



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad** Zaragoza



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Estudio de viabilidad económica y eficiencia  
energética en una instalación de alumbrado público  
del Casco Antiguo de Zaragoza

Memoria

Autor:

Gabriel Gallo Stampino Martínez-Berganza

Director:

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Zaragoza  
2015



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

D./D<sup>a</sup>. \_\_\_\_\_,

con nº de DNI \_\_\_\_\_ en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)  
\_\_\_\_\_, (Título del Trabajo)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada debidamente.

Zaragoza, \_\_\_\_\_

Fdo: \_\_\_\_\_



# INDICE

---

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1-     | DEFINICIÓN DEL PROYECTO .....                               | 4  |
| 1.1-   | Objeto.....   | 4  |
| 1.2-   | Alcance .....   | 4  |
| 1.3-   | Justificación del presente estudio.....                     | 4  |
| 1.3.1- | Necesidad y antecedentes.....                               | 4  |
| 1.3.2- | Utilidad .....  | 5  |
| 1.3.3- | Ventajas e inconvenientes.....                              | 5  |
| 1.3.4- | Evolución de la tecnología desde la situación inicial ..... | 5  |
| 1.4-   | Especificaciones técnicas .....                             | 6  |
| 1.4.1- | Normativa .....   | 6  |
| 1.5-   | Consideraciones.....  | 6  |
| 1.5.1- | Limitaciones.....   | 6  |
| 1.5.2- | Factores del proyecto .....                                 | 7  |
| 2-     | ANÁLISIS DE ALUMBRADO PÚBLICO .....                         | 8  |
| 2.1-   | Análisis funcional .....                                    | 8  |
| 2.1.1  | Introducción.....   | 8  |
| 2.1.2  | Tipos de vías según alumbrado.....                          | 8  |
| 2.1.3  | Funcionamiento del alumbrado.....                           | 14 |
| 2.2    | Luminarias.....   | 15 |
| 2.2.1  | Lámparas.....   | 15 |
| 2.2.2  | Soportes .....  | 18 |
| 3-     | METODOLOGÍA DE CASOS. ESTUDIOS .....                        | 21 |
| 3.1-   | Introducción .....  | 21 |
| 3.2-   | Estudio 0 .....   | 21 |
| 3.2.1- | Definición.....   | 21 |
| 3.2.2- | Expectativas.....   | 21 |
| 3.2.3- | Resultados .....  | 22 |



|   |    |
|---|----|
| 3.3-Estudio I .....                           | 29 |
| 3.3.1-Definición.....                         | 29 |
| 3.3.2-Expectativas .....                      | 29 |
| 3.3.3-Resultados .....                        | 30 |
| 3.4- Estudio II .....                         | 34 |
| 3.4.1- Definición y catalogación .....        | 34 |
| 3.5- Estudio II.I .....                       | 35 |
| 3.5.1-Expectativas .....                      | 35 |
| 3.5.2-Resultados .....                        | 35 |
| 3.6- Estudio II.II .....                      | 41 |
| 3.6.1-Expectativas .....                      | 41 |
| 3.6.2-Resultados .....                        | 42 |
| 4- RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....             | 48 |
| 4.1- Eficiencia energética .....              | 48 |
| 4.2- Potencia y factura eléctrica .....       | 52 |
| 4.3- Costes de mantenimiento y limpieza ..... | 53 |
| 4.4- Presupuesto .....                        | 54 |
| 4.5- Conclusiones .....                       | 57 |
| DESARROLLO .....                              | 58 |
| 4. BIBLIOGRAFÍA.....                          | 59 |
| Normativa .....                               | 59 |
| Catálogos y tarifas.....                      | 59 |
| Enlaces web .....                             | 60 |
| Programas .....                               | 60 |







- La creencia de una posible optimización de la instalación de alumbrado público, en parte obsoleto y deteriorado, en parte debido al desarrollo de nueva tecnología capaz de reducir los aspectos negativos sin necesidad de suprimir o incumplir la normativa vigente.
- El contraste de la adquisición de material de cierto avance tecnológico con la realidad económica actual y los riesgos de inversión que dichos cambios conllevan.

### 1.3.2- Utilidad

El presente estudio pretende realizar una diagnosis estimada del sistema de alumbrado público actual y poder ofrecer una comparativa con cierto abanico de posibilidades orientadas a la mejora de la eficiencia energética, a la reducción del consumo de potencia anual, a la contaminación tanto lumínica como atmosférica, buscando un equilibrio entre las partes de una forma óptima.

### 1.3.3- Ventajas e inconvenientes

La diagnosis realizada representa una buena oportunidad en sí misma ya que como se ha dicho anteriormente, ofrece información suficiente como para sensibilizar a las partes involucradas basándose en datos estimados pero coherentes. En todo caso, las ventajas e inconvenientes que puedan presentarse serán las asociadas a cada una de las medidas propuestas y, más en concreto, a su grado de aplicabilidad y a los recursos económicos involucrados.

### 1.3.4- Evolución de la tecnología desde la situación inicial

Desde ya hace varios años el desarrollo de la electrónica empezó a tomar fuerza en el apartado del alumbrado público y sobretodo en el alumbrado interior.

Corría el año 1879 cuando Thomas Alva Edison patentaba la bombilla incandescente. Esta lámpara producía luz por efecto Joule mediante el calentamiento de un filamento metálico. El rendimiento lumínico era muy bajo, casi toda la energía (más del 90%) se disipaba en forma de calor o de radiación no perceptible.

Eran los inicios de un campo, los sistemas de alumbrado eléctricos, con mucho camino de mejora por delante. De nuevo lograba incrementarse notablemente el rendimiento lumínico gracias a las nuevas lámparas de descarga de vapor de mercurio de alta intensidad (hasta cuatro veces superior). La primera lámpara fue desarrollada en los años 30 del siglo pasado, y durante esos años también se notó un gran impulso a las lámparas fluorescentes tubulares, que tenían una mejor eficacia lumínica, y un índice de reproducción cromática superior, aunque su vida útil era inferior a las lámparas de vapor de mercurio.

A su vez, también empezaban a aparecer las primeras lámparas de vapor de sodio de baja presión (VSAP). Se trataba hasta entonces de la lámpara con mayor eficacia existente y sin embargo, a pesar de todo, su color (prácticamente amarillo monocromático) y su baja reproducción cromática limitaba su aplicación en aquellos casos en que el color de la luz no fuese relevante (autopistas, túneles, etc...).

Ya durante los años 60 se dio un gran impulso al desarrollo de las lámparas de descarga de alta intensidad (HID del inglés High Intensity Discharge), apareciendo primero las lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión y poco después los Halogenuros Metálicos.

Las lámparas de Halogenuros Metálicos, a pesar de tener una menor eficiencia y vida útil que las lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión, producen una luz blanca con un elevado índice reproducción cromática, que incrementa el confort visual de las personas.

La segunda mitad de la primera década del siglo XXI trajo consigo la introducción de la tecnología LED (diodo semiconductor emisor de luz inicialmente diseñado como un componente electrónico), que desde entonces ha tenido una evolución constante.

Una de las ventajas de la tecnología LED es la capacidad de orientar el flujo con la máxima eficiencia consiguiendo una distribución en el plano horizontal con mayor uniformidad y la consiguiente mejora del factor de utilización. Esta nueva distribución o aprovechamiento de la luz permite percibir la luz sin puntos oscuros consiguiendo un mayor confort visual en los espacios.

La tecnología LED ha sido la que ha conseguido un mayor avance en este campo por encima de otras opciones que se han estancado ya bien por quedar en desuso o bien debido a un control más estricto a nivel medioambiental que pueda dificultar o anular definitivamente su uso.

## 1.4- Especificaciones técnicas

### 1.4.1- Normativa

En este proyecto se realizan los cálculos luminotécnicos atendiendo a lo establecido en el **Real Decreto 1890/08 de Eficiencia energética de alumbrado exterior** y en las *Normas Técnicas Municipales para Instalaciones de Alumbrado Público* de la **Ordenanza Municipal de Zaragoza** (publicado en el BOPZ nº 132 de 11/06/2003). Dicha normativa queda recogida en el capítulo *Bibliografía* de este documento.

Dado que este proyecto se trata de un estudio no se verificará lo estipulado en el Anexo de la Ordenanza Municipal referente a obra o consecuciones de un proyecto técnico.

## 1.5- Consideraciones

### 1.5.1- Limitaciones

Debido a diferentes aspectos como la disponibilidad temporal o la escasez de recursos, se darán las siguientes limitaciones:

- La toma de datos luminotécnicos se realizará en una muestra de las vías, no en su totalidad. Se buscará que el muestreo del conjunto de vías de cada tipología sea lo más representativo posible.
- Se realizará una única medición atendiendo a imposiciones totalmente subjetivas, como se justifica en el *Anexo I. Cálculos luminotécnicos*, que podrán variar según cada estudio.

