	ud	Columna serie CTM-5515 de COYBA, fabricada con tubo y chapa de acero al carbono S-235-JR, según norma UNE-EN-10025 con un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461 con una pintura tipo poliéster, catalizada al horno y con recubrimiento de 65 micras, de color azko 900. Base cilíndrica de 1,5 metros de ø168 y fuste troncocónico de 4 metros y ø76 milímetros. La placa base es cuadrada de 300 milímetros de lado anclada al suelo mediante cuatro pernos 16x500 y equipada con Luminaria LED modelo AMPERA MINI de 8 LEDs de 4500º K blanco cálido, con flujo nominal 2013 lúmenes y 19 W de potencia de Schrédéc, óptica LED 5137, motor fotométrico LensoFlex2, corriente de alimentación de 700 mA, clase eléctrica I, protección contra aumento de temperatura, carcasa de aluminio en color azko 900 y vidrio para un óptimo flujo luminoso. Incluye montaje e instalación, conductores de interconexión luminaria-caja de fusibles, p/p de pequeño material, medios auxiliares y costes indirectos. Totalmente montada, conexionada y funcionando.	26,000	1.344,97	34.969,22

Presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
3.5	ud	Columna SERIE CTM-6015 de COYBA, fabricada con tubo y chapa de acero al carbono S-235-JR, según norma UNE-EN-10025 con un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461 con una pintura tipo poliéster, catalizada al horno y con recubrimiento de 65 micras, de color azko 900. Base cilíndrica de 1,5 metros de \varnothing 168 y fuste troncocónico de 4,5 metros y \varnothing 76 milímetros y equipada con Luminaria LED modelo AMPERA MINI de 16 LEDs de 4500 ^º K blanco cálido, con flujo nominal 2288 lúmenes y 18 W de potencia de Schrédéc, óptica LED 5119, motor fotométrico LensoFlex2, corriente de alimentación de 350 mA, clase eléctrica I, protección contra aumento de temperatura, carcasa de aluminio en color azko 900 y vidrio para un óptimo flujo luminoso. Incluye montaje e instalación, conductores de interconexión luminaria-caja de fusibles, p/p de pequeño material, medios auxiliares y costes indirectos. Totalmente montada, conexionada y funcionando.	38,000	1.427,37	54.240,06
3.6	ud	Columna serie CTM-6015 de COYBA, fabricada con tubo y chapa de acero al carbono S-235-JR, según norma UNE-EN-10025 con un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461 con una pintura tipo poliéster, catalizada al horno y con recubrimiento de 65 micras, de color azko 900. Base cilíndrica de 1,5 metros de \varnothing 168 y fuste troncocónico de 4,5 metros y \varnothing 76 milímetros y equipada con Luminaria LED modelo AMPERA MINI de 16 LEDs de 4500 ^º K blanco cálido, con flujo nominal 2288 lúmenes y 18 W de potencia de Schrédéc, óptica LED 5119, motor fotométrico LensoFlex2, corriente de alimentación de 350 mA, clase eléctrica I, protección contra aumento de temperatura, carcasa de aluminio en color azko 900 y vidrio para un óptimo flujo luminoso. Incluye montaje e instalación, conductores de interconexión luminaria-caja de fusibles, p/p de pequeño material, medios auxiliares y costes indirectos. Totalmente montada, conexionada y funcionando.	20,000	824,82	16.496,40
3.7	ud	Columna SERIE CTM-4510 de COYBA, fabricada con tubo y chapa de acero al carbono S-235-JR, según norma UNE-EN-10025 con un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461 con una pintura tipo poliéster, catalizada al horno y con recubrimiento de 65 micras, de color azko 900. Base cilíndrica de 1,5 metros de \varnothing 140 y fuste troncocónico de 3 metros y \varnothing 76 milímetros y equipada con Luminaria LED modelo AMPERA MINI de 16 LEDs de 4500 ^º K blanco cálido, con flujo nominal 1144 lúmenes y 10 W de potencia de Schrédéc, óptica LED 5119, motor fotométrico LensoFlex2, corriente de alimentación de 350 mA, clase eléctrica I, protección contra aumento de temperatura, carcasa de aluminio en color azko 900 y vidrio para un óptimo flujo luminoso. Incluye montaje e instalación, conductores de interconexión luminaria-caja de fusibles, p/p de pequeño material, medios auxiliares y costes indirectos. Totalmente montada, conexionada y funcionando.	10,000	754,37	7.543,70

Presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
3.8	ud	Columna SERIE CTM-9030 de COYBA, fabricada con tubo y chapa de acero al carbono S-235-JR, según norma UNE-EN-10025 con un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461 con una pintura tipo poliéster, catalizada al horno y con recubrimiento de 65 micras, de color akzo 900. Base cilíndrica de 3 metros de \varnothing 168 y fuste troncocónico de 6 metros y \varnothing 76 milímetros y equipada con Luminaria LED modelo HESTIA MIDI de 48 LED de 4500º K blanco cálido, con flujo nominal 6864 lúmenes y 53 W de potencia de Schrédéc, óptica LED 5119, motor fotométrico LensoFlex2, corriente de alimentación de 350 mA, clase eléctrica I, protección contra aumento de temperatura, carcasa de aluminio en color azko 900 y vidrio para un óptimo flujo luminoso, etc. Incluye montaje e instalación, conductores de interconexión luminaria-caja de fusibles, p/p de pequeño material, medios auxiliares y costes indirectos. Totalmente montada, conexionada y funcionando.	16,000	1.145,77	18.332,32
3.9	ud	Columna SERIE CUR-12076 de COYBA. Columna troncocónica curvada de altura 12 metros y diámetro en punta de 76 mm. Fabricada con chapa y tubo de acero al carbono S-235-JR, según norma UNE-EN-10025 con un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461 con una pintura de color akzo 900. La placa base es de 400 mm de lado, anclada al suelo mediante 4 pernos separados entre sí por 285 mm y equipada con Luminaria LED modelo AMPERA MIDI de 48 LEDs de 4500º K blanco cálido, con flujo nominal 11930 lúmenes y 106 W de potencia de Schrédéc, óptica LED 5139, motor fotométrico LensoFlex2, corriente de alimentación de 700 mA, clase eléctrica I, protección contra aumento de temperatura, carcasa de aluminio en color azko 900 y vidrio para un óptimo flujo luminoso. Incluye montaje e instalación, conductores de interconexión luminaria-caja de fusibles, p/p de pequeño material, medios auxiliares y costes indirectos. Totalmente montada, conexionada y funcionando.	13,000	1.485,67	19.313,71

Presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
3.10	ud	Columna SERIE CUR-9576 de COYBA. Columna troncocónica curvada de altura 12 metros y diámetro en punta de 76 mm. Fabricada con chapa y tubo de acero al carbono S-235-JR, según norma UNE-EN-10025 con un acabado de acero galvanizado por inmersión en caliente según UNE EN ISO 1461 con una pintura de color azko 900. La placa base es de 400 mm de lado, anclada al suelo mediante 4 pernos separados entre sí por 285 mm y equipada con Luminaria LED modelo AMPERA MIDI de 64 LEDs de 4500º K blanco cálido, con flujo nominal 9152 lúmenes y 70 W de potencia de Schrédéc, óptica LED 5137, motor fotométrico LensoFlex2, corriente de alimentación de 350 mA, clase eléctrica I, protección contra aumento de temperatura, carcasa de aluminio en color azko 900 y vidrio para un óptimo flujo luminoso. Incluye montaje e instalación, conductores de interconexión luminaria-caja de fusibles, p/p de pequeño material, medios auxiliares y costes indirectos. Totalmente montada, conexionada y funcionando.	8,000	1.274,52	10.196,16

Total presupuesto parcial nº 3 Instalación luminotécnica: 206.219,89

6.

Presupuesto parcial nº 4 Control de calidad

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
4.1	ud	Medida de magnitudes luminotécnicas según proyecto.	4,000	97,36	389,44
4.2	ud	Ensayo estadístico del hormigón para la determinación de la resistencia estimada de una cimentación de un volumen no superior a 50 m3 para un control a nivel normal; incluso emisión del acta de resultados.	4,000	168,76	675,04
4.3	ud	Prueba de funcionamiento de automatismos de Cuadros Generales de Mando y Protección de instalaciones eléctricas.	4,000	64,90	259,60
4.4	ud	Prueba de comprobación de la continuidad del circuito de puesta a tierra en instalaciones eléctricas	4,000	64,90	259,60
4.5	ud	Prueba de medición de la resistencia en el circuito de puesta a tierra de instalaciones eléctricas.	4,000	64,90	259,60
4.6	ud	Prueba de medición del aislamiento de los conductores de instalaciones eléctricas.	4,000	32,46	129,84
4.7	ud	Prueba de funcionamiento de mecanismos y puntos de luz de instalaciones eléctricas .	4,000	97,36	389,44

Total presupuesto parcial nº 4 Control de calidad: 2.362,56

7.

Presupuesto parcial nº 5 Gestión medioambiental

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
5.1	m3	Retirada de residuos mixtos en obra de nueva planta a planta de valorización situada a una distancia máxima de 10 km, formada por: transporte interior, carga, transporte a planta, descarga y canon de gestión. Medido el volumen esponjado.	61,500	22,36	1.375,14
Total presupuesto parcial nº 5 Gestión medioambiental:					1.375,14
8.					

Presupuesto parcial nº 6 Seguridad y salud

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
6.1	ms	Mes de alquiler (min. 12 meses) de caseta prefabricada para aseo en obra de 3,25x1,90x2,30 m. Estructura y cerramiento de chapa galvanizada pintada, aislamiento de poliestireno expandido. Ventana de 0,84x0,80 m. de aluminio anodizado, corredera, con reja y luna de 6 mm., termo eléctrico de 50 l.; placa turca, placa de ducha y lavabo de tres grifos, todo de fibra de vidrio con terminación de gel-coat blanco y pintura antideslizante, suelo contrachapado hidrófugo con capa fenólica antideslizante y resistente al desgaste, puerta madera en turca, cortina en ducha. Tubería de polibutileno aislante y resistente a incrustaciones, hielo y corrosiones, instalación eléctrica monofásica a 220 V. con automático. Con transporte a 50 km.(ida). Entrega y recogida del módulo con camión grúa. Según R.D. 486/97.	5,000	236,32	1.181,60
6.2	ud	Botiquín de urgencia para obra con contenidos mínimos obligatorios, colocado.	5,000	100,88	504,40
6.3	ud	Chaleco de obras reflectante. Amortizable en 5 usos. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.	20,000	4,27	85,40
6.4	ud	Panel direccional reflectante de 60x90 cm., con soporte metálico, amortizable en cinco usos, i/p.p. de apertura de pozo, hormigonado H-10/B/40, colocación y montaje. s/ R.D. 485/97.	20,000	37,78	755,60
6.5	ud	Foco de balizamiento intermitente, (amortizable en cinco usos). s/ R.D. 485/97.	10,000	7,02	70,20
6.6	ud	Tapa provisional para arquetas de 80x80 cm., huecos de forjado o asimilables, formada mediante tablonos de madera de 20x5 cms. armados mediante clavazón, incluso colocación, (amortizable en dos usos).	50,000	23,51	1.175,50
6.7	ud	Par de guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.	100,000	1,24	124,00
6.8	ud	Par de botas de seguridad con puntera metálica para refuerzo y plantillas de acero flexibles, para riesgos de perforación, (amortizables en 3 usos). Certificado CE; s/ R.D. 773/97.	30,000	7,42	222,60

Presupuesto parcial nº 6 Seguridad y salud

Num.	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
6.9	ud	Vigilancia de la salud obligatoria anual por trabajador que incluye: Planificación de la vigilancia de la salud; análisis de los accidentes de trabajo; análisis de las enfermedades profesionales; análisis de las enfermedades comunes; análisis de los resultados de la vigilancia de la salud; análisis de los riesgos que puedan afectar a trabajadores sensibles (embarazadas, postparto, discapacitados, menores, etc. (Art. 37.3 g del Reglamento de los Servicios de Prevención); formación de los trabajadores en primeros auxilios; asesoramiento al empresario acerca de la vigilancia de la salud; elaboración de informes, recomendaciones, medidas sanitarias preventivas, estudios estadísticos, epidemiológicos, memoria anual del estado de salud (Art. 23 d y e de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales); colaboración con el sistema nacional de salud en materias como campañas preventivas, estudios epidemiológicos y reporte de la documentación requerida por dichos organismos (Art. 38 del Reglamento de los Servicios de Prevención y Art. 21 de la ley 14/86 General de Sanidad); sin incluir el reconocimiento médico que realizará la mutua con cargo a cuota de la Seguridad Social.	50,000	60,71	3.035,50
					<hr/>
9.			Total presupuesto parcial nº 6 Seguridad y salud:		7.154,80

Presupuesto	Importe (€)
1.- Obra civil	30.695,54
2.- Instalación eléctrica	43.511,72
3.- Instalación luminotécnica	206.219,89
4.- Control de calidad	2.362,56
5.- Gestión medioambiental	1.375,14
6.- Seguridad y salud	7.154,80
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	291.319,65
16,00% Gastos Generales	44.611,14
6,00% Beneficio industrial	17.479,17
SUMA DE G.G. y B.I.	62.090,31
21% I.V.A.	74.216,09
TOTAL PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN	427.626,05
TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	427.626,05

Asciende el presupuesto de ejecución material más gastos generales, beneficio industrial e impuestos, a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS VEINTISIETE MIL SEISCIENTOS VEINTISEIS EUROS CON CINCO CÉNTIMOS.