- Al rechazar el Ayuntamiento de Zaragoza la concesión de la información perteneciente a los valores reales actuales de la instalación de alumbrado público del casco antiguo de Zaragoza se ha optado por realizar una estimación de la instalación actual, de su consumo de potencia y otros factores que se justifican en el anexo de cálculos luminotécnicos.
- Tampoco se podrá disponer, a la hora de realizar cualquier estudio, información acerca de los cuadros de mando de la instalación actual así como no se entrará al detalle de líneas de carga. La potencia en el Estudio 0, por tanto, será estimada acorde al número de luminarias existentes y a la estimación de la potencia que consume cada una de ellas, según el siguiente criterio:
  - **80W:** Para luminaria de vial peatonal
  - **169W:** Para vial en el que exista cierto tráfico de vehículos (reducido o moderado).

En el caso de coincidir en una misma tipología distintas distribuciones de superficie (calles con aparcamientos laterales en uno o dos márgenes, sin aparcamientos, etc.) se seguirán los siguientes criterios:

- Si las vías tienen un aparcamiento lateral que no coincida de margen se escoge la distribución más desfavorable.
- Si pocas de las vías de una tipología tienen distinta distribución que la mayoría se escoge la distribución de la mayoría.
- Si hay demasiadas vías con demasiada variación de distribución se toma, la superficie que no es calzada, como acera para aproximar los cálculos.

A pesar de estas limitaciones, se considerará que las conclusiones que de ellas se deriven sean **suficientemente fundamentadas**.

### 1.5.2- Factores del proyecto

El documento que se presenta en este estudio está estructurado de forma que paulatinamente se avanza en el contenido del mismo permitiendo una correcta asimilación de la información.

La búsqueda de una solución óptima se realiza bajo una serie de factores. Cada uno de estos factores será de gran importancia a la hora de poder establecer una conclusión contrastando los resultados de cada uno de los estudios posibles que se analizan en este proyecto.

Dichos factores se podrían segmentar del siguiente modo:

- Medioambiental -> Observar las ventajas a la hora de confiar en luminaria de tipo LED frente a la actualmente instalada y los beneficios reales obtenidos, desde la eficiencia energética hasta el ahorro energético anual.
- Económico-financiero -> esclarecer los costes de la factura eléctrica anual por estudio y comparar las diferentes propuestas desde el punto de vista económico-financiero, ofreciendo una información detallada con los análisis pertinentes y una conclusión final según sean los gastos de cada propuesta asumibles o no a dicho nivel.



## 2- ANÁLISIS DE ALUMBRADO PÚBLICO

Para efectuar el análisis de la eficiencia energética y obtener las potencias de todos los puntos de luz para cada estudio se precisa de los siguientes aspectos a considerar teniendo en cuenta que el alumbrado público tiene una doble finalidad, la de iluminar las zonas públicas y la de seguridad.

### 2.1- Análisis funcional

#### 2.1.1 Introducción

Cabe destacar que el centro neurálgico de Zaragoza, el casco antiguo, no es más que una zona urbana de carácter histórico y que deberá tenerse en cuenta a la hora de elegir la luminaria tanto por aspecto funcional como por aspecto estético.

#### 2.1.2 Tipos de vías según alumbrado

La identificación y catalogación de las vías es el primer paso para la realización del análisis que se ha seguido en este proyecto, ya que será lo que indique las necesidades luminotécnicas y estéticas dependiendo de la funcionalidad de cada una de las vías.

El paso previo antes de abordar la normativa será establecer unas zonas que seccionarán la superficie de estudio para una comprensión más sencilla y cuyas calles se numerarán y recogerán tal y como se detalla en los planos adjuntos en *Anexo V. Planos*. Hay 6 zonas en total, de la A a la F, y las calles se recogen según la **tabla 1**:

| ZONA . Nº | Nombre (C/)                    | ZONA . Nº | Nombre (C/)                  |
|-----------|--------------------------------|-----------|------------------------------|
| O . 1.1   | Paseo Echegaray y Caballero P1 | C . 1     | C/ Mundir I                  |
| O . 1.2   | Paseo Echegaray y Caballero P2 | C . 2     | C/ Sepulcro P.1              |
| O . 1.3   | Paseo Echegaray y Caballero P3 | C . 3     | C/ Arcedianos                |
| O . 2     | C/ de Alfonso I                | C . 4     | C/ José Palafox P.1          |
| O . 3     | C/ Don Jaime                   | C . 5     | C/ Sn. Valero                |
| O . 4     | C/ San Vicente de Paul         | C . 6     | C/ R.Jordán de Urriés        |
| A . 1     | C/ Salduba                     | C . 7     | C/ José de la Hera           |
| A . 2     | C/ Jardiel                     | C . 8     | C/ Lucero                    |
| A . 3     | C/ M.Calanda                   | C . 9     | C/ Diego Dormer              |
| A . 4     | C/ X.Embun                     | C . 10    | C/ Don Juan de Aragón P.1    |
| A . 5     | C/ Danzas / Virgen             | C . 11    | C/ Cedro                     |
| A . 6     | C/ Prudencio                   | C . 12    | C/ Mayor P.1                 |
| A . 8     | C/ Fray Luis Cebrián           | D . 1     | C/ Refugio                   |
| A . 9     | C/ Damián Forment              | D . 2     | C/ San Juan y San Pedro      |
| A . 10    | C/ Francisco Bayeu             | D . 3     | C/ Hermanos Argensola        |
| A . 11    | C/ Manifestación               | D . 4     | C/ San Lorenzo P.1           |
| A . 12    | C/ Espoz y Mina                | D . 5     | C/ San Jorge P.1             |
| A . 7.1   | C/ Santiago P1                 | D . 6     | C/ San Andrés                |
| A . 7.2   | C/ Santiago P2                 | D . 7     | C/ Verónica                  |
| B . 1     | C/ Buen Pastor                 | D . 9     | C/ Sto Dominguito de Val P.1 |
| B . 2     | C/ Santa Isabel                | D . 10    | C/ Eusebio Blasco            |
| B . 3     | C/ Francisco Loscos            | D . 11    | C/ José Pardo Sastrón        |
| B . 4     | C/ Callejón Once Esquinas      | D . 8.1   | C/ Pedro Joaquín Soler P2    |
| B . 5     | C/ Miguel Molino - San Braulio | D . 8.2   | C/ Pedro Joaquín Soler P1    |
| B . 6     | C/ Olmo                        | E . 1     | C/ Boterón                   |
| B . 7     | C/ Ciprés                      | E . 2     | C/ Sepulcro P.2              |
| B . 8     | C/ Temple                      | E . 3     | C/ Don Teobaldo              |
| B . 9     | C/ Maestro Luna                | E . 4     | C/ Gavin P.1                 |
| B . 10    | C/ Contamina                   | E . 5     | C/ José Palafox P.2          |
| B . 11    | C/ Don Pedro Atarés            | E . 6     | C/ José Palafox P.3          |
| B . 12    | C/ Jussepe Martínez            | E . 7     | C/ Trinidad                  |
| B . 13    | C/ Vírgenes                    | E . 8     | C/ Pedro Liñán               |
| B . 14    | C/ Santa Cruz                  | E . 9     | C/ Gavin P.2                 |
| B . 15    | C/ San Voto                    | E . 10    | C/ Universidad P.1           |
| B . 16    | C/ Torrenueva P.1              | E . 11    | C/ Don Juan de Aragón P.2    |
| B . 17    | C/ Torrenueva P.2              | E . 12    | C/ Torrellas                 |
| B . 18    | C/ El Pinar                    | F . 1     | C/ Torrejón                  |
| B . 20    | C/ San Félix                   | F . 2     | C/ Órgano                    |
| B . 21    | C/ Antón Trillo                | F . 3     | C/ Martín Carrillo           |
| B . 22    | C/ Bureta - Paraíso            | F . 4     | C/ Universidad P.2           |
| B . 23    | C/ Felipe Perena               | F . 5     | C/ Mayor P.2                 |
| B . 24    | C/ Morata                      | F . 6     | C/ Mayor P.3                 |
| B . 25    | C/ Galo Ponte                  | F . 7     | C/ Mayor P.4                 |
| B . 26    | C/ Agustines - Fuenclara       | F . 8     | C/ Pedro C. Ramirez          |
| B . 27    | C/ Torresecas                  | F . 9     | C/ Cortesías                 |
| B . 28    | C/ Desengaño                   | F . 10    | C/ San Cristobal             |
| B . 29    | C/ Estébanes                   | F . 11    | C/ Pelegrín                  |
| B . 30    | C/ Libertad                    | F . 12    | C/ San Lorenzo P.2           |
| B . 31    | C/ José Pellicer Ossau         | F . 13    | C/ San Lorenzo P.3           |
| B . 32    | C/ Blasón Aragonés             | F . 14    | C/ San Lorenzo P.4           |
| B . 33    | C/ Cuatro de Agosto            | F . 15    | C/ Estudios P.1              |
| B . 34    | C/ Cinegio                     | F . 16    | C/ Estudios P.2              |
| B . 35    | C/ Mártires                    | F . 17    | C/ Marqués de Lazan          |
| B . 19.1  | C/ Casto Méndez Núñez P1       | F . 18    | C/ Espino                    |
| B . 19.2  | C/ Casto Méndez Núñez P2       | F . 19    | C/ Zarza                     |
|           |                                | F . 20    | C/ San Jorge P.2             |
|           |                                | F . 21    | C/ Plaza San Carlos          |
|           |                                | F . 22    | C/ Santo Dominguito Val P.2  |

Tabla 1. Numeración de calles del casco antiguo de Zaragoza por zonas.

Como se observa en el plano, al dividir el casco antiguo de Zaragoza en las diferentes zonas, irremediablemente quedan seccionadas algunas de las vías que lo componen, y es necesario catalogarlas por separado. Otras sufren la misma partición al ser calles consideradas como mixtas (peatonal-semipeatonal, peatonal-circulación vehículos, etc.) aunque estén dentro de una zona concreta.

Las vías numeradas de la forma 0.x son consideradas con una numeración distinta dada su importancia, siendo las vías principales del casco antiguo de la ciudad de Zaragoza.

A continuación se enumeran, definen y describen los requisitos necesarios para las calles consideradas en dicho estudio, cumpliendo en todo momento la normativa vigente según la ITC EA-02:

Se identifican las vías según la velocidad de tránsito como indica la **tabla 2**:

| 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       | $v \leq 5$                          |

Tabla 2 – Clasificación de las Vías

Al escoger una de las anteriores clasificaciones, se designará una subclase más específica según la intensidad de tráfico (de vehículos para viales aptos para circulación o de peatones para calles peatonales) tal y como se muestra en las siguientes tablas. Cabe destacar que en la zona de estudio no hay vías que correspondan a una clasificación A. La mayoría son peatonales y de velocidad reducida, exceptuando dos calles de flujo importante que están catalogadas como B.

| Situaciones de proyecto | Tipos de vías   | Clase de Alumbrado <sup>(*)</sup> |
|-------------------------|---|-----------------------------------|
| B1                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante.</li> <li>Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas.</li> </ul> <p>Intensidad de tráfico</p> <p>IMD <math>\geq 7.000</math> .....</p> <p>IMD <math>&lt; 7.000</math> .....</p> | ME2 / ME3c<br>ME4b / ME5 / ME6    |
| B2                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Carreteras locales en áreas rurales.</li> </ul> <p>Intensidad de tráfico y complejidad del trazado de la carretera.</p> <p>IMD <math>\geq 7.000</math> .....</p> <p>IMD <math>&lt; 7.000</math> .....</p>  | ME2 / ME3b<br>ME4b / ME5          |

(\*) Para todas las situaciones de proyecto B1 y B2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 3 – Clases de alumbrado para vías tipo B.

Las únicas calles que pertenecen a una situación del tipo B son aquellas vías que se describen en la subclase B1.



| Situaciones de proyecto | Tipos de vías   | Clase de Alumbrado <sup>(1)</sup> |
|-------------------------|---|-----------------------------------|
| C1                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas</li> </ul> Flujo de tráfico de ciclistas<br>Alto .....<br>Normal .....                     | S1 / S2<br>S3 / S4                |
| D1 - D2                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías.</li> <li>Aparcamientos en general.</li> <li>Estaciones de autobuses.</li> </ul> Flujo de tráfico de peatones<br>Alto .....<br>Normal .....                   | CE1A / CE2<br>CE3 / CE4           |
| D3 - D4                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada</li> <li>Zonas de velocidad muy limitada</li> </ul> Flujo de tráfico de peatones y ciclistas<br>Alto .....<br>Normal ..... | CE2 / S1 / S2<br>S3 / S4          |

<sup>(1)</sup> Para todas las situaciones de alumbrado C1-D1-D2-D3 y D4, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 4 – Clases de alumbrado para vías tipos C y D.

Las vías que existen de tráfico rodado, exceptuando las de tipo B1 ya vistas, pertenecen a una subclase D3-D4 por ser zona de velocidad muy limitada.

| Situaciones de proyecto | Tipos de vías  | Clase de Alumbrado <sup>(1)</sup> |
|-------------------------|--|-----------------------------------|
| E1                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada.</li> <li>Paradas de autobús con zonas de espera</li> <li>Áreas comerciales peatonales.</li> </ul> Flujo de tráfico de peatones<br>Alto .....<br>Normal ..... | CE1A / CE2 / S1<br>S2 / S3 / S4   |
| E2                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.</li> </ul> Flujo de tráfico de peatones<br>Alto .....<br>Normal .....   | CE1A / CE2 / S1<br>S2 / S3 / S4   |

<sup>(1)</sup> Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.

Tabla 5 – Clases de alumbrado para vías tipo E.

La mayoría de las vías pertenecen a la situación E (peatonal), pero existe una subdivisión entre las totalmente peatonales (E1) y las de acceso restringido a vehículos (E2).

La siguiente tabla muestra la clasificación de las diferentes vías según la normativa más arriba expuesta:

| ZONA Nº  | Nombre (C/)               | TIPO VÍA | ZONA Nº  | Nombre (C/)                    | TIPO VÍA |
|----------|---------------------------|----------|----------|--------------------------------|----------|
| C . 7    | C/ José de la Hera        | E1       | 0 . 3    | C/ Don Jaime                   | D3-D4    |
| F . 1    | C/ Torrejón               |          | E . 2    | C/ Sepulcro P.2                |          |
| C . 8    | C/ Lucero                 |          | B . 19.1 | C/ Casto Méndez Núñez P1       |          |
| F . 16   | C/ Estudios P.2           |          | C . 11   | C/ Cedro                       |          |
| F . 2    | C/ Órgano                 |          | B . 32   | C/ Blasón Aragonés             |          |
| E . 9    | C/ Gavin P.2              |          | C . 9    | C/ Diego Dormer                |          |
| F . 13   | C/ San Lorenzo P.3        |          | B . 18   | C/ El Pinar                    |          |
| C . 6    | C/ R.Jordán de Urriés     |          | E . 7    | C/ Trinidad                    |          |
| B . 12   | C/ Jussepe Martínez       |          | B . 9    | C/ Maestro Luna                |          |
| B . 34   | C/ Cinegio                |          | D . 3    | C/ Hermanos Argensola          |          |
| B . 13   | C/ Vírgenes               |          | F . 22   | C/ Santo Dominguito Val P.2    |          |
| B . 35   | C/ Mártires               |          | F . 9    | C/ Cortesías                   |          |
| A . 7.1  | C/ Santiago P1            |          | B . 3    | C/ Francisco Loscos            |          |
| B . 20   | C/ San Félix              |          | C . 3    | C/ Arcedianos                  |          |
| C . 5    | C/ Sn. Valero             |          | E . 12   | C/ Torrellas                   |          |
| D . 11   | C/ José Pardo Sastrón     |          | B . 10   | C/ Contamina                   |          |
| B . 11   | C/ Don Pedro Atarés       |          | A . 6    | C/ Prudencio                   |          |
| F . 11   | C/ Pelegrín               |          | B . 17   | C/ Torrenueva P.2              |          |
| F . 21   | C/ Plaza San Carlos       |          | D . 2    | C/ San Juan y San Pedro        |          |
| C . 4    | C/ José Palafox P.1       |          | D . 6    | C/ San Andrés                  |          |
| A . 2    | C/ Jardiel                |          | B . 5    | C/ Miguel Molino - San Braulio |          |
| A . 4    | C/ X.Embun                | E2       | B . 26   | C/ Agustines - Fuenclara       |          |
| A . 3    | C/ M.Calanda              |          | D . 1    | C/ Refugio                     |          |
| 0 . 2    | C/ de Alfonso I           |          | F . 8    | C/ Pedro C. Ramirez            |          |
| B . 25   | C/ Galo Ponte             |          | F . 5    | C/ Mayor P.2                   |          |
| F . 19   | C/ Zarza                  |          | F . 12   | C/ San Lorenzo P.2             |          |
| F . 18   | C/ Espino                 |          | D . 9    | C/ Sto Dominguito de Val P.1   |          |
| F . 15   | C/ Estudios P.1           |          | D . 10   | C/ Eusebio Blasco              |          |
| B . 4    | C/ Callejón Once Esquinas |          | E . 10   | C/ Universidad P.1             |          |
| A . 9    | C/ Damián Forment         |          | E . 1    | C/ Boterón                     |          |
| A . 10   | C/ Francisco Bayeu        |          | E . 3    | C/ Don Teobaldo                |          |
| F . 10   | C/ San Cristobal          |          | E . 11   | C/ Don Juan de Aragón P.2      |          |
| F . 14   | C/ San Lorenzo P.4        |          | D . 8.1  | C/ Pedro Joaquín Soler P2      |          |
| B . 14   | C/ Santa Cruz             |          | C . 10   | C/ Don Juan de Aragón P.1      |          |
| A . 8    | C/ Fray Luis Cebrián      |          | A . 11   | C/ Manifestación               |          |
| B . 23   | C/ Felipe Perena          |          | C . 12   | C/ Mayor P.1                   |          |
| B . 30   | C/ Libertad               |          | D . 5    | C/ San Jorge P.1               |          |
| B . 33   | C/ Cuatro de Agosto       |          | A . 12   | C/ Espoz y Mina                |          |
| B . 27   | C/ Torresecas             |          | E . 8    | C/ Pedro Liñán                 |          |
| B . 28   | C/ Desengaño              |          | C . 1    | C/ Múndir I                    |          |
| B . 29   | C/ Estébanes              |          | F . 20   | C/ San Jorge P.2               |          |
| B . 21   | C/ Antón Trillo           |          | B . 2    | C/ Santa Isabel                |          |
| F . 17   | C/ Marqués de Lazan       |          | D . 4    | C/ San Lorenzo P.1             |          |
| A . 5    | C/ Danzas / Virgen        |          | D . 7    | C/ Verónica                    |          |
| B . 22   | C/ Bureta - Paraíso       |          | A . 1    | C/ Salduba                     |          |
| B . 16   | C/ Torrenueva P.1         |          | 0 . 1.1  | Paseo Echegaray y Caballero P1 | B1       |
| B . 19.2 | C/ Casto Méndez Núñez P2  |          | 0 . 1.2  | Paseo Echegaray y Caballero P2 |          |
| B . 24   | C/ Morata                 |          | 0 . 1.3  | Paseo Echegaray y Caballero P3 |          |
| E . 4    | C/ Gavin P.1              |          | 0 . 4    | C/ San Vicente de Paul         |          |
| B . 6    | C/ Olmo                   |          | D . 8.2  | C/ Pedro Joaquín Soler P1      |          |
| C . 2    | C/ Sepulcro P.1           |          |          |                                |          |
| B . 1    | C/ Buen Pastor            |          |          |                                |          |
| B . 15   | C/ San Voto               |          |          |                                |          |
| B . 7    | C/ Ciprés                 |          |          |                                |          |
| E . 6    | C/ José Palafox P.3       |          |          |                                |          |
| B . 8    | C/ Temple                 |          |          |                                |          |
| F . 4    | C/ Universidad P.2        |          |          |                                |          |
| E . 5    | C/ José Palafox P.2       |          |          |                                |          |
| B . 31   | C/ José Pellicer Ossau    |          |          |                                |          |
| F . 6    | C/ Mayor P.3              |          |          |                                |          |
| F . 3    | C/ Martín Carrillo        |          |          |                                |          |
| A . 7.2  | C/ Santiago P2            |          |          |                                |          |
| F . 7    | C/ Mayor P.4              |          |          |                                |          |