DOCUMENTO 4. Planos

Índice de Planos

Plano 01. La Unión

Plano 02. Centros de mando

Plano 03. Numancia

Plano 04. Mayor

Plano 05. Carrera de Irún

Plano 06. Real

Plano 07. Numancia: disposición de las luminarias. Diseño 1 y Diseño 2

Plano 08. Mayor: disposición de las luminarias. Diseño 1 y Diseño 2

Plano 09. Carrera de Irún: disposición de las luminarias. Diseño 1 y Diseño 2

Plano 10. Real: disposición de las luminarias. Diseño 1 y Diseño 2

Plano 11. Numancia: instalación eléctrica

Plano 12. Mayor: instalación eléctrica

Plano 13. Carrera de Irún: instalación eléctrica

Plano 14. Real: instalación eléctrica



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA



Proyecto: OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LA UNIÓN

Plano: La unión

Autor: Encarnación Montserrat Sanes Linares

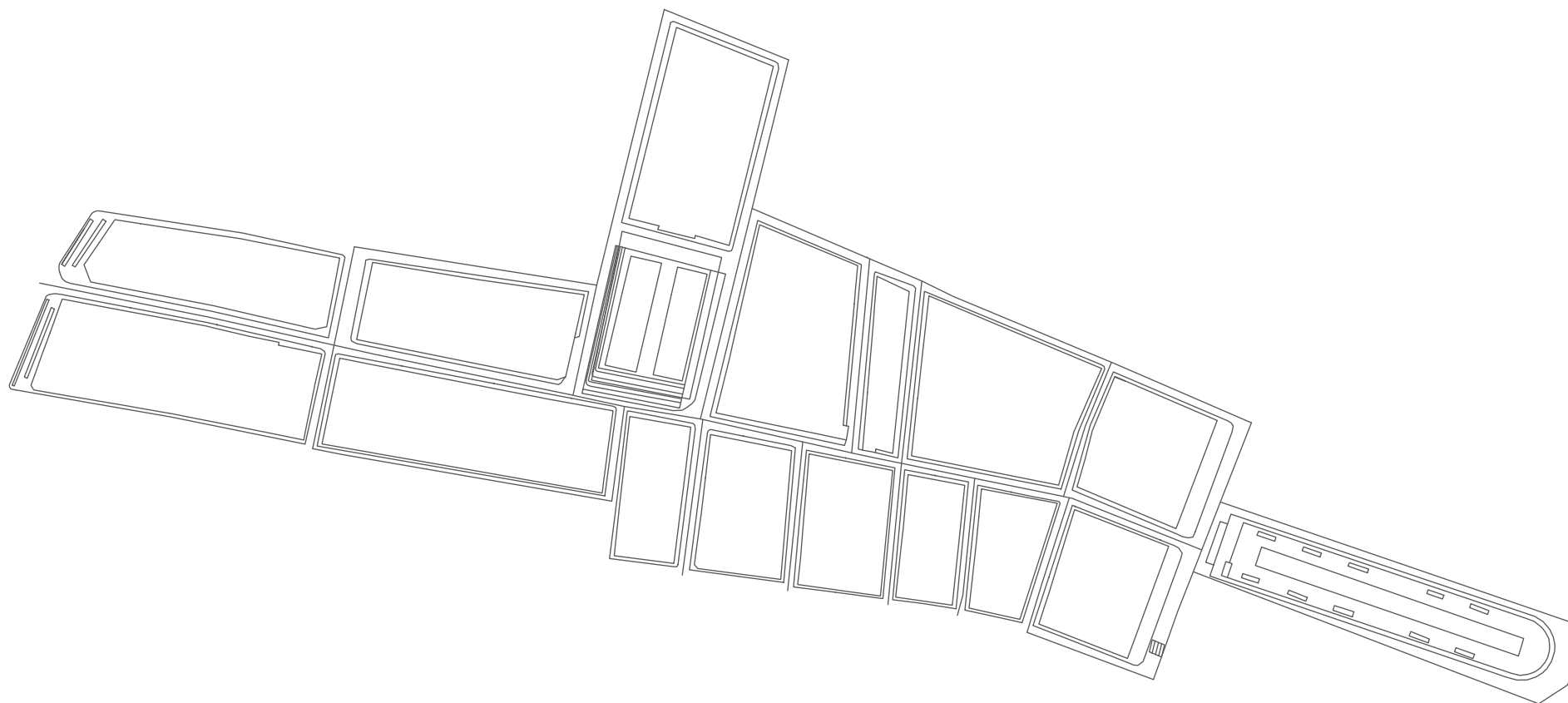
Fecha: Julio 2016

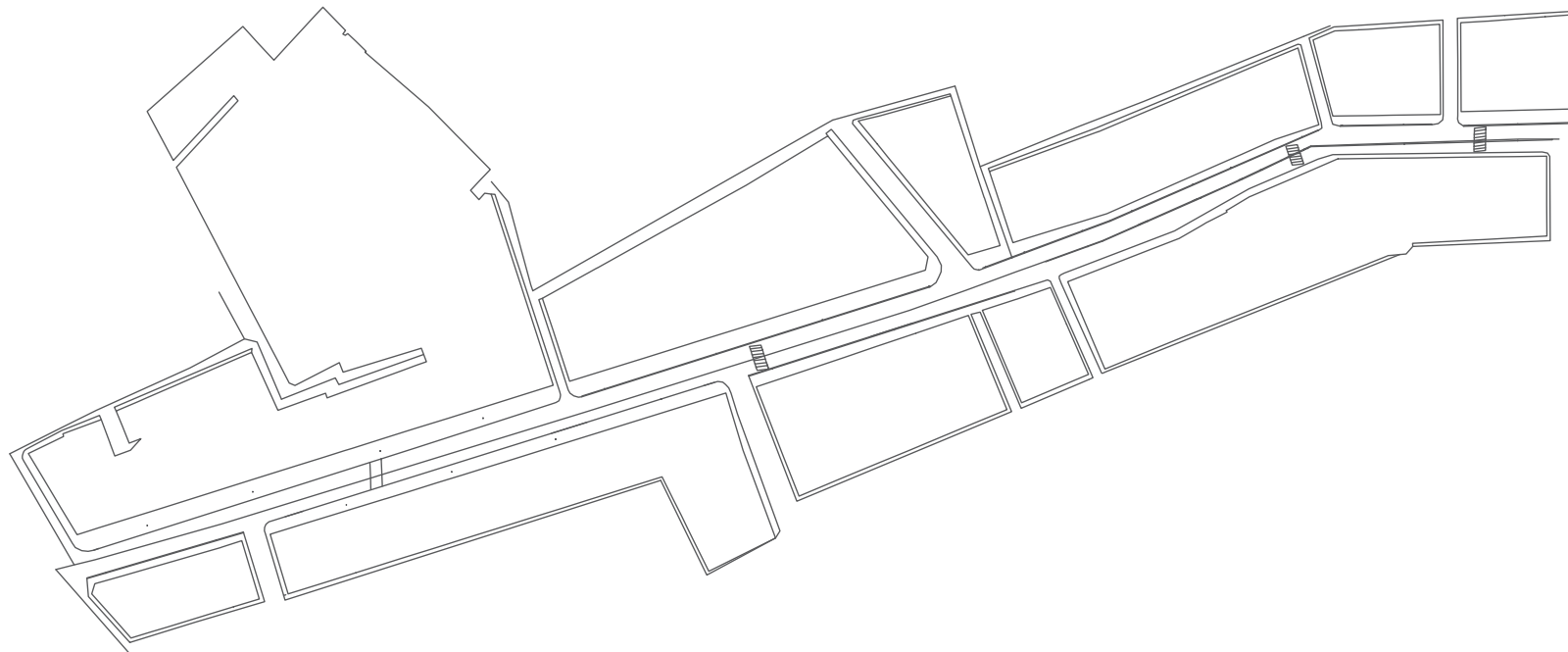
Escala: 1:10000

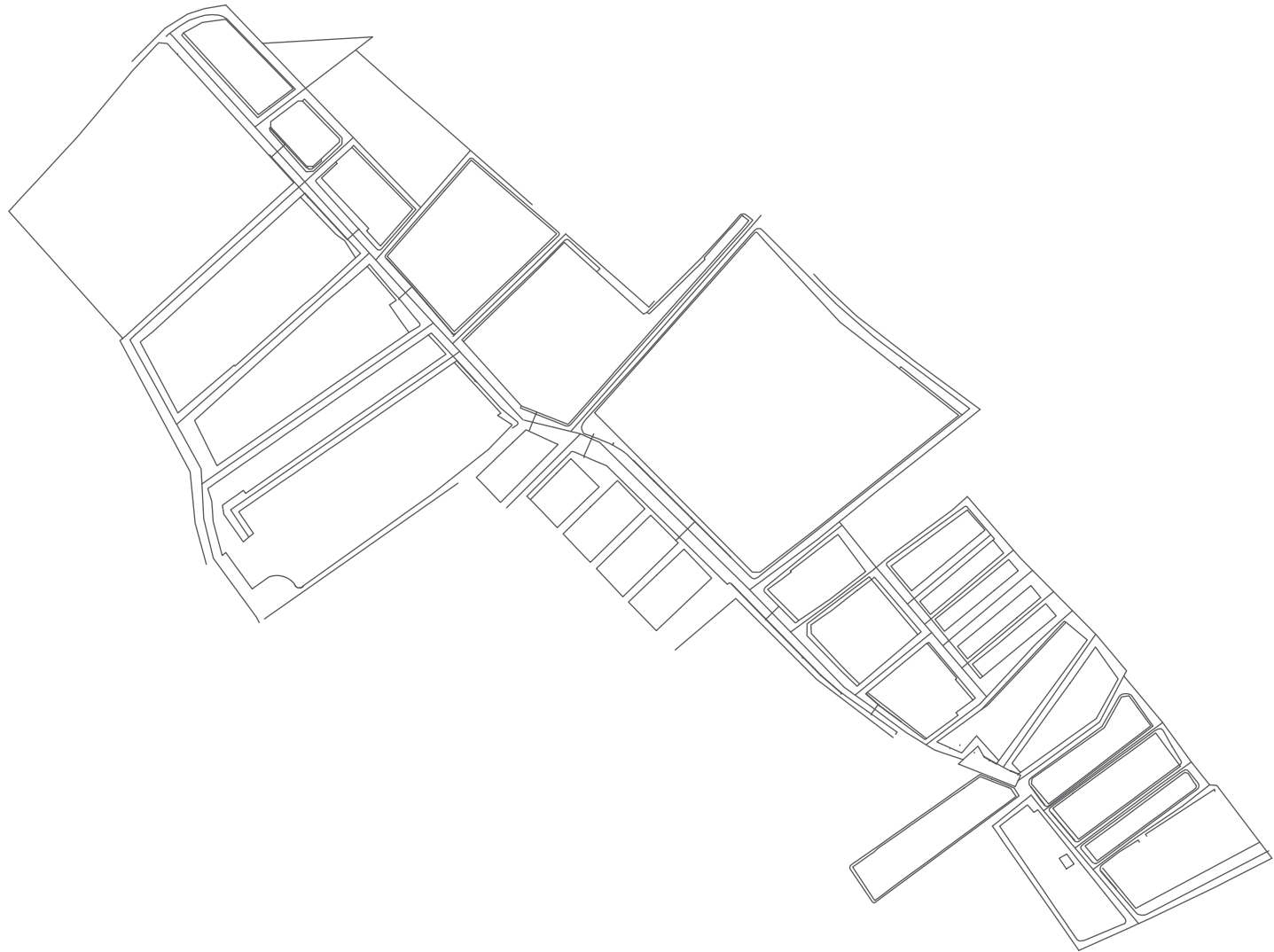
Nº Plano:

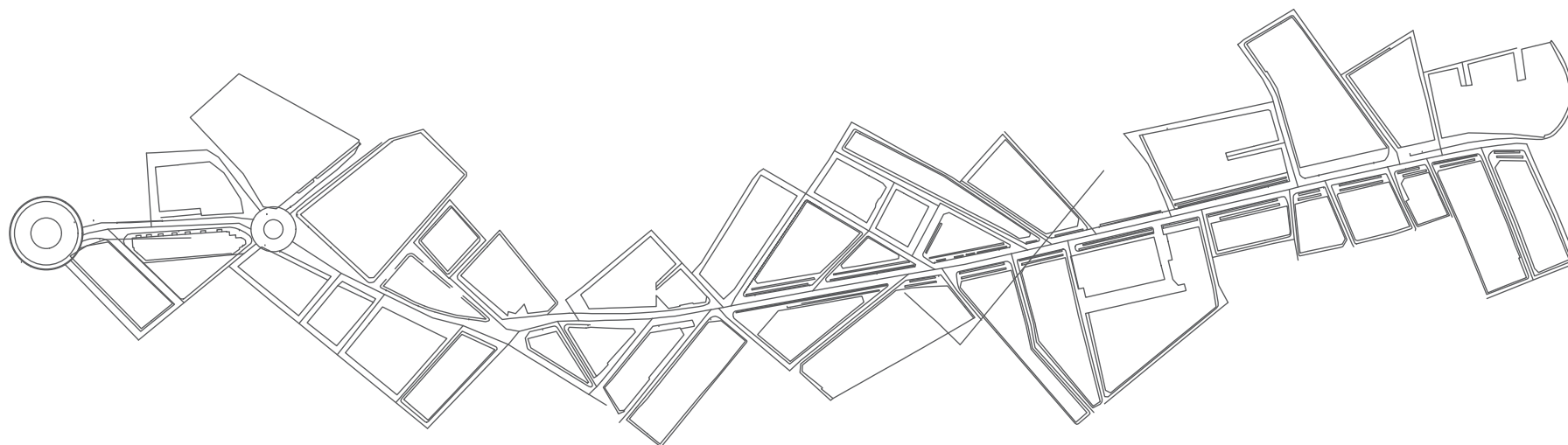
01

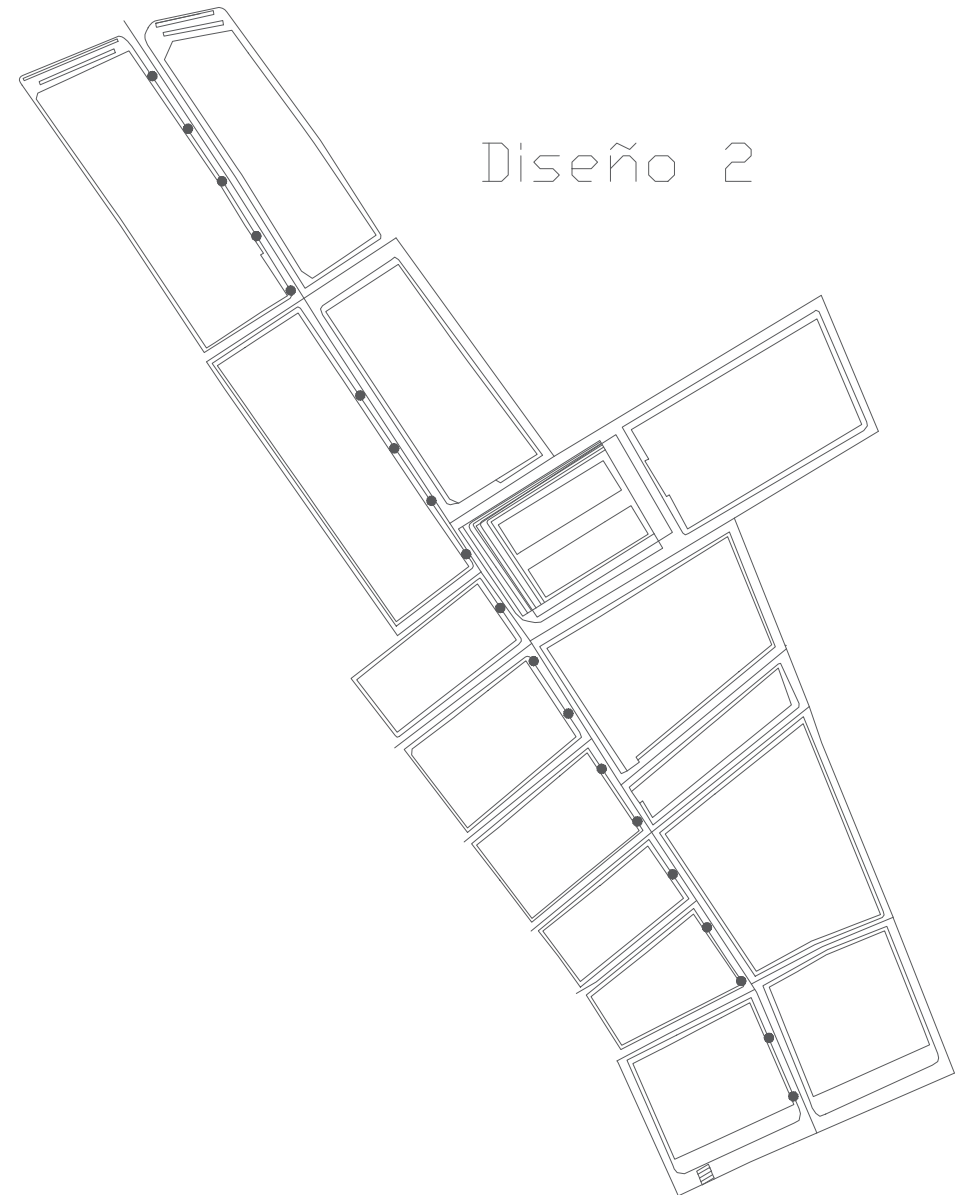
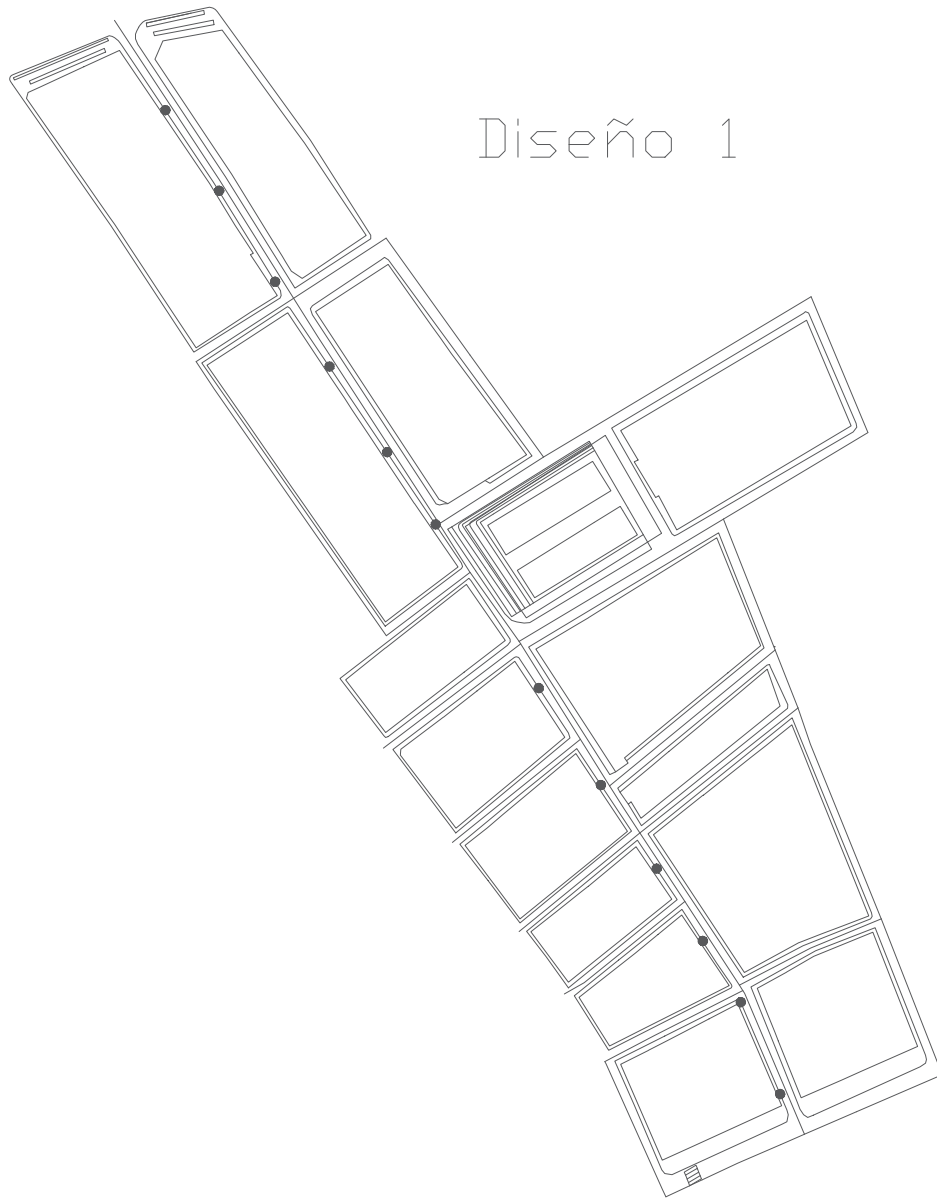


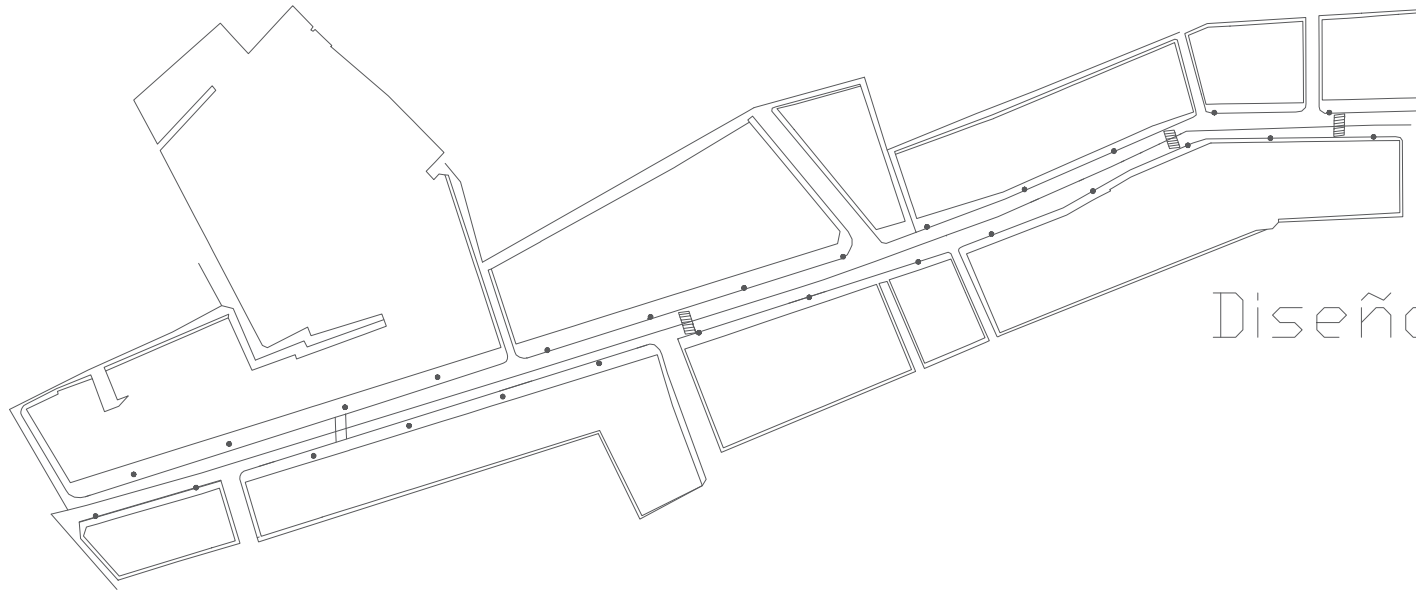




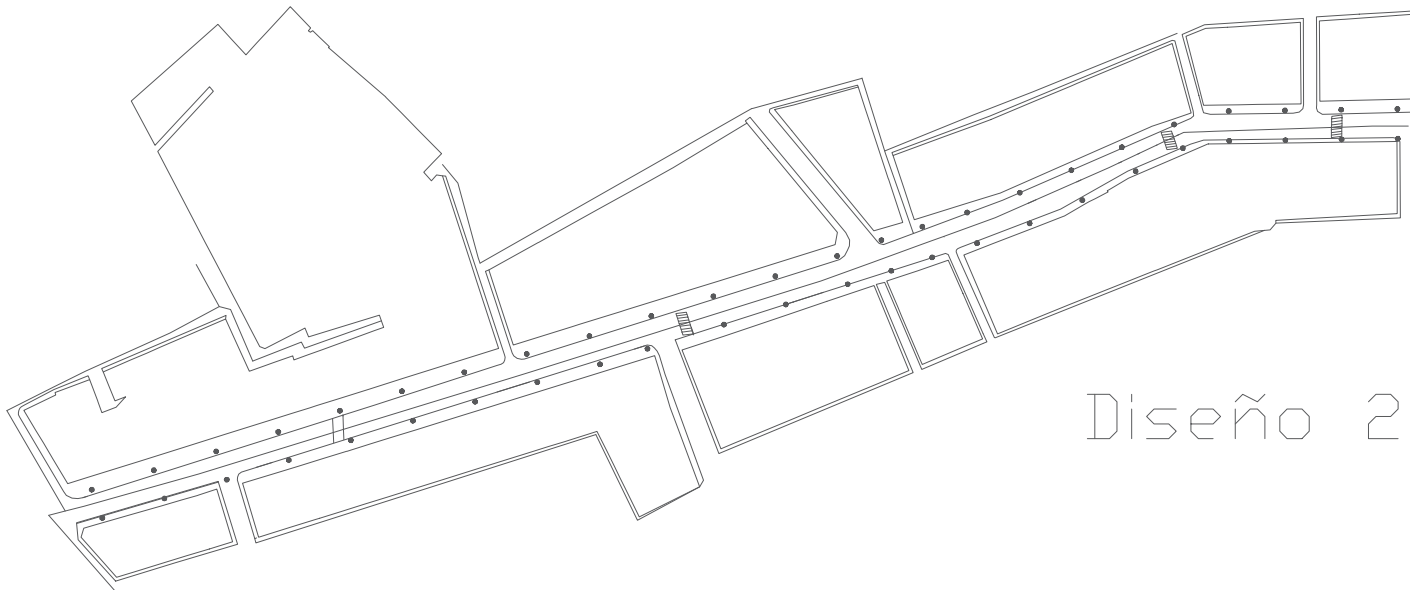






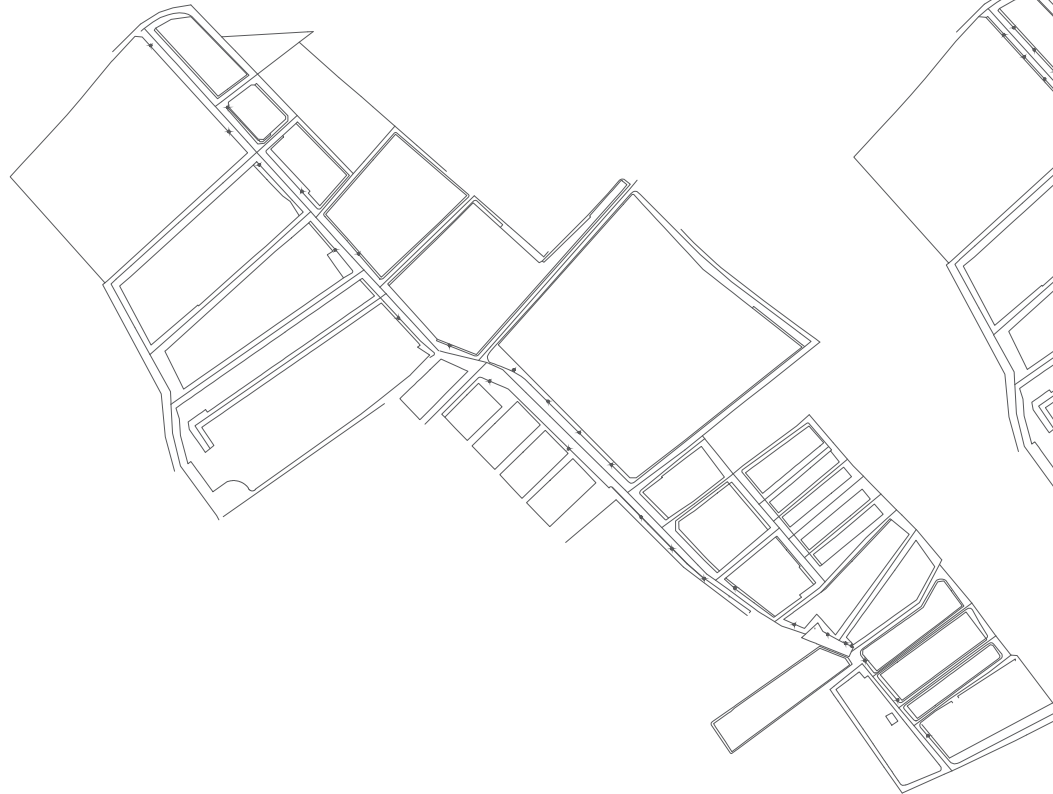


Diseño 1

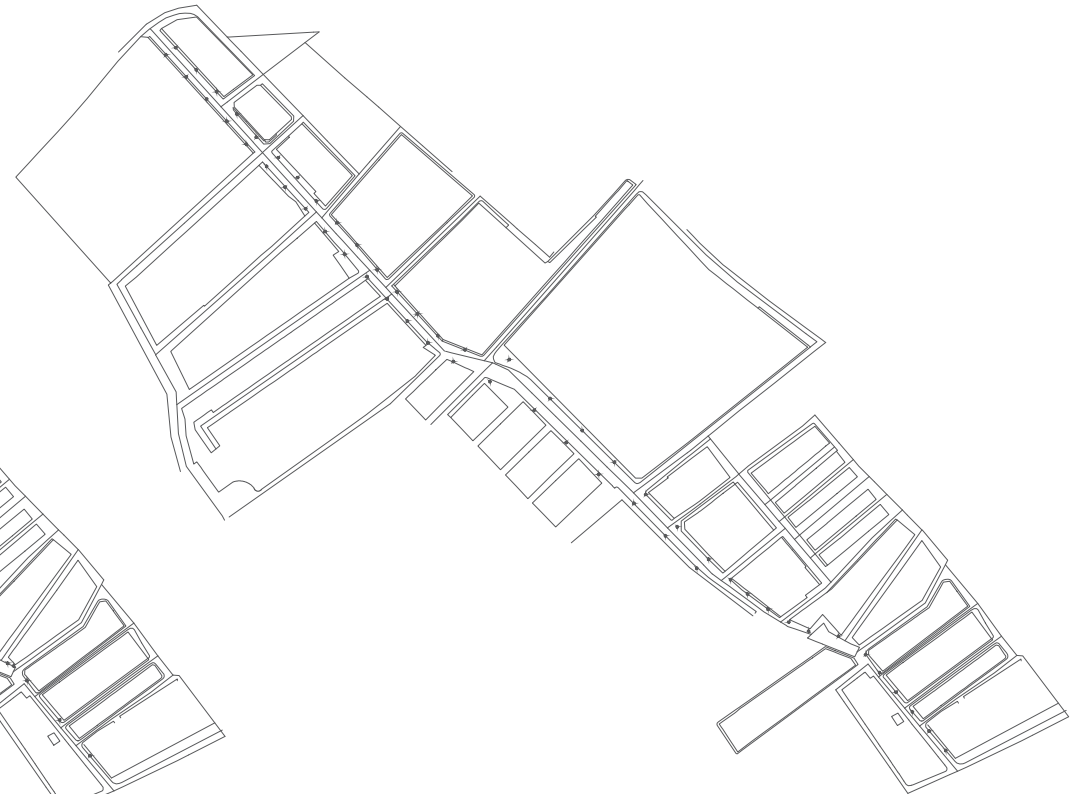


Diseño 2

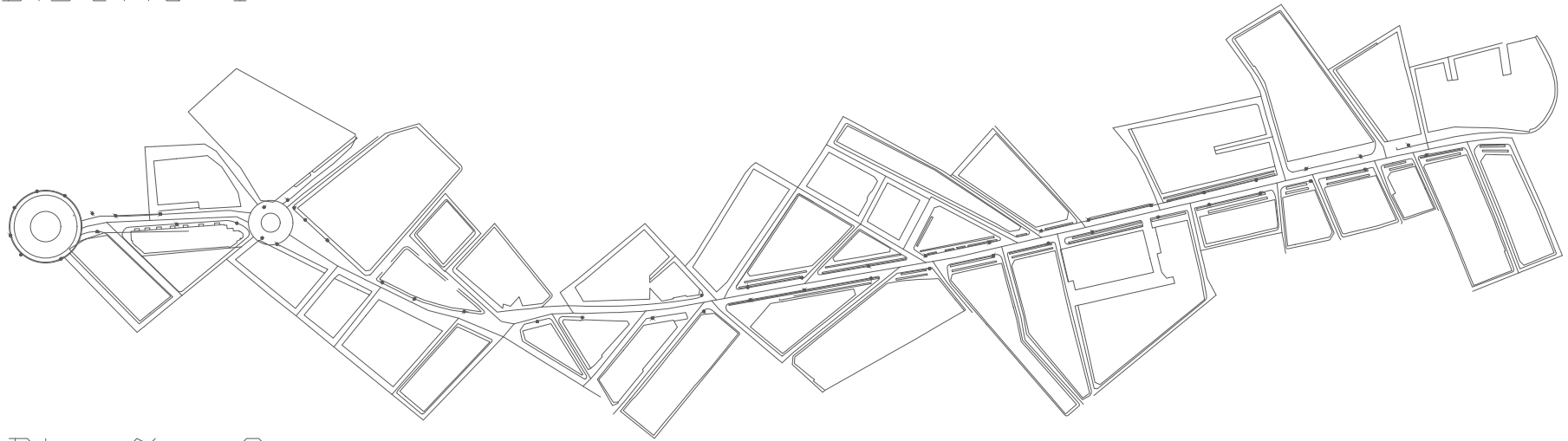
Diseño 1



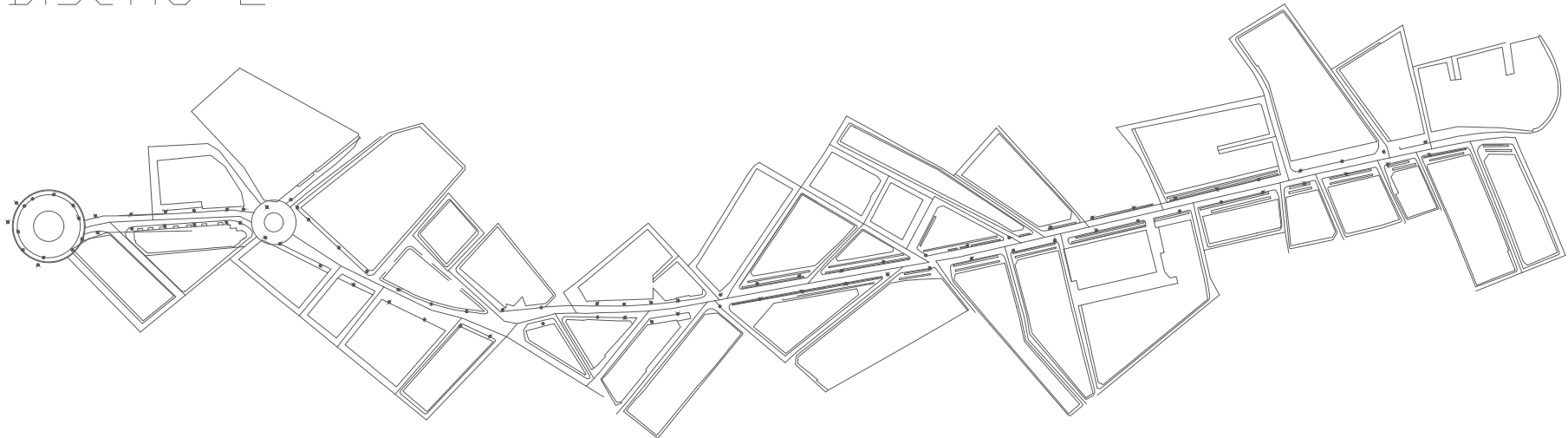
Diseño 2

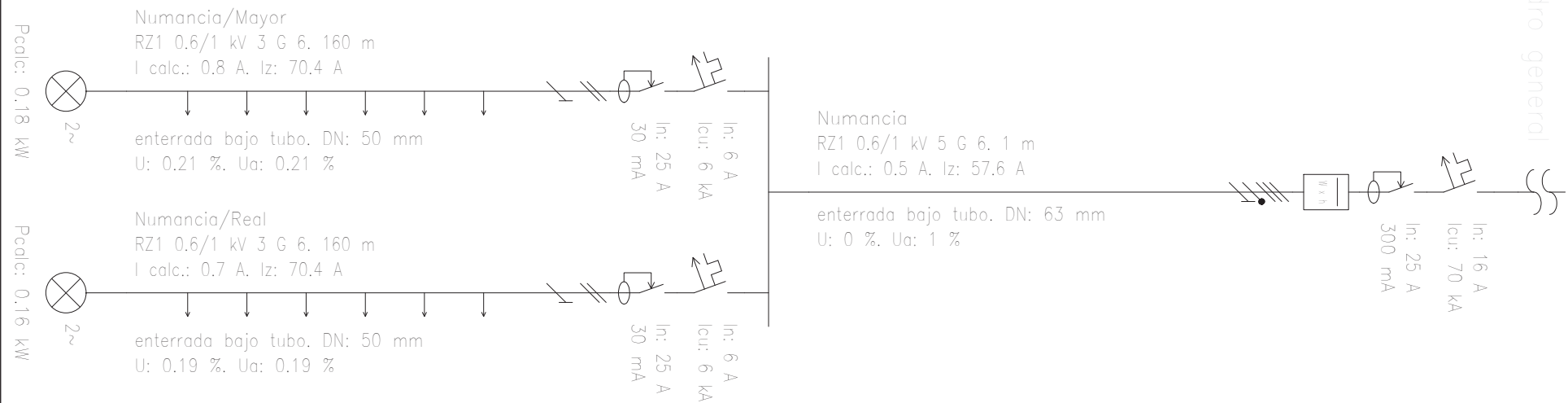


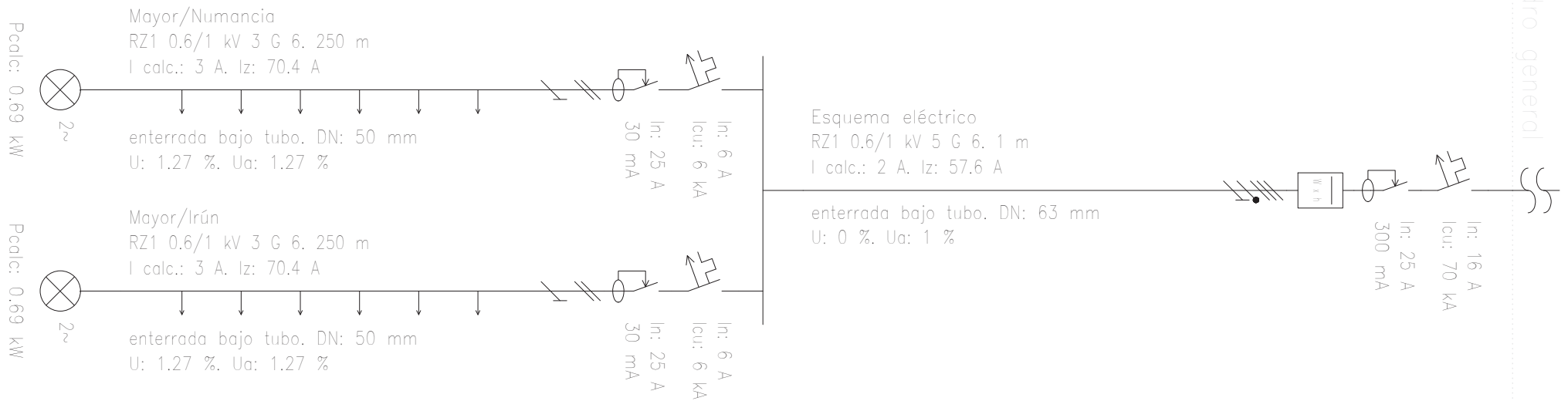
Diseño 1

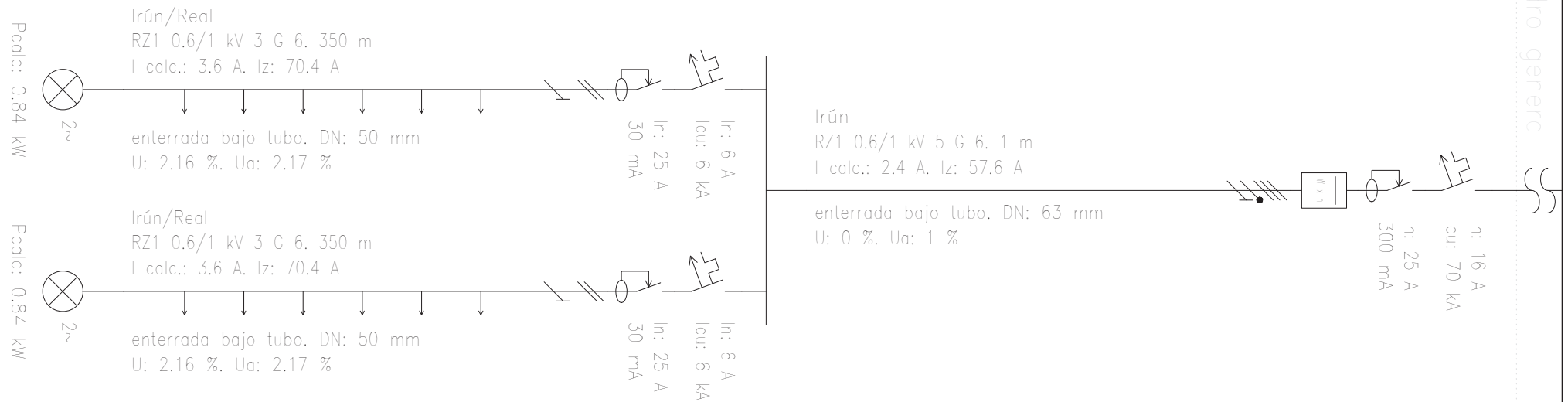


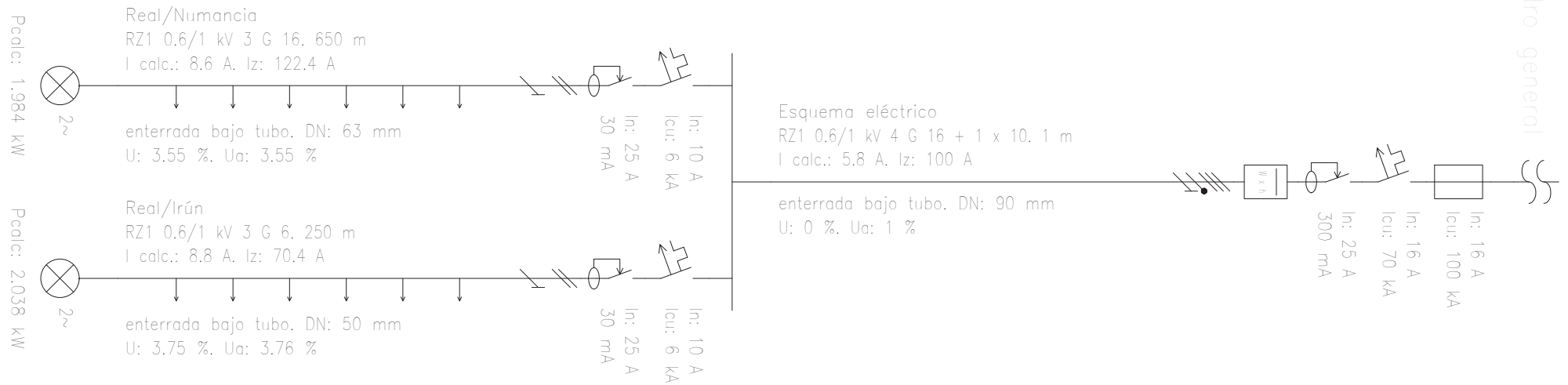
Diseño 2











CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Sobre el TFG

1. Identificados *in situ* los aspectos energéticos del alumbrado público de las calles Numancia, Mayor, Real y Carrera de Irún del municipio de La Unión, analizadas las diferentes alternativas de diseño para optimizar su eficiencia energética, y planificados mediante software Dialux.evo, se propone el Diseño 2 como el más conveniente que incluye inversión material de renovación de las instalaciones obsoletas. Está basado, principalmente, en la aplicación de la tecnología LED por las altas ventajas que ofrece en cuanto a eficiencia energética.
2. Con el Diseño 2 propuesto como óptimo para la nueva instalación, se obtiene en términos de potencia, un consumo anual de 10.061,32 kWh/año, muy distante de los 83.213,576 kWh/año de consumo de la instalación existente actual con lámparas VSAP, suponiendo un ahorro del 87,91%. En términos económicos el ahorro asciende a la cantidad de 8.596,63 € año en la factura del suministro de energía eléctrica para la zona estudiada.
3. Este trabajo planteado como Trabajo Fin de Grado denominado “Optimización Energética del Alumbrado Público en el casco urbano del municipio de La Unión”, aunque ejercicio académico, es viable desde el punto de vista funcional, técnico y de cumplimiento de la reglamentación vigente, y aporta soluciones para la optimización y el ahorro en consumo de energía correspondiente en varias calles del municipio de La Unión (Murcia).