Tabla 6 – Reordenación de vías según tipo.

Tras la catalogación de las calles por tipos de vías, es necesario establecer la clase de alumbrado necesario para cada superficie de cada vía según el tipo de vía (para aceras y calzadas).

Las **tablas 6 y 8** de la ITC-EA-02 del *Real Decreto 1890/08* enumeran las distintas clases de alumbrado para cada tipo de vía de la siguiente forma:

**Tabla 6 – Series ME de clase de alumbrado para viales secos tipos A y B**

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

<sup>(1)</sup> Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento ( ) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

Tabla 7- Clases de alumbrado para vías de tipo A y B.

**Tabla 8 – Series S de clase de alumbrado para viales tipos C, D y E**

| Clase de Alumbrado <sup>(1)</sup> | Iluminancia horizontal en el área de la calzada |  |
|-----------------------------------|---|--|
|                                   | Iluminancia Media<br>$E_m$ (lux) <sup>(1)</sup> | Iluminancia mínima<br>$E_{min}$ (lux) <sup>(1)</sup> |
| S1                                | 15  | 5  |
| S2                                | 10  | 3  |
| S3                                | 7,5   | 1,5  |
| S4                                | 5   | 1  |

<sup>(1)</sup> Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento ( ) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

Tabla 8- Clases de alumbrado para vías de tipo C, D y E.

En los casos que se manejan la elección de la clase de alumbrado de una vía se toma siguiendo los siguientes criterios:

- I. Para vías de tipo B1 (Paseo Echegaray y Caballero), por ser de alto tráfico diario se les asigna una clase ME2 (ver **tabla 3**).
- II. Para las vías tipo D3-D4, E1 y E2 se atiende al siguiente criterio:
  - i.  $H(\text{ancho de calle}) < 5\text{m} \rightarrow$  Clase de alumbrado S4

ii.  $5\text{m} \leq H < 10\text{m} \rightarrow$  Clase de alumbrado S3

iii.  $H \geq 10\text{m} \rightarrow$  Clase de alumbrado S2

Únicamente en calles muy transitadas podrá establecerse una clase de alumbrado CE2 (p.ej: Calle Alfonso).

### 2.1.3 Funcionamiento del alumbrado

El funcionamiento actual del alumbrado público para todas las zonas se rige por dos franjas horarias de funcionamiento definidas sin hacer distinción entre días del año ni entre si se trata de un día laborable o festivo, y que están asociadas a dos niveles de potencia según el Artículo 7 de la Ordenanza Municipal de Zaragoza, que estipula lo siguiente:

**Art. 7.** *Todas las instalaciones de alumbrado exterior dispondrán de los dispositivos más idóneos y eficaces para regular el nivel lumínico y permitir la reducción del flujo luminoso emitido desde un 45% a 50% a partir de las cero horas, conservando en todo momento los parámetros de calidad de las mismas.*

Se ha introducido la estimación de las horas sin sol anuales y un promedio de las de cada temporada, distinguiendo entre verano (Abril-Octubre) e invierno (Noviembre-Marzo) del año 2014, último año en el que se tiene información. Para más detalle consultar *Anexo II. Cálculos de potencia y factura eléctrica*.

- Carga máxima: Consumo de la potencia nominal desde el encendido hasta las 24h.

- Carga reducida: A partir de las 0h y hasta la salida del sol (variable según estación), la iluminación funcionará en un régimen de potencia reducida, como expresado anteriormente, al 50% de la potencia nominal.

## 2.2 Luminarias

Las luminarias son aquellos conjuntos encargados de efectuar la distribución del flujo lumínico generado en la lámpara de una manera más o menos efectiva según sus propias características. Éstas se componen principalmente de: lámpara, soporte y equipo auxiliar.

### 2.2.1 Lámparas

La lámpara es el elemento óptico cuya principal misión es generar el flujo lumínico necesario para iluminar una determinada superficie. Según su capacidad, su rendimiento y su composición se obtendrán unos niveles de iluminación propicios para la zona en la que se requiera su instalación.

En concreto en este proyecto se llevarán a cabo tres estudios distintos, los cuales según las consideraciones oportunas llevarán una instalación provista de luminarias distintas, pero todas seleccionadas del catálogo *Philips Lightning* de alumbrado público.

Estas variaciones tendrán en cuenta las lámparas que se recogen en la siguiente tabla y variarán debido a factores estéticos o simplemente debido al tipo de análisis al que se expone cada estudio.

|    | Nombre                         | Descripción                             | Tipo Fuente | Flujo luminoso | Potencia |
|----|--------------------------------|---|-------------|----------------|----------|
| 1  | Jargeau 400 gen2 LED           | BGP641 FG 12xGRN14/830 OFR4             | LED         | 1399 lum       | 13,1 W   |
| 2  | Jargeau 400 gen2 LED           | BGP641 FG 12xECO25/830 OFR6             | LED         | 2499 lum       | 26,1 W   |
| 3  | Jargeau 400 gen2 LED           | BGP641 FG 36xGRN57/830 OFR6             | LED         | 5649 lum       | 56 W     |
| 4  | Jargeau 400 gen2 LED           | BGP641 FG 40xECO80/830 OFR6             | LED         | 7950 lum       | 87 W     |
| 5  | Farol Fernandino (LED)         | HPB455 ECO                              | LED         | Similar a 1    | 13,1 W   |
| 6  | Farol Fernandino (LED)         | HPB455 ECO                              | LED         | Similar a 2    | 26,1 W   |
| 7  | Farol Fernandino (LED)         | HPB455 ECO                              | LED         | Similar a 3    | 56 W     |
| 8  | Farol Fernandino (LED)         | HPB455 ECO                              | LED         | Similar a 4    | 87 W     |
| 9  | Iridium <sup>2</sup> LED Large | BGP353 T15 1xECO104-2S/830 DC           | LED         | 10447 lum      | 105,7 W  |
| 10 | Iridium <sup>2</sup> LED Large | BGP353 T35 1xECO212-2S/740 DW           | LED         | 21242 lum      | 207 W    |
| 11 | Napoleón 2000                  | HPB700 IP66 ACC ROT 1xSON-TPP70W HB_220 | VSAP        | 6600 lum       | 80 W     |
| 12 | Napoleón 2000                  | HPB700 IP66 ACC 1xCDO-TT150W HB_828     | VSAP        | 13500 lum      | 169 W    |
| 13 | Iridium <sup>2</sup> Large     | SGP353 1xSON-TPP250W EB FX1 P1H1V_220   | VSAP        | 33300 lum      | 270 W    |

Tabla 9 – Resumen y caracterización de luminarias del proyecto.