Sobre la autora

1. La redacción de este Trabajo Fin de Grado ha supuesto el tránsito de pensar como estudiante a hacerlo como profesional, reflexionando y asumiendo las futuras responsabilidades derivadas como profesional de esta rama de Ingeniería.

ANEXOS

Clasificación de las vías. Tabla 1 - ITC-EA-02

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

Clases de alumbrado para las vías tipo B. Tabla 3 - ITC-EA-02

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado
B1	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.</i> • <i>Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.</i> <p style="margin-left: 40px;">Intensidad de tráfico IMD \geq 7.000..... IMD $<$ 7.000.....</p>	ME2/ME3c ME4b/ME5/ME6
B2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Carreteras locales en áreas rurales.</i> <p style="margin-left: 40px;">Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera. IMD \geq 7.000..... IMD $<$ 7.000.....</p>	ME2/ME3c ME4b/ME5/ME6

Tabla 3. Clases de alumbrado para las vías tipo E (Tabla 1 de la ITC-EA-02)

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de Alumbrado
E1	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Espacios peatonales de conexión, calles peatonales y aceras a lo largo de la calzada.</i> • <i>Paradas de autobús con zonas de espera.</i> • <i>Áreas comerciales peatonales.</i> <p style="margin-left: 40px;">Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal</p>	CE1A/CE2/S1 S2/S3/S4
E2	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.</i> <p style="margin-left: 40px;">Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal.....</p>	CE1A/CE2/S1 S2/S3/S4

Clases de alumbrado de similar nivel de iluminación. Tabla 19 - ITC-EA-02

	ME2 MEW2	ME3 MEW3	ME4 MEW4	ME5 MEW5	ME6
CEO	CE2	CE3	CE4	CE5	
		S1	S2	S3	S4

Valores de eficiencia energética de referencia. Tabla 3 de la ITC-EA-06

Alumbrado vial funcional		Alumbrado vial ambiental y otras instalaciones de alumbrado	
Iluminancia media en servicio proyectada	Eficiencia energética de referencia	Iluminancia media en servicio proyectada	Eficiencia energética de referencia
E_m (lux)	ϵ_R	E_m (lux)	ϵ_R
≥ 30	32	--	--
25	29	--	--
20	26	≥ 20	13
15	23	15	11
10	18	10	9
$\leq 7,5$	14	7,5	7
--	--	≤ 5	5

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

Valores límite del flujo hemisférico superior. Tabla 2 de la ITC-EA-03

CLASIFICACIÓN DE ZONAS	FLUJO HEMISFÉRICO SUPERIOR INSTALADO
	FNS_{INST}
E1	< 1 %
E2	< 5 %
E3	≤ 15 %
E4	≤ 25 %

Limitaciones de la luz molesta procedente de instalaciones de alumbrado exterior.

Tabla 3 - ITC-EA-03

Parámetros luminotécnicos	Valores máximos			
	Observatorios astronómicos y parques naturales E1	Zonas periurbanas y áreas rurales E2	Zonas urbanas residenciales E3	Centros urbanos y áreas comerciales E4
Iluminancia vertical (E_v)	2 lux	5 lux	10 lux	25 lux
Intensidad luminosa emitida por las luminarias (I)	2.500 cd	7.500 cd	10.000 cd	25.000 cd
Luminancia media de las fachadas (L_m)	5 cd/m ²	5 cd/m ²	10 cd/m ²	25 cd/m ²
Luminancia máxima de las fachadas ($L_{m\text{máx}}$)	10 cd/m ²	10 cd/m ²	60 cd/m ²	150 cd/m ²
Luminancia máxima de señales y anuncios luminosos ($L_{m\text{máx}}$)	50 cd/m ²	400 cd/m ²	800 cd/m ²	1.000 cd/m ²
Incremento de umbral de contraste (TI)	Clase de Alumbrado			
	Sin iluminación	ME 5	ME3 / ME4	ME1 / ME2
	TI = 15 % Para adaptación a L = 0,1 cd/m ²	TI = 15 % Para adaptación a L = 1 cd/m ²	TI = 15 % Para adaptación a L = 2 cd/m ²	TI = 15 % Para adaptación a L = 5 cd/m ²

Características de las luminarias y proyectores. Tabla 1 - ITC-EA-04

PARÁMETROS	ALUMBRADO VIAL		RESTO ALUMBRADOS (1)	
	Funcional	Ambiental	Proyectores	Luminarias
Rendimiento	≥ 65 %	≥ 55 %	≥ 55 %	≥ 60 %
Factor de utilización	(2)	(2)	≥ 0,25	≥ 0,30
(1) A excepción de alumbrado festivo y navideño. (2) Alcanzarán los valores que permitan cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética establecidos en las tablas 1 y 2 de la ITC-EA-01				

Tabla 4 – Calificación energética de una instalación de alumbrado


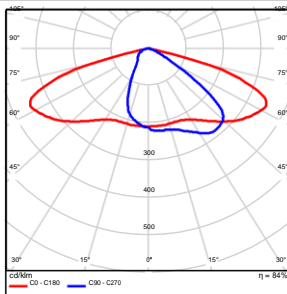

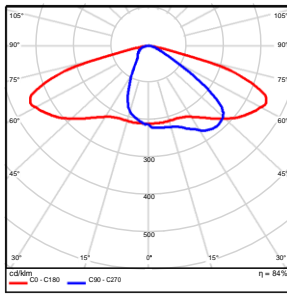
Calificación energética	Índice de consumo energético	Índice de eficiencia energética
A	$ICE < 0,91$	$I_{\epsilon} > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_{\epsilon} > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_{\epsilon} > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_{\epsilon} > 0,56$
E	$1,79 \leq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

Numancia

Número de unidades	Luminaria	Dispones de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	
12	Philips Lighting BRP775 FG 1xECO48/830 OFR2 Lámpara: 1xECO48/830/- Grado de eficacia de funcionamiento: 86.89% Flujo luminoso de lámparas: 4750 lm Flujo luminoso de las luminarias: 4127 lm Potencia: 32.0 W Rendimiento lumínico: 129.0 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100	Dispones de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.	


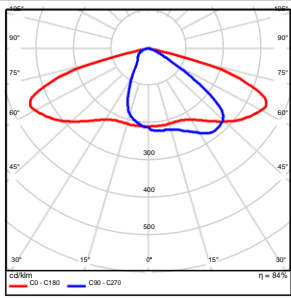

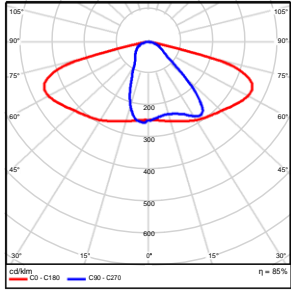
Flujo luminoso total de lámparas: 57000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 49524 lm, Potencia total: 384.0 W, Rendimiento lumínico: 129.0 lm/W

Mayor

Número de unidades	Luminaria		
28	Philips Lighting BGP213 1xECO16/740 DW Lámpara: 1xECO16/740/- Grado de eficacia de funcionamiento: 84.00% Flujo luminoso de lámparas: 1600 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1344 lm Potencia: 12.8 W Rendimiento lumínico: 105.0 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		
28	Philips Lighting BGP213 1xECO39/740 DW Lámpara: 1xECO39/740/- Grado de eficacia de funcionamiento: 84.00% Flujo luminoso de lámparas: 3800 lm Flujo luminoso de las luminarias: 3192 lm Potencia: 31.5 W Rendimiento lumínico: 101.3 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		


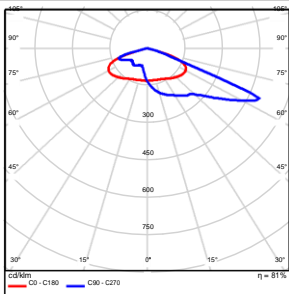

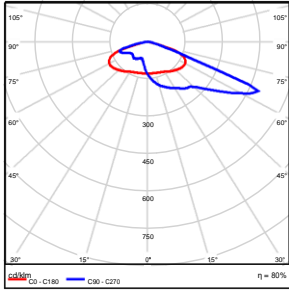

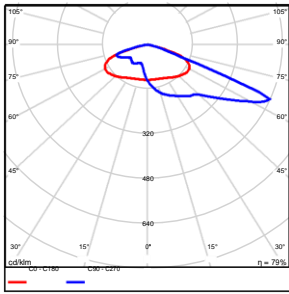
Flujo luminoso total de lámparas: 151200 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 127008 lm, Potencia total: 1240.4 W, Rendimiento lumínico: 102.4 lm/W

Carrera de Irún

Número de unidades	Luminaria		
5	Philips Lighting BGP213 1xECO49/740 DW Lámpara: 1xECO49/740/- Grado de eficacia de funcionamiento: 84.00% Flujo luminoso de lámparas: 4800 lm Flujo luminoso de las luminarias: 4032 lm Potencia: 39.5 W Rendimiento lumínico: 102.1 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		
20	Philips Lighting BGP214 1xECO98/740 DM Lámpara: 1xECO98/740/- Grado de eficacia de funcionamiento: 85.14% Flujo luminoso de lámparas: 10000 lm Flujo luminoso de las luminarias: 8514 lm Potencia: 83.0 W Rendimiento lumínico: 102.6 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		


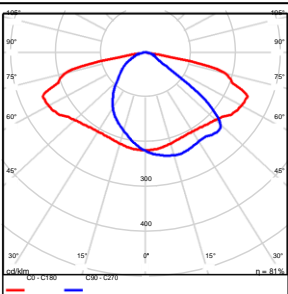
Flujo luminoso total de lámparas: 224000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 190440 lm, Potencia total: 1857.5 W, Rendimiento lumínico: 102.5 lm/W

Real

Número de unidades	Luminaria		
30	Philips Lighting BGP322 T35 1xECO19-3S/830 A Lámpara: 1xECO19-3S/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 80.88% Flujo luminoso de lámparas: 2100 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1698 lm Potencia: 20.0 W Rendimiento lumínico: 84.9 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		
39	Philips Lighting BGP322 T35 1xECO57-3S/740 A Lámpara: 1xECO57-3S/740 Grado de eficacia de funcionamiento: 79.97% Flujo luminoso de lámparas: 6000 lm Flujo luminoso de las luminarias: 4798 lm Potencia: 50.0 W Rendimiento lumínico: 96.0 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		
15	Philips Lighting BGP322 T35 1xGRN114-3S/657 A Lámpara: 1xGRN114-3S/657 Grado de eficacia de funcionamiento: 78.58% Flujo luminoso de lámparas: 12000 lm Flujo luminoso de las luminarias: 9429 lm Potencia: 87.0 W Rendimiento lumínico: 108.4 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		

Flujo luminoso total de lámparas: 477000 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 379497 lm, Potencia total: 3855.0 W, Rendimiento lumínico: 98.4 lm/W

Numancia

Número de unidades	Luminaria		
20	Schréder HESTIA MINI / 5103 / 16 LEDS 350mA NW / 332292 Emisión de luz 1 Lámpara: 1x16 LEDS 350mA NW Grado de eficacia de funcionamiento: 81.04% Flujo luminoso de lámparas: 2288 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1854 lm Potencia: 18.0 W Rendimiento lumínico: 103.0 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		

Flujo luminoso total de lámparas: 45760 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 37080 lm, Potencia total: 360.0 W, Rendimiento lumínico: 103.0 lm/W

Mayor

Número de unidades	Luminaria		
22	<p>Schröder AMPERA MINI / 5119 / 16 LEDS 350mA CW / 335652 Lámpara: 1x16 LEDS 350mA CW Grado de eficacia de funcionamiento: 79.79% Flujo luminoso de lámparas: 2288 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1825 lm Potencia: 18.0 W Rendimiento lumínico: 101.4 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100</p>		
52	<p>Schröder AMPERA MINI / 5137 / 8 LEDS 700mA CW / 336182 Lámpara: 1x8 LEDS 700mA CW Grado de eficacia de funcionamiento: 85.31% Flujo luminoso de lámparas: 2013 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1717 lm Potencia: 19.0 W Rendimiento lumínico: 90.4 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100</p>		

Flujo luminoso total de lámparas: 155012 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 129434 lm, Potencia total: 1384.0 W, Rendimiento lumínico: 93.5 lm/W

Carrera de Irún

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
16	Schröder HESTIA MIDI / 5119 / 48 LEDS 350mA NW / 331552 Emisión de luz 1 Lámpara: 1x48 LEDS 350mA NW Grado de eficacia de funcionamiento: 81.57% Flujo luminoso de lámparas: 6864 lm Flujo luminoso de las luminarias: 5599 lm Potencia: 53.0 W Rendimiento lumínico: 105.6 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		
28	Schröder HESTIA MINI / 5117 / 16 LEDS 350mA NW / 332312 Emisión de luz 1 Lámpara: 1x16 LEDS 350mA NW Grado de eficacia de funcionamiento: 81.42% Flujo luminoso de lámparas: 2288 lm Flujo luminoso de las luminarias: 1863 lm Potencia: 18.0 W Rendimiento lumínico: 103.5 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		
12	Schröder HESTIA MINI / 5117 / 24 LEDS 350mA NW / 332312 Emisión de luz 1 Lámpara: 1x24 LEDS 350mA NW Grado de eficacia de funcionamiento: 81.42% Flujo luminoso de lámparas: 3432 lm Flujo luminoso de las luminarias: 2794 lm Potencia: 28.0 W Rendimiento lumínico: 99.8 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		

Flujo luminoso total de lámparas: 215072 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 175276 lm, Potencia total: 1688.0 W, Rendimiento lumínico: 103.8 lm/W

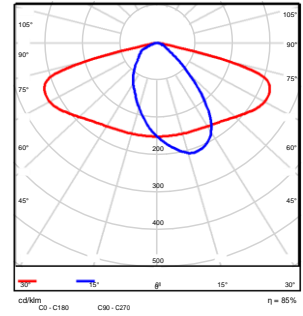
Real

Número de unidades	Luminaria		
8	Schröder AMPERA MIDI / 5137 / 64 LEDS 350mA CW / 336472 Lámpara: 1x64 LEDS 350mA CW Grado de eficacia de funcionamiento: 85.05% Flujo luminoso de lámparas: 9152 lm Flujo luminoso de las luminarias: 7784 lm Potencia: 70.0 W Rendimiento lumínico: 111.2 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		
13	Schröder AMPERA MIDI / 5139 / 48 LEDS 700mA NW / 337342 Lámpara: 1x48 LEDS 700mA NW Grado de eficacia de funcionamiento: 83.89% Flujo luminoso de lámparas: 11930 lm Flujo luminoso de las luminarias: 10008 lm Potencia: 106.0 W Rendimiento lumínico: 94.4 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		
14	Schröder AMPERA MINI / 5119 / 24 LEDS 350mA NW / 335652 Lámpara: 1x24 LEDS 350mA NW Grado de eficacia de funcionamiento: 79.79% Flujo luminoso de lámparas: 3432 lm Flujo luminoso de las luminarias: 2738 lm Potencia: 27.0 W Rendimiento lumínico: 101.4 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		
6	Schröder AMPERA MINI / 5119 / 24 LEDS 350mA NW / 335652 Lámpara: 1x24 LEDS 350mA NW Grado de eficacia de funcionamiento: 79.79% Flujo luminoso de lámparas: 3432 lm Flujo luminoso de las luminarias: 2738 lm Potencia: 27.0 W Rendimiento lumínico: 101.4 lm/W Temperatura de color: 3000 K Índice de reproducción de color: 100		
10	Schröder AMPERA MINI / 5119 / 8 LEDS 350mA CW / 335652 Lámpara: 1x8 LEDS 350mA CW Grado de eficacia de funcionamiento: 79.79% Flujo luminoso de lámparas: 1144 lm Flujo luminoso de las luminarias: 913 lm Potencia: 10.0 W Rendimiento lumínico: 91.3 lm/W Temperatura de color: 4500 K Índice de reproducción de color: 100		

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)
--------------------	----------------------------

76

Schröder AMPERA MINI / 5137 / 8 LEDS 700mA CW / 336182
Emisión de luz 1
Lámpara: 1x8 LEDS 700mA CW
Grado de eficacia de funcionamiento: 79.79%
Flujo luminoso de lámparas: 2013 lm
Flujo luminoso de las luminarias: 1717 lm
Potencia: 19.0 W
Rendimiento lumínico: 90.37 lm/W
Temperatura de color: 4500 K



Flujo luminoso total de lámparas: 461374 lm, Flujo luminoso total de luminarias: 386758 lm, Potencia total: 4022.0 W, Rendimiento lumínico: 96.2 lm/W

CALLE NUMANCIA



Detalle luminaria



Vista general calle Numancia

CALLE MAYOR



Vista general calle Mayor



Detalle luminaria ambiental



Detalle luminaria funcional

CARRERA DE IRÚN



Vista general calle Carrera de Irún



Detalle luminaria soporte columna

CALLE REAL



Vista general calle Real



Detalle luminaria ambiental entre arbolado

GLORIETAS

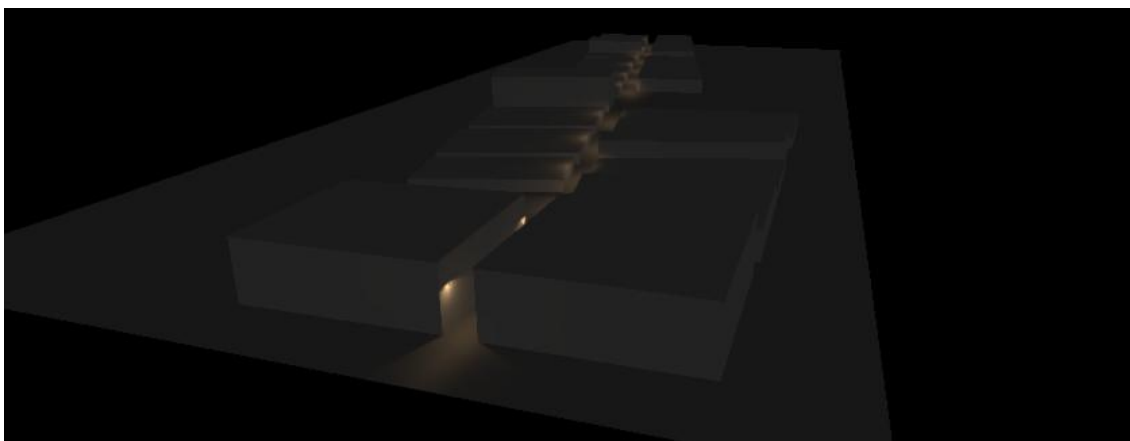


Vista general Glorieta 1

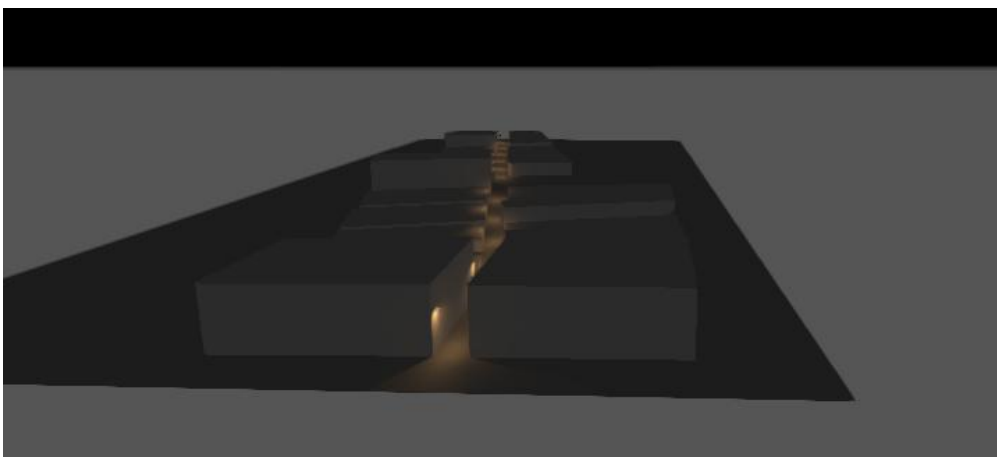


Vista general Glorieta

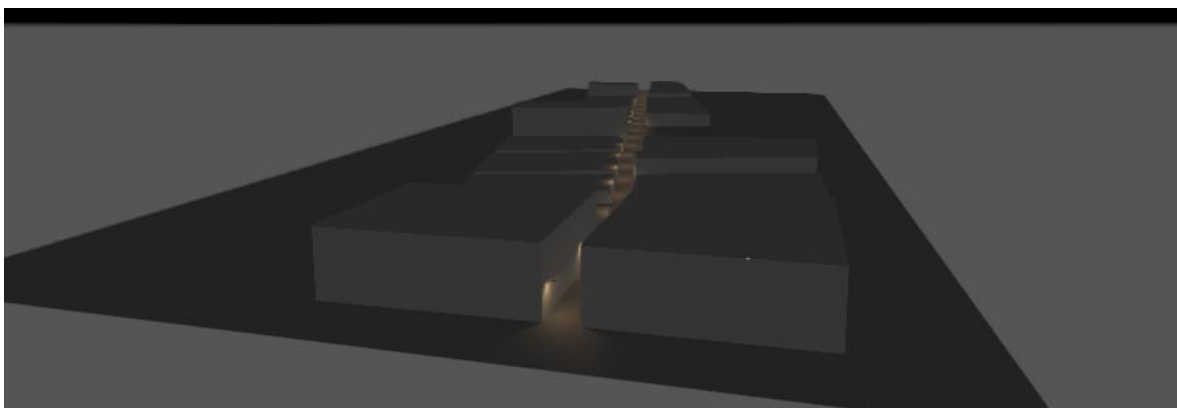
Calle Numancia. Situación de iluminación *ACTUAL*



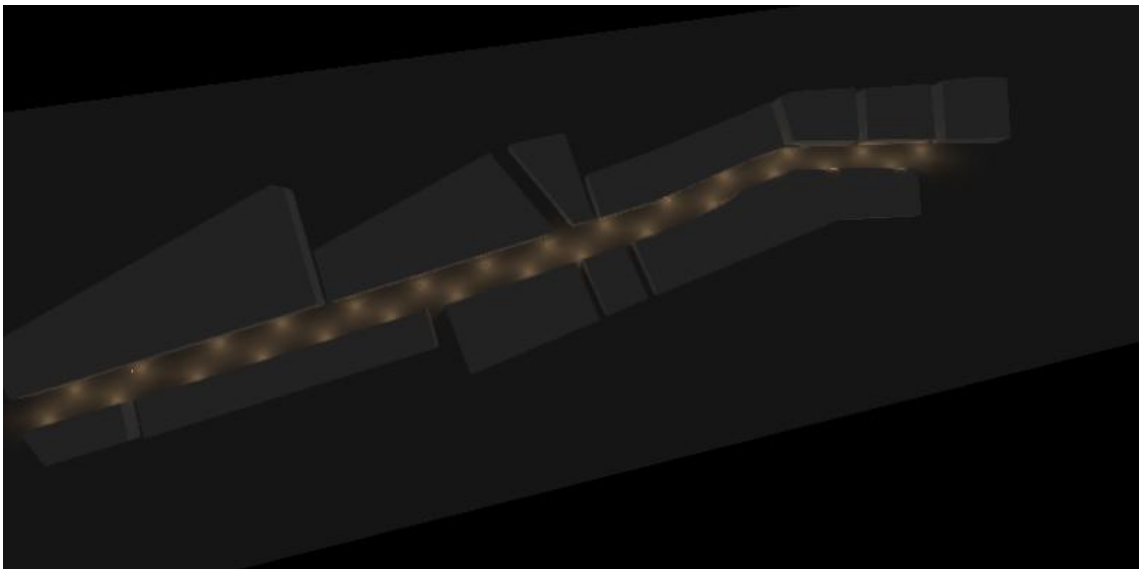
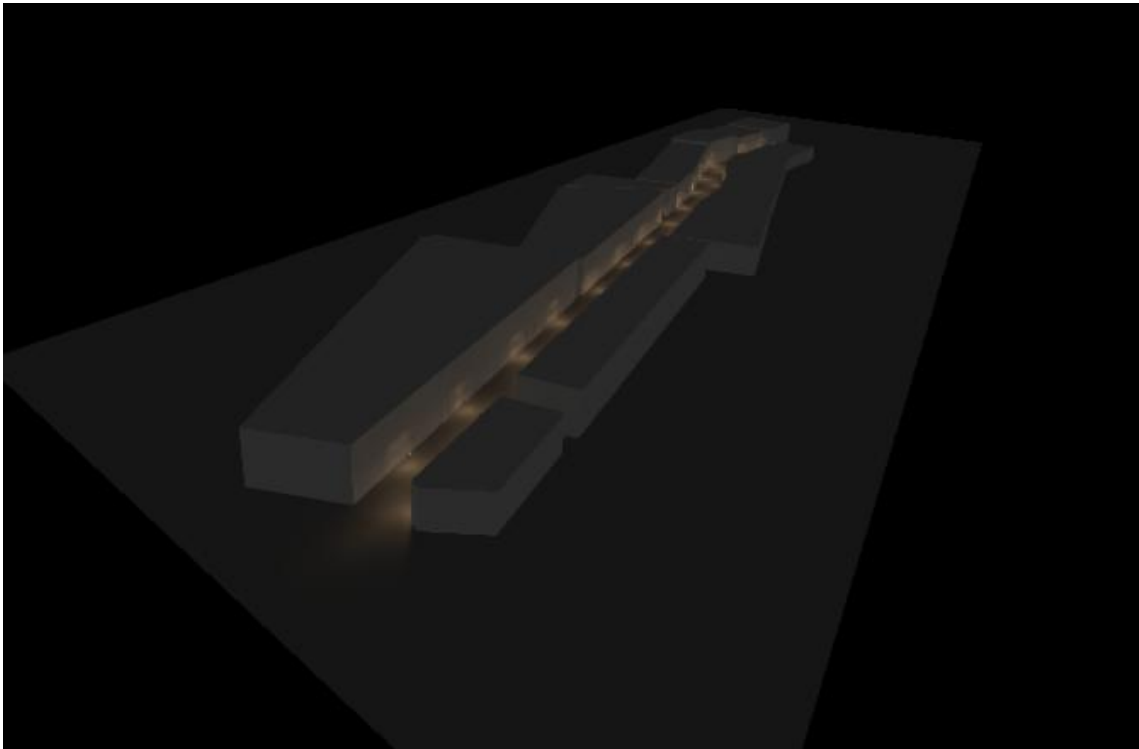
Calle Numancia. Situación de iluminación *DISEÑO 1*