- Estudio 0: Se han empleado, para la estimación, las luminarias 11 a 13, de tipo VSAP (Vapor de Sodio a Alta Presión) del catálogo Philips.
- Estudio 1 y Estudio 2: Se han empleado las lámparas numeradas de 1 a 10, de tipo LED. Las calles especiales (0.2, 0.3 y 0.4) se deciden instalar con las luminarias 5-9, pero a la hora de realizar los cálculos de eficiencia energética, al no disponer del archivo *Dialux* correspondiente a la lámpara Fernandina, se estima el cálculo empleando la misma lámpara LED que se usa para las demás calles, es decir, las cuatro posibilidades que van de la 1 a la 4. El Paseo Echegaray y Caballero, al ser de carácter B1 con más de dos carriles, irá alumbrado por luminaria de tipo vial para asegurar la correcta iluminación de la vía transitable, y por tanto se realizará el estudio con las lámparas 9 y 10.

Resumiendo se tiene:

**1-4:** Usadas para calles A-F según nomenclatura seguida en el apartado 2.1.2.

**5-8:** Usadas para las calles 0.2, 0.3 y 0.4, aún a sabiendas de que ésta última es una calle tipo B1 de tráfico moderado (San Vicente de Paúl).

**9, 10 y 13:** Usadas para el alumbrado del Paseo Echegaray y Caballero.

**11 y 12:** Usadas para el alumbrado de todas las calles del Estudio 0 excepto el Paseo Echegaray y Caballero.

### 2.2.1.1 Jargeau 400 gen2 LED

Jargeau 400 gen2 LED combina la emblemática característica de las primeras farolas de cuatro lados del siglo XIX, con un alto flujo luminoso durante una vida útil prolongada para dar un mayor servicio y una mayor eficiencia energética. Está diseñada para instalación en alturas de 4 a 7 metros y consigue una mezcla perfecta con el paisaje urbano, ya sea histórico o contemporáneo.

#### CARACTERÍSTICAS:



- Eficacia lumínica: 72-100 lm/W dependiendo de configuración.
- Temperatura de color: 3000 o 4000 K.
- Mantenimiento de lúmenes: 80.100 horas a 25Cº y 350mA.  
59.300 horas a 25Cº y 700mA.
- Rango de Temp. de operación: -20 a +35ºC.
- Driver (Equipo auxiliar): Módulo LED integrado.
- Tensión nominal: 220-240 V / 50-60 Hz.
- Material de carcasa y cubierta: Fundición de Al por gravedad, no corrosivo.

Ilustración 1- Jargeau  
400 gen2 LED.

### 2.2.1.2 Farol Fernandino

HPB455



Ilustración 2- Farol Fernandino LED.

Luminaria tipo farol clásico con tecnología LED propicio para alumbrado de zonas ornamentales. El farol marca un estilo francés tardío en el contexto del neoclasicismo excelente para zonas de mucho tránsito y zonas comerciales en casco histórico de ciudades. Este farol es idóneo para ser instalado en la zona comercial del casco antiguo de Zaragoza, que comprende las calles Alfonso, Don Jaime y San Vicente de Paúl. De hecho, en la instalación actual se puede comprobar que las luminarias instaladas ahí son el homólogo de este tipo de farol, aunque la lámpara sea de distinto tipo.

### 2.2.1.3 *Napoleón 2000*



Napoleon 2000, portée

La historia y las tradiciones arquitectónicas han dado forma a la imagen actual de muchas ciudades y son elementos importantes a tener en cuenta en un proyecto de iluminación. Las formas clásicas de la lámpara invitan por su apariencia a una mejora estética en aquellas instalaciones ubicadas en cascos urbanos, lo que resalta aquellos elementos que se premian a la hora de pensar en el pasado.

La elección de esta lámpara se ha tomado únicamente para tener una base estimada de cálculo de forma que se pueda aproximar a la instalación actual, al no tener la información de la lámpara instalada real.

Ilustración 3- Luminaria Napoleón 2000.

### 2.2.1.4 *Iridium<sup>2</sup> Large (VSAP) e Iridium<sup>2</sup> Large (LED)*

Iridium<sup>2</sup> es una gama de luminarias de alumbrado viario diseñada para rendimiento y la sostenibilidad.

Esta lámpara es eficiente para alumbrado vial, dónde conserva el estilo clásico a la vez que mejora el rendimiento y la visibilidad de la vía. La elección de Iridium<sup>2</sup> Large (VSAP) surge con el propósito de estimar los cálculos de las luminarias viales que hay instaladas en el caso del Estudio 0, como se verá en el *apartado 3*.



VSAP

#### CARACTERÍSTICAS (LED):

- Eficacia lumínica: por encima de 112 lm/W.
- Temperatura de color: 3000-4000-5600 K.
- Mantenimiento de lúmenes: 100,000 horas (GRN).  
70,000 horas (ECO).
- Rango de Temperatura de operación: -25 a +35°C.
- Driver (Equipo auxiliar): Módulo LED integrado.
- Tensión nominal: 220-240 V / 50-60 Hz.
- Material de carcasa y cubierta: Fundición de Aluminio.

Ilustración 4- Luminaria IRIDIUM2 e IRIDIUM2 LED.

### 2.2.2 Soportes

Se emplean únicamente dos tipos de soporte para asegurar la óptima funcionalidad de la luminaria, columnas y brazos a fachada. Desde el punto de vista luminotécnico, las características más relevantes del soporte son sus dimensiones, altura y saliente. Pero también cabe destacar:

- La componente estética del conjunto, que irá acorde a una adecuación y unos criterios básicos propios de un paisaje urbano histórico.
- Las alturas de las luminarias están comprendidas entre 4m y 5m en la mayoría de puntos, existiendo algunas excepciones como consecuencia de casuísticas puntuales (elementos urbanos que afectan la falta de visión como árboles, carteles, etc.) en cuyo caso pueden alcanzar los 6m, o calles de tráfico moderado en cuyo caso pueden alcanzar los 9m.
- Todos los elementos están hechos de materiales resistentes a las acciones de la intemperie, no permitirán la entrada de agua de lluvia ni la acumulación de agua de condensación.
- Resistencia a la corrosión para garantizar su durabilidad.
- Disponen de espacio y accesibilidad para la instalación y mantenimiento del aparellaje interior.

La importancia de los soportes en este estudio será únicamente de índole económica, puesto que se estimará un presupuesto para la consecución de los distintos objetivos del proyecto a tratar. Por tanto la información que se adjunta será meramente informativa y comprenderá únicamente a la luminaria empleada en el Estudio II.

#### Columnas

- AVARAY



Ilustración 5- Columna Avaray.

Perfecta para zonas de casco urbano altamente frecuentadas. Posee grandes detalles sobre hierro forjado y su uso se reserva para la instalación de lámparas de tipo *Fernandino*, cuya ubicación se da en las calles 0.2 a 0.4. Si bien es cierto que existen distintas alturas para los soportes, en este caso, al no alcanzar la altura necesaria se estudiaría instalar la columna sobre una *losa de mármol* con objeto de alcanzar la altura de estudio anteriormente mencionada.



- COLUMNA SAVIGNY



Ilustración 6- Columna Savigny instalada con luminaria Jargeau 400 gen2 LED.

Perfecta para combinarse con luminaria de estilo neoclásico, como la luminaria *Jargeau 400 gen2 LED*, para mantener el carácter antiguo de las calles de un casco histórico como el que se expone en este proyecto.



Ilustración 7- Columna Savigny.

- COLUMNA FARO TRONCOCÓNICA

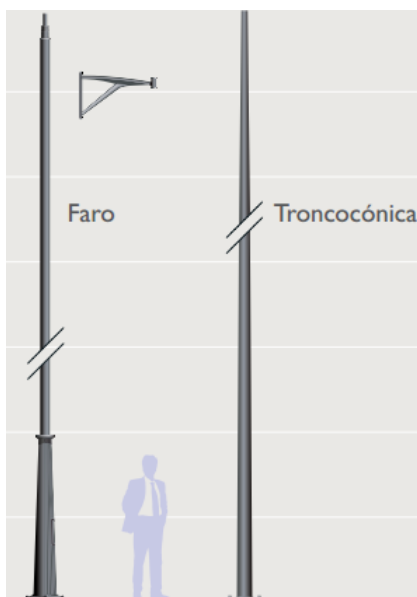


Ilustración 8- Columna Faro y Columna Troncocónica.

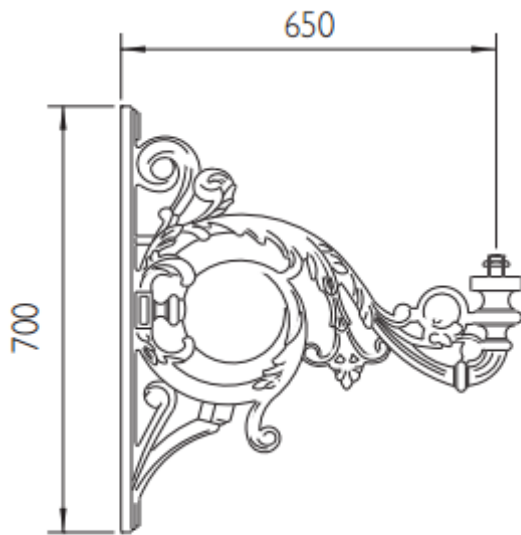
Escueta y propicia para un alumbrado formal, entre lo clásico y lo contemporáneo, manteniendo un balance estético con el entorno del casco histórico. Usadas en la instalación nueva de lámparas *Jargeau 400 LED* (*nomenclatura COL.FARO*) y en las instaladas en el Paseo Echegaray y Caballero (*nomenclatura COL.TC*) para poder estimar las partidas del presupuesto referentes a luminaria. Las Faro tienen una altura de hasta 7m y las Troncocónicas de hasta 12m con acoplamiento de brazos Iridium para las lámparas Iridium<sup>2</sup> LED Large.

## BRAZOS

### PALOMILLA TIPO FERNANDINO

Instaladas sobre columnas para las lámparas de tipo Fernandino. *Referencia: 71859700.*

#### Palomilla Fernandina



##### Material

Aluminio fundido

##### Fijación de luminaria

Suspendida o apoyada (3/4"G)

##### Fijación sobre columnas

Consultar

##### Inclinación

0°

##### Acabado

Colores RAL o Futura Akzo Nobel

##### Versiones

Fijación vertical

##### Válido para luminarias

Suspendidas/apoyadas 3/4"G

Ilustración 9- Palomilla Fernandina. Cortesía de Catálogo (Philips).

### BRAZO MURAL TIPO 0,6M

Instalados a fachada en la mayoría de las calles del casco histórico de la ciudad de Zaragoza. Único uso como prototipo para poder estimar el cálculo del presupuesto. *Referencia: 71860300.*

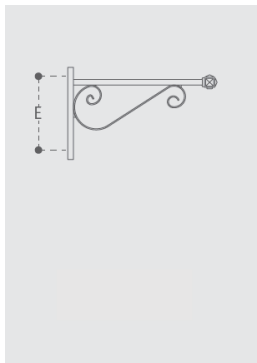


Ilustración 10- Brazo mural.

Material: Aluminio fundido

Fijación: Se empleará la vertical a fachada.

Grado de inclinación: 0°.

Perfecta integración con el estilo de la luminaria *Jargeau 400 gen2 LED* tal y como se aprecia en la figura de la derecha. Preparado para ser aplicado sobre fachada o sobre columna mediante rosca.



Ilustración 11- Luminaria Jargeau 400 gen2 LED instalada a fachada sobre brazo mural.

## 3- METODOLOGÍA DE CASOS. ESTUDIOS

### 3.1-Introducción

En este proyecto se contemplarán 2 propuestas con el objetivo de analizar la viabilidad de cada una de ellas mediante el análisis de los factores con los que se obtendría un contraste y finalmente poder establecer una conclusión final.

Dichos factores, detallados en el *apartado 1.5.2*, serán comparados entre estudios de los cuales se irán estableciendo si las expectativas son acertadas o si los resultados no son los esperados.

La comparativa de nuevas posibilidades frente a una instalación actual algo obsoleta es lo que se desarrollará a lo largo de todo este proyecto. Hay que puntualizar que existen infinitas soluciones posibles, y aquí sólo se han tenido en cuenta algunas de ellas, lo más variadas posibles para poder abarcar el mayor número de posibilidades desde extremos lógicos.

Como ya se ha comentado, se contemplan dos tipos de soluciones a estudiar, que se denominarán Estudio I y Estudio II. El Estudio 0, perteneciente a la instalación actual, también es catalogado y estimado (*ver Anexo I. Cálculos Luminotécnicos*).

- El Estudio I contempla una modificación algo comedida al realizarse, respecto de la instalación actual, un cambio de lámparas de VSAP a LED.
- El Estudio II prevé un cambio de instalación completo. Sin embargo se ha querido ampliar las posibilidades que abarcaba este estudio a las dos siguientes:
  - Estudio II.I → Cambio de instalación según la mínima potencia necesaria por luminaria y por calle para cumplir con los niveles mínimos de iluminación según normativa.
  - Estudio II.II → Cambio de instalación según la máxima potencia instalable (de entre las cuatro posibilidades que se han tenido en cuenta).

### 3.2-Estudio 0

#### 3.2.1-Definición

En el Estudio 0 se contempla realizar una estimación con datos aproximados de la instalación actual en todos los ámbitos contemplados en este proyecto.

Para ello se necesita establecer unas consideraciones básicas para optimizar la aproximación, explicadas en el *Anexo I. Cálculos luminotécnicos*.

#### 3.2.2-Expectativas

La instalación actual presenta una serie de ventajas y de desventajas que se describen a continuación:



#### **Desventajas:**

Gran parte de la iluminación se produce por luminaria cuya vida útil se ha degradado hasta niveles pobres, donde el flujo lumínico que es capaz de producir es mucho más bajo que a sus niveles óptimos, y por tanto consigue una iluminación pobre, un cambio en la temperatura de color y por consiguiente una eficiencia para nada alentadora. Existen calles cuya distribución de luminaria se ha efectuado no siguiendo los niveles óptimos de eficiencia y sí de forma estética, aumentando la problemática de eficiencia, mantenimiento y uniformidad (calles al tresbolillo frente a una instalación unilateral).

#### **Ventajas:**

Al no acometer ninguna modificación no es necesario invertir en el alumbrado, y por tanto un consecuente ahorro económico.

### 3.2.3-Resultados

En el siguiente apartado se expondrán los resultados de cada análisis por separado.

#### *3.2.3.1-Eficiencia Energética*

En el apartado de la eficiencia energética, tras los cálculos debidamente descritos paso a paso en el *Anexo I. Cálculos luminotécnicos*, se procede a facilitar una visión esquematizada de los resultados de forma resumida.

Los resultados de la siguiente tabla muestran el rango de valores de la calificación energética de cada tipología diferenciando entre la opción de sólo contabilizar la calzada o contabilizando todo el ancho de la calle (exceptuando calles de tipo E1 y E2). Los valores de eficiencia se calculan teniendo en cuenta el 25% de pérdida de flujo luminoso por contaminación lumínica tal y como se describe en el *Anexo I. Cálculos luminotécnicos*. Si se considera la problemática de la contaminación lumínica presente en la mayoría de las luminarias actualmente en funcionamiento y se establece en el 41% la pérdida de flujo lumínico por el hemisferio superior se obtendría un empeoramiento general de la eficiencia energética. Todo ello se resume en la siguiente tabla:

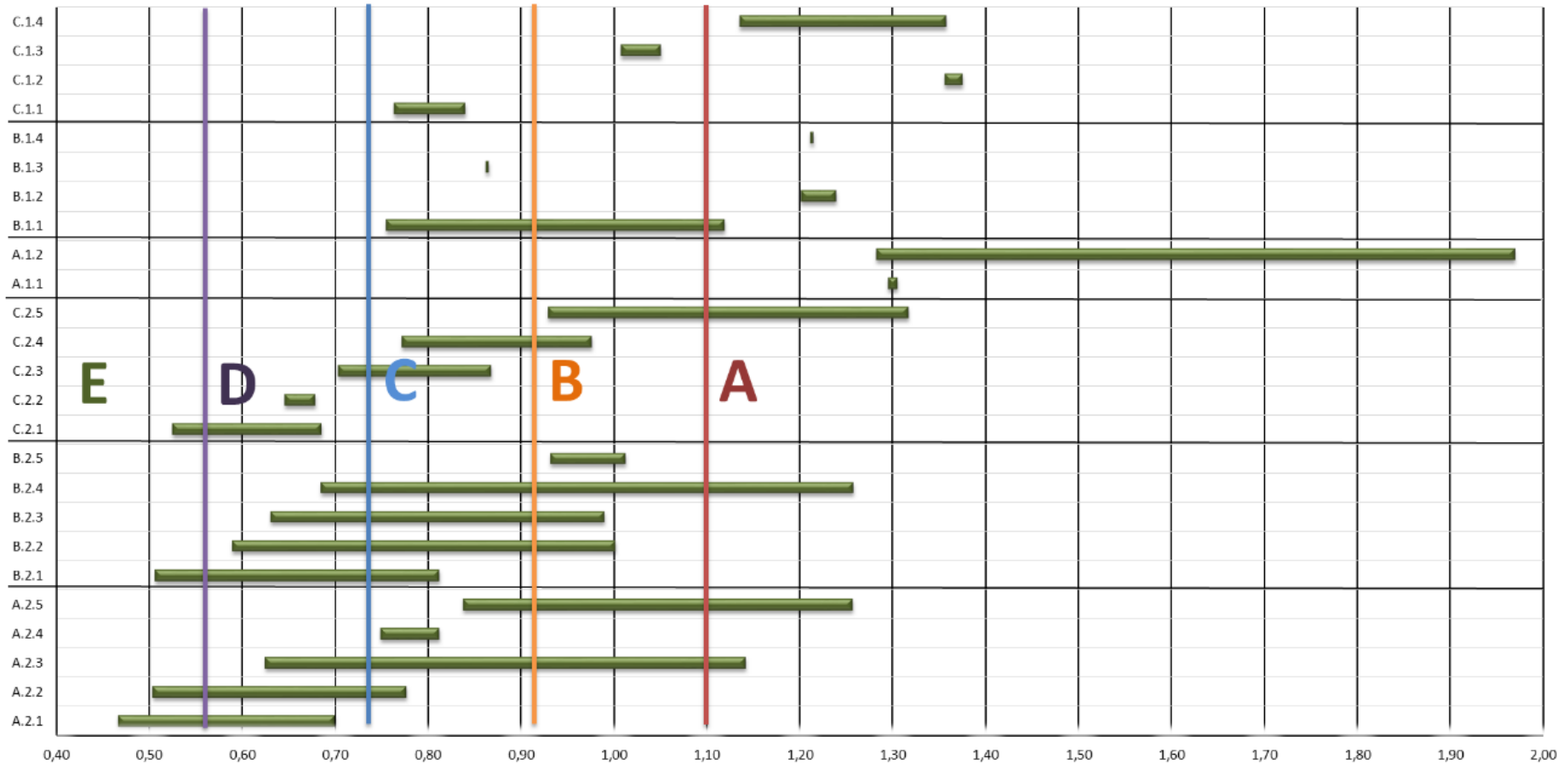
|                        | ESTUDIO 0 al 41% de pérdida de flujo |                     |                     |                     | ESTUDIO 0 al 25% de pérdida de flujo |                     |                     |                     |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0 | I <sub>ec</sub> MIN                  | I <sub>ec</sub> MAX | I <sub>er</sub> MIN | I <sub>er</sub> MAX | I <sub>ec</sub> MIN                  | I <sub>ec</sub> MAX | I <sub>er</sub> MIN | I <sub>er</sub> MAX |
| A.2.1                  | -                                    | -                   | 0,37                | 0,55                | -                                    | -                   | 0,47                | 0,70                |
| A.2.2                  | -                                    | -                   | 0,40                | 0,61                | -                                    | -                   | 0,50                | 0,78                |
| A.2.3                  | -                                    | -                   | 0,49                | 0,90                | -                                    | -                   | 0,63                | 1,14                |
| A.2.4                  | -                                    | -                   | 0,59                | 0,64                | -                                    | -                   | 0,75                | 0,81                |
| A.2.5                  | -                                    | -                   | 0,66                | 0,99                | -                                    | -                   | 0,84                | 1,26                |
| B.2.1                  | -                                    | -                   | 0,40                | 0,64                | -                                    | -                   | 0,51                | 0,81                |
| B.2.2                  | -                                    | -                   | 0,46                | 0,79                | -                                    | -                   | 0,59                | 1,00                |
| B.2.3                  | -                                    | -                   | 0,50                | 0,78                | -                                    | -                   | 0,63                | 0,99                |
| B.2.4                  | -                                    | -                   | 0,54                | 0,99                | -                                    | -                   | 0,69                | 1,26                |
| B.2.5                  | -                                    | -                   | 0,73                | 0,80                | -                                    | -                   | 0,93                | 1,01                |
| C.2.1                  | 0,35                                 | 0,44                | 0,41                | 0,54                | 0,44                                 | 0,56                | 0,53                | 0,69                |
| C.2.2                  | 0,37                                 | 0,38                | 0,51                | 0,53                | 0,47                                 | 0,48                | 0,65                | 0,68                |
| C.2.3                  | 0,37                                 | 0,38                | 0,55                | 0,68                | 0,47                                 | 0,48                | 0,70                | 0,87                |
| C.2.4                  | 0,28                                 | 0,33                | 0,61                | 0,77                | 0,35                                 | 0,43                | 0,77                | 0,98                |
| C.2.5                  | 0,35                                 | 0,40                | 0,73                | 1,04                | 0,45                                 | 0,51                | 0,93                | 1,32                |
| A.1.1                  | -                                    | -                   | 1,02                | 1,02                | -                                    | -                   | 1,30                | 1,30                |
| A.1.2                  | -                                    | -                   | 1,01                | 1,55                | -                                    | -                   | 1,28                | 1,97                |
| B.1.1                  | -                                    | -                   | 0,59                | 0,88                | -                                    | -                   | 0,75                | 1,12                |
| B.1.2                  | -                                    | -                   | 0,95                | 0,98                | -                                    | -                   | 1,20                | 1,24                |
| B.1.3                  | -                                    | -                   | 0,68                | 0,68                | -                                    | -                   | 0,86                | 0,87                |
| B.1.4                  | -                                    | -                   | 0,95                | 0,96                | -                                    | -                   | 1,21                | 1,22                |
| C.1.1                  | 0,33                                 | 0,38                | 0,60                | 0,66                | 0,42                                 | 0,49                | 0,76                | 0,84                |
| C.1.2                  | 0,55                                 | 0,55                | 1,07                | 1,08                | 0,69                                 | 0,69                | 1,36                | 1,38                |
| C.1.3                  | 0,43                                 | 0,43                | 0,79                | 0,83                | 0,55                                 | 0,55                | 1,01                | 1,05                |
| C.1.4                  | 0,41                                 | 0,47                | 0,89                | 1,07                | 0,52                                 | 0,60                | 1,14                | 1,36                |

Tabla 10- Calificación energética según tipología y contaminación lumínica.

La clasificación energética se define escogiendo como superficie de cálculo todo el ancho de calle. Si se tiene eso en cuenta, se observan los siguientes resultados de forma gráfica señalizando la normativa de calificación energética *ITC-EA-01* en los resultados:



### Calificación energética con 25% Contaminación Lumínica



Gráfica 1- Gráfica de intervalo de calificación energética con una pérdida de flujo del 25%.



Se observa cómo, en el mejor de los casos, considerando ese 25% de pérdida de flujo sólo 10 de las 25 tipologías conservan una calificación tipo A, donde la mayoría de los rangos se establece entre la C y la B.

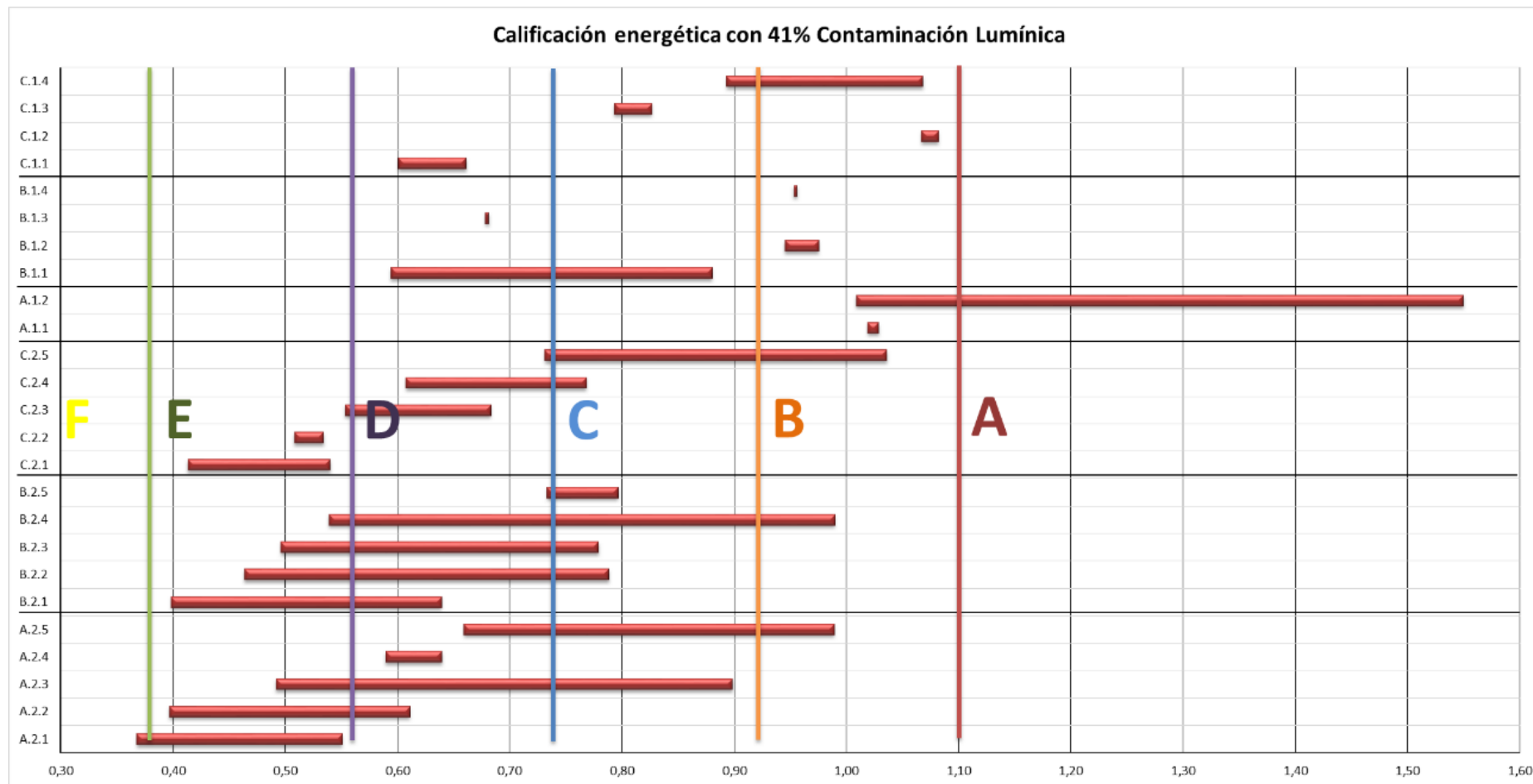


Ilustración 12- Gráfica de intervalo de calificación energética con una pérdida de flujo del 41%.



Además, en ambos casos puede verse que la tendencia de las luminarias a poste es de mayor calificación energética, aunque más dispersa. Esto indica que los cálculos pueden haber sido estimados correctamente, puesto que al situar la luminaria a poste se ganaría una mejor distribución del flujo y mejoraría el índice de eficiencia energética.

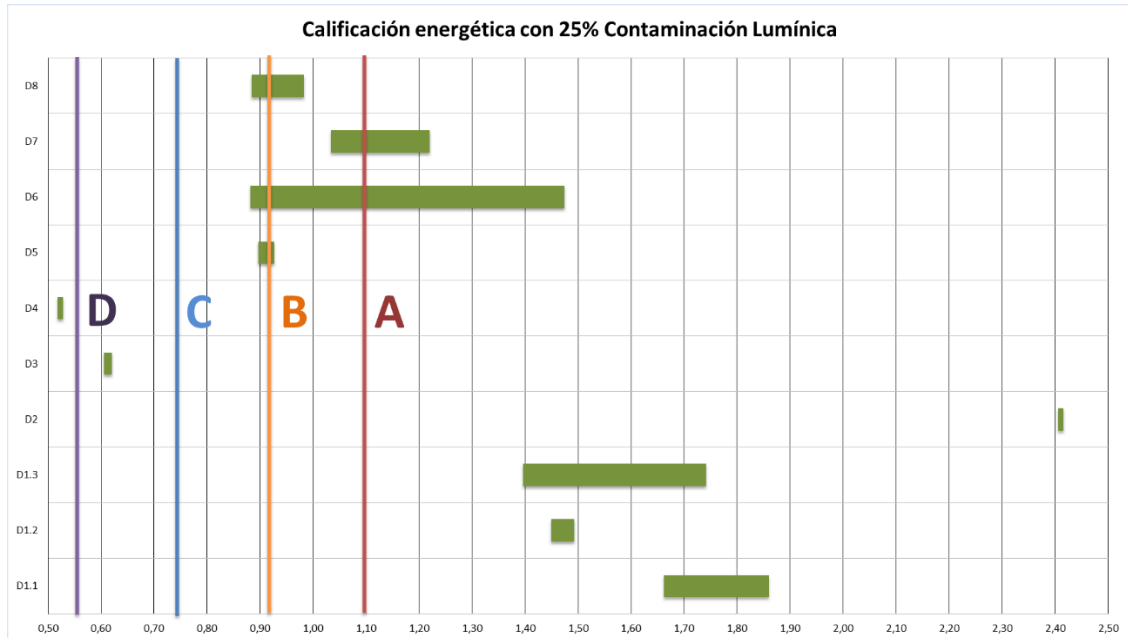


Ilustración 13- Gráfica de intervalo de calificación energética con una pérdida de flujo del 25% en calles especiales.

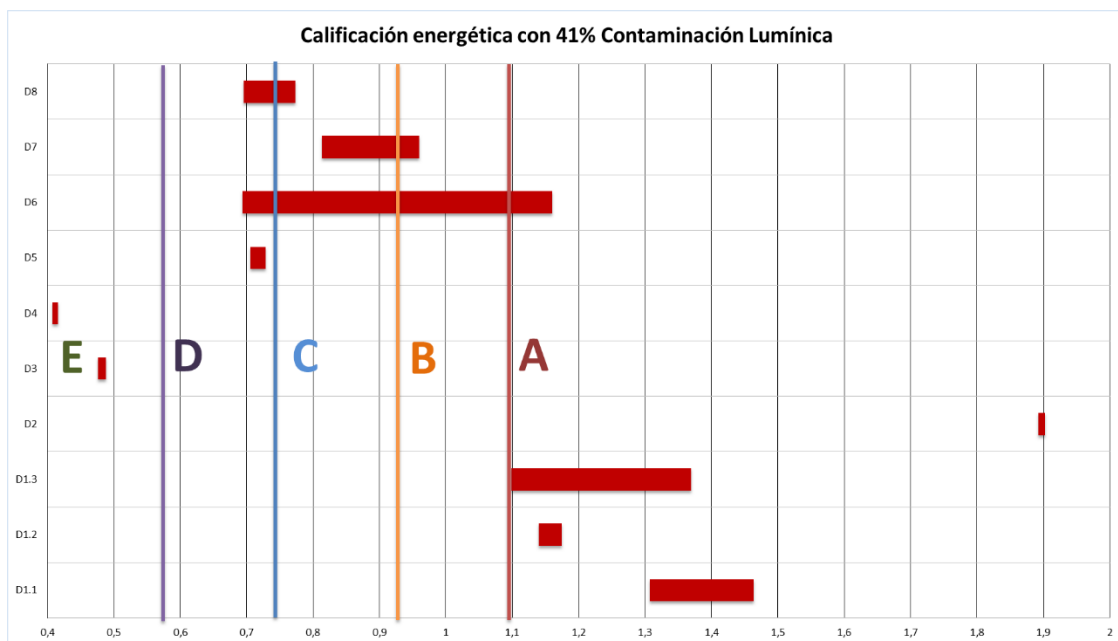


Ilustración 14- Gráfica de intervalo de calificación energética con una pérdida de flujo del 41% en calles especiales.

Se puede observar que la mayoría de las calles no cumple con unos niveles óptimos de iluminación en ninguna de las dos gráficas. La calle Alfonso (D.2) presenta un índice elevado que, junto con los tres tramos del Paseo Echegaray (D.1) conforman el grupo de calles cuya clasificación energética es A. Ambas son calles muy iluminadas ya sea debido al tráfico rodado o bien debido a la importancia cultural de la calle, que le otorga una sana necesidad de verse iluminada en un plano

mayor debido a una necesidad social. Otras como el 1<sup>er</sup> tramo de Pedro Joaquín Soler (D.6) poseen una alta variabilidad de datos traducida en un rango muy elevado de valores, debido principalmente por la gran anchura de calle y por la gran diferencia que presentan los dos valores extremos de las interdistancias de las luminarias de la calle.

### 3.2.3.2-Potencia estimada de la Instalación

Para el caso de estimar la potencia consumida por la instalación actual se procede empleando la información perteneciente al número de luminarias por calle y a su potencia instalada.

Como se indica en el *Anexo II. Cálculos de potencia y factura eléctrica*, la potencia real por punto de luz debe tener en cuenta el consumo de potencia debido al equipo auxiliar como ya se había mencionado anteriormente. Dicho consumo dará una idea de toda la potencia de la instalación que no se aprovecha para el consumo sino