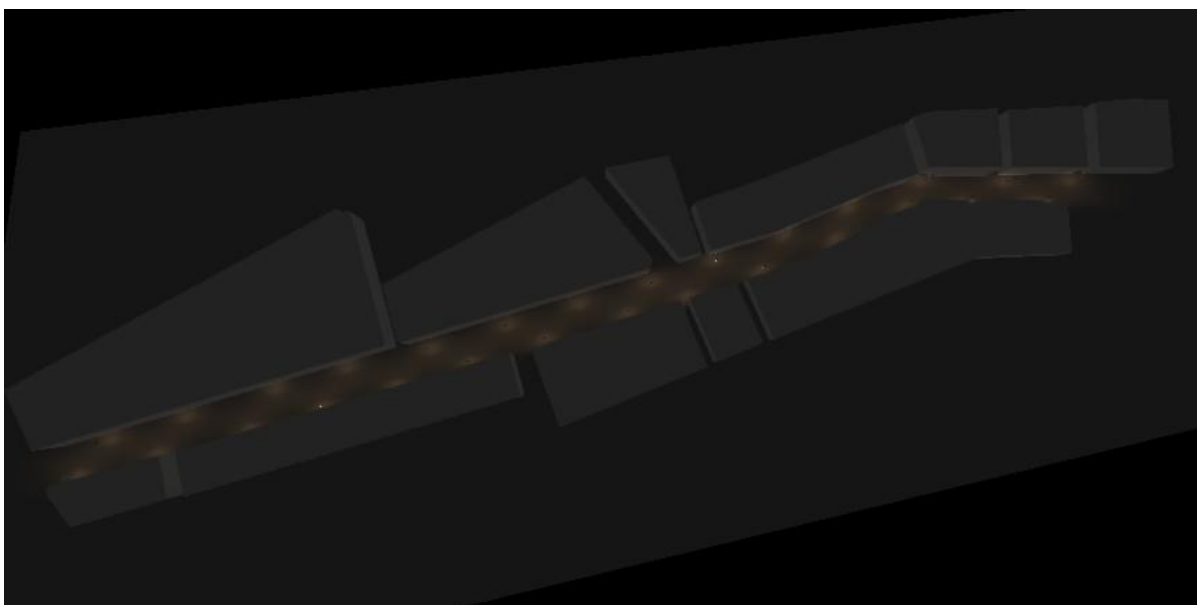
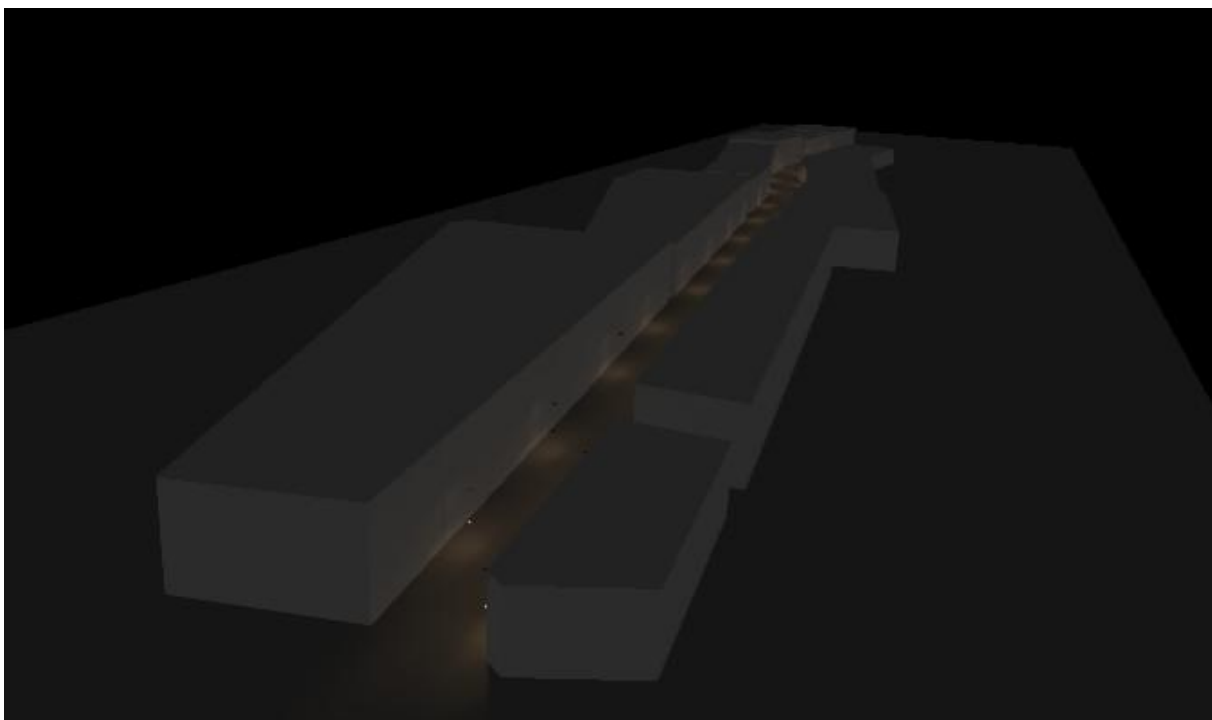
Calle Numancia. Situación de iluminación *DISEÑO 2*



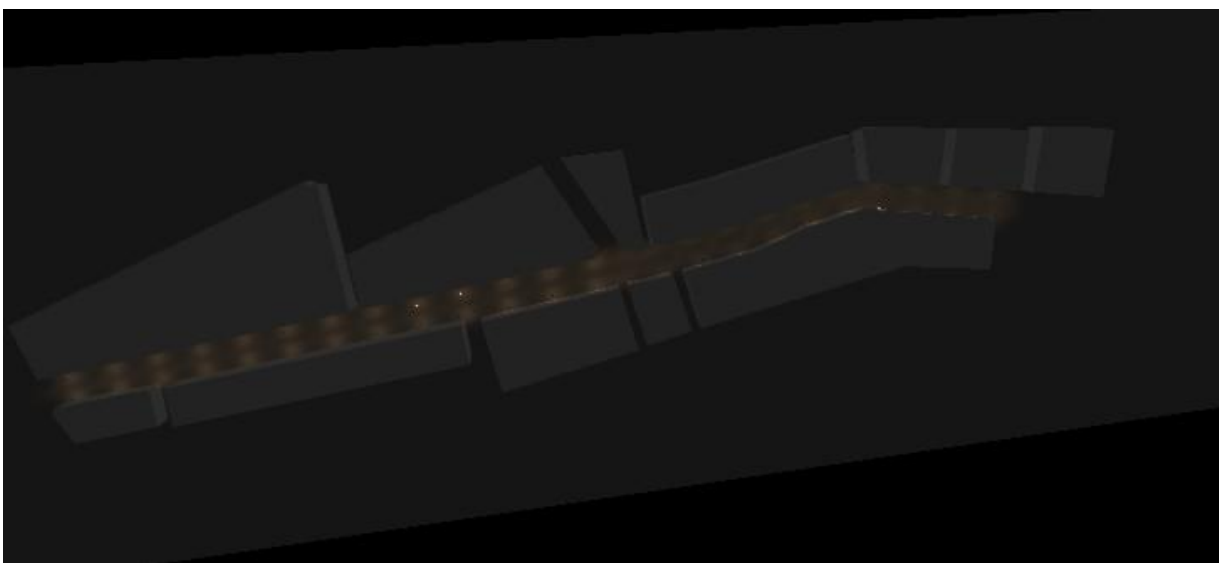
Calle Mayor. Situación de iluminación *ACTUAL*



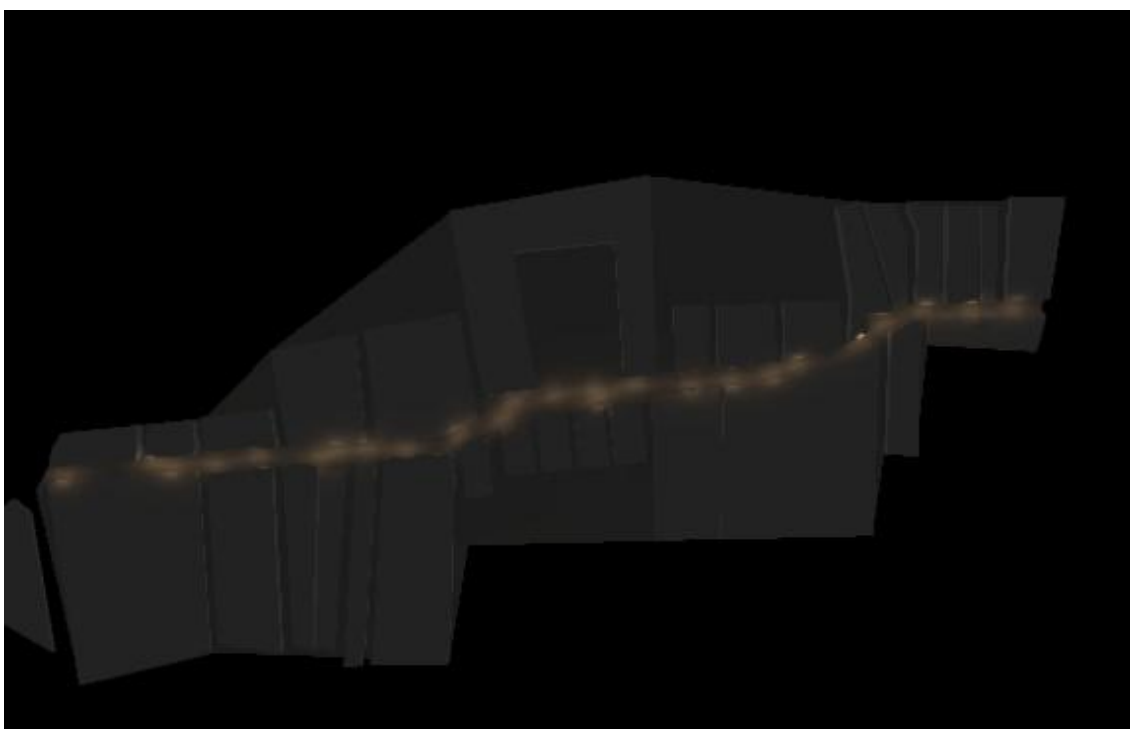
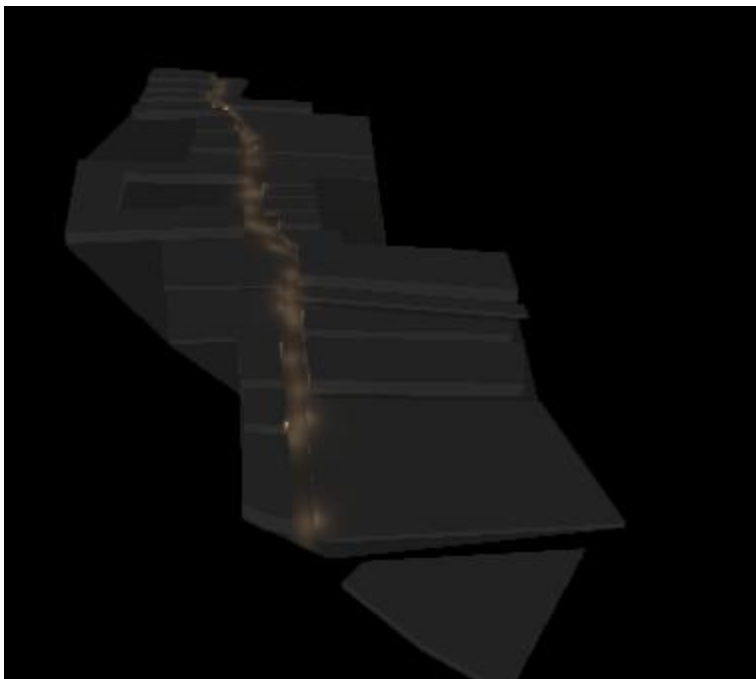
Calle Mayor. Situación de iluminación *DISEÑO 1*



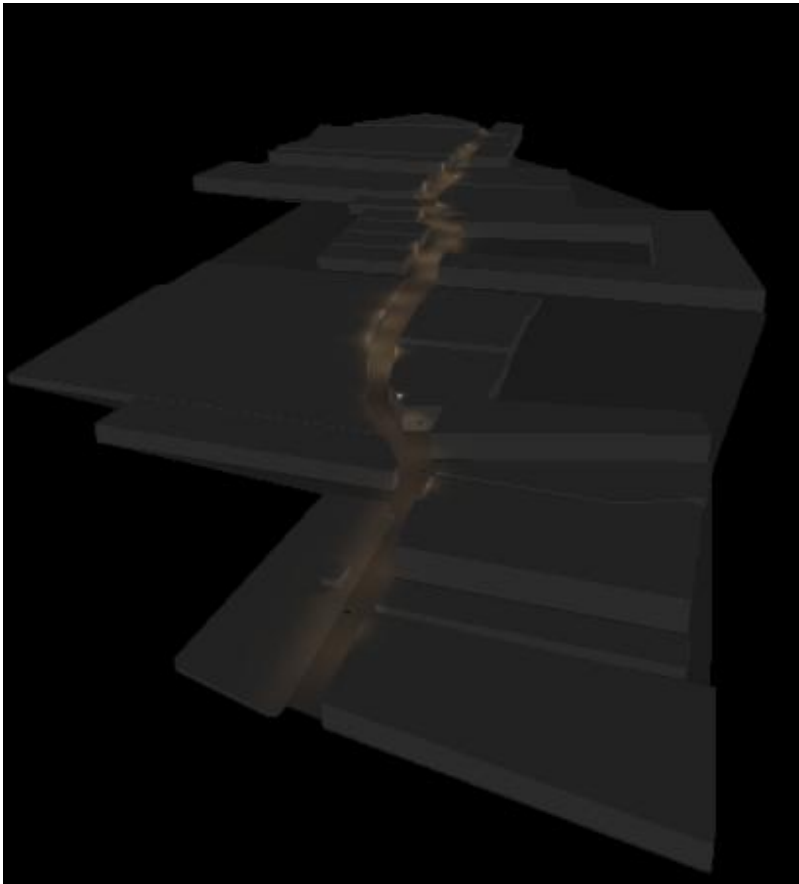
Calle Mayor. Situación de iluminación *DISEÑO 2*



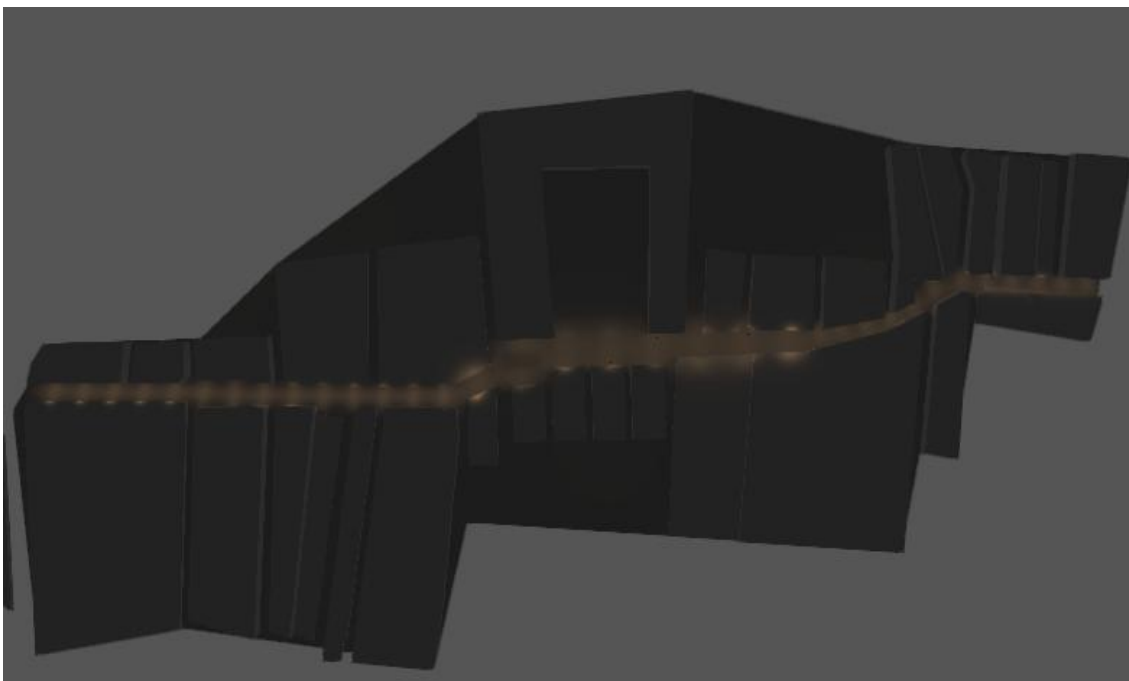
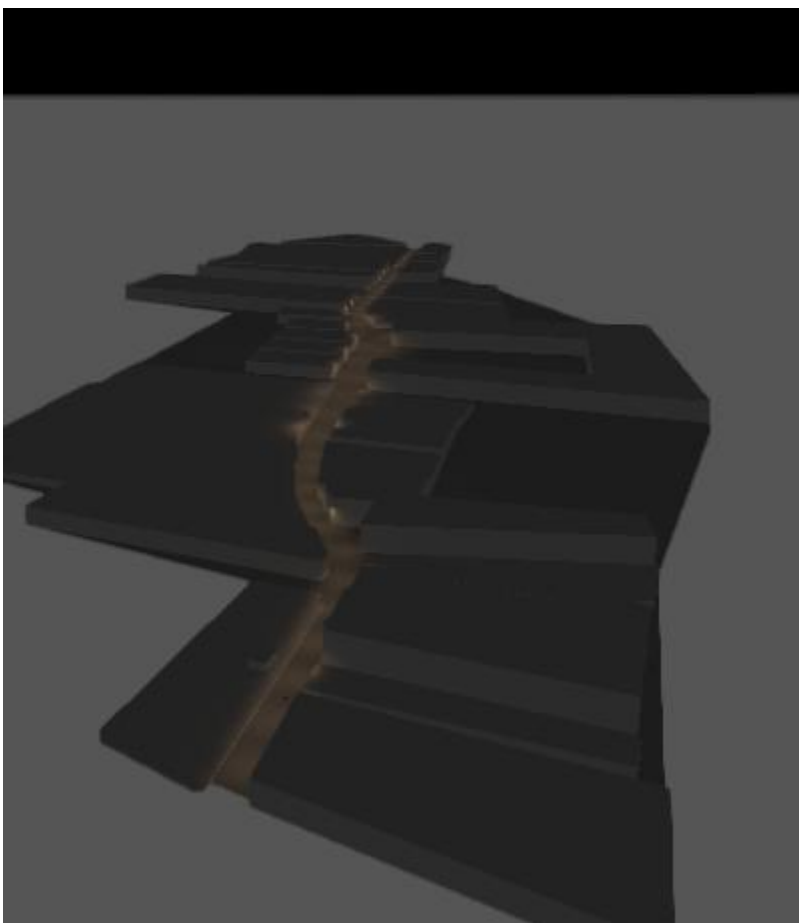
Calle Carrera de Irún. Situación de iluminación *ACTUAL*



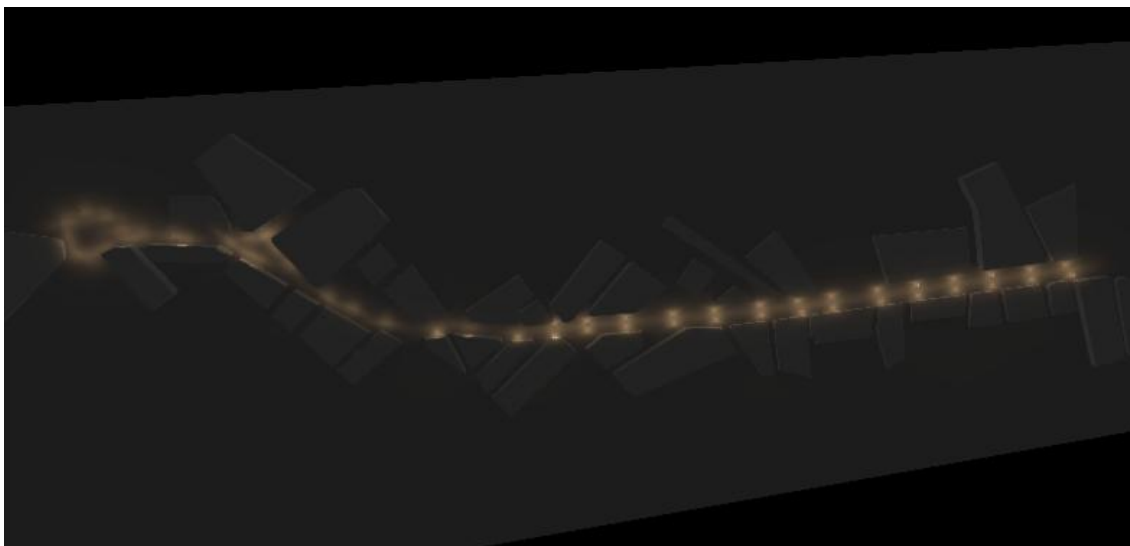
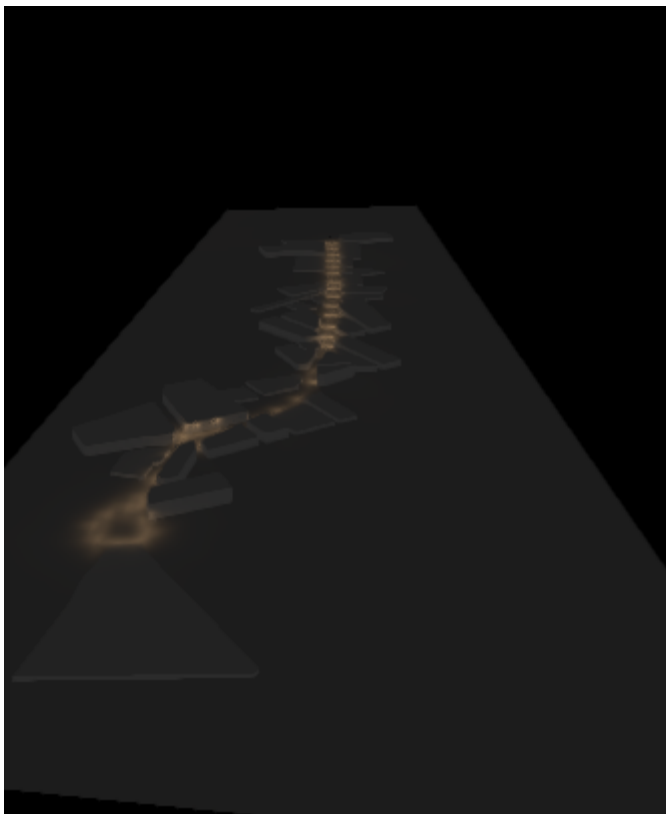
Calle Carrera de Irún. Situación de iluminación *DISEÑO 1*



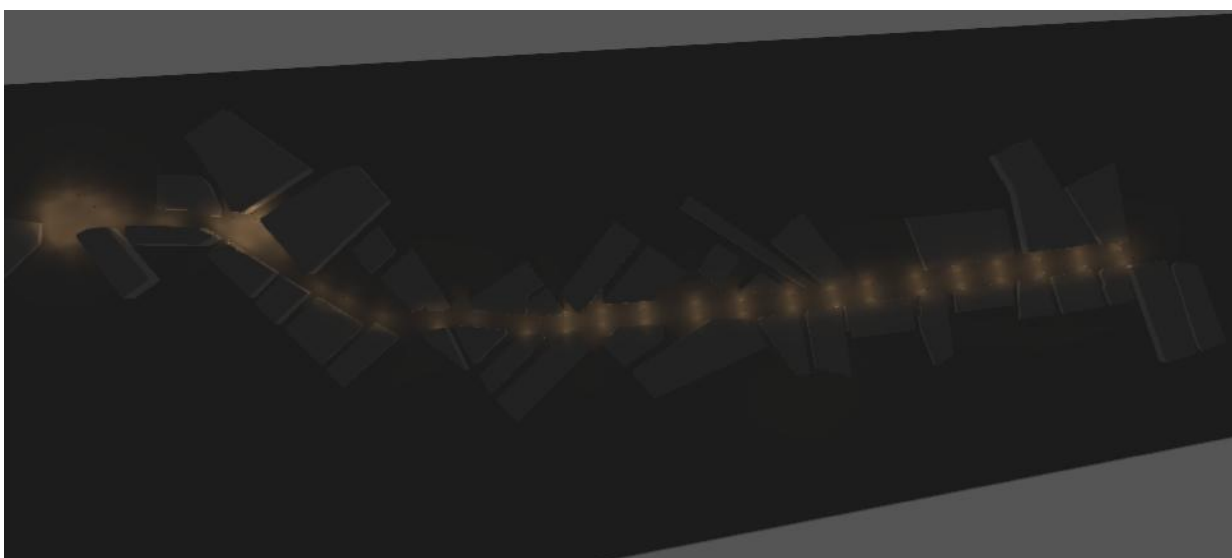
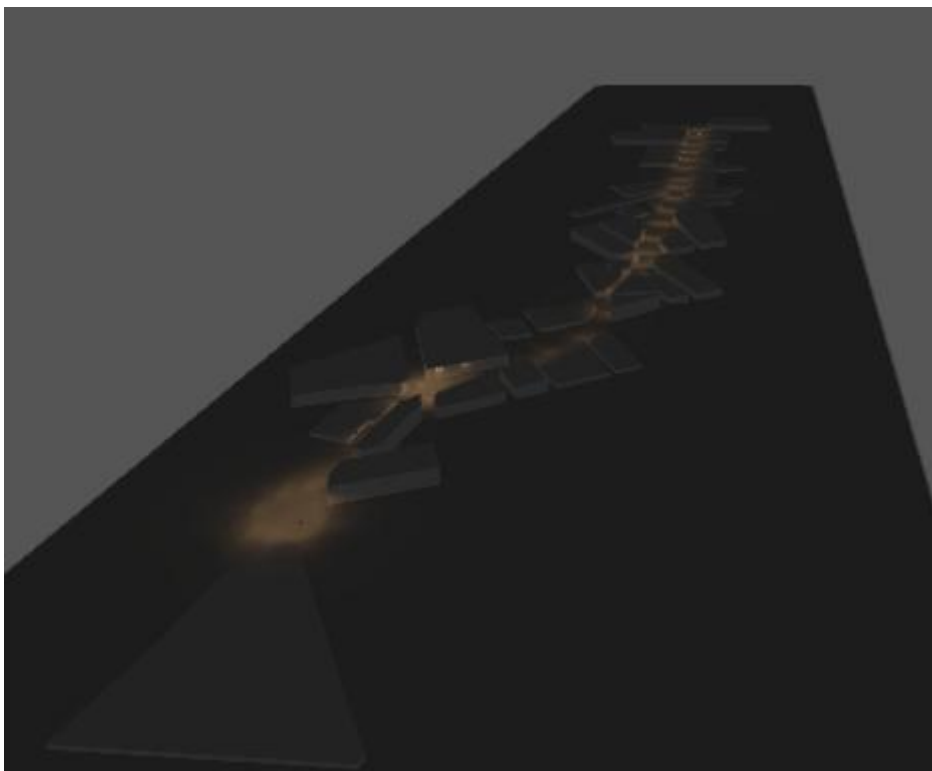
Calle Carrera de Irún. Situación de iluminación *DISEÑO 2*



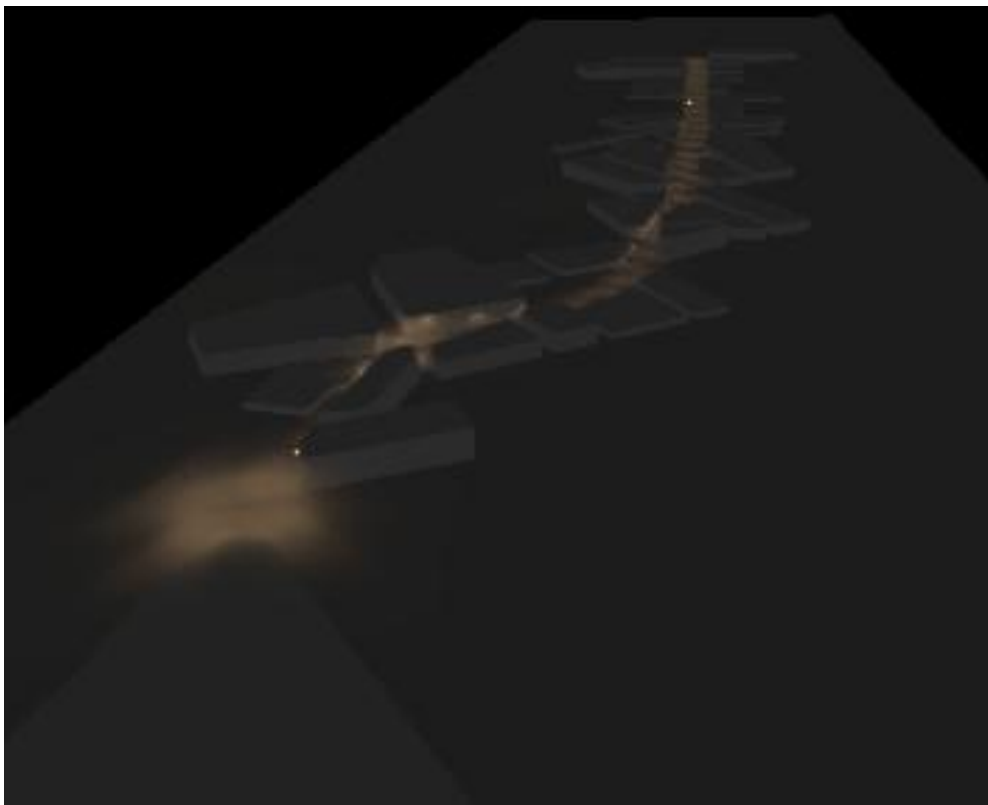
Calle Real. Situación de iluminación *ACTUAL*



Calle Real. Situación de iluminación *DISEÑO 1*



Calle Real. Situación de iluminación *DISEÑO 2*



Bibliografía

- Information on Lighting Applications: licht.wissen 03. Roads, Paths and Squares. Fördergemeinschaft Gutes Licht, 2007.
- Legislación y normativa vigente. En apartado 1.2 Reglamentación de TFG.
- Manual de alumbrado Indal, Indalux, 2002.

Recursos Web

- Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Alumbrado Público. http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_GT_EE_iluminacion_Alumbrado_Publico_9a40dc27.pdf.
- Requerimientos Técnicos exigibles para luminarias con tecnología LED de alumbrado exterior. http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Requerimientos_LED_REV-4-120815_81a949fd.pdf.
- <http://www.lighting.philips.es>.
- <http://www.schreder.com>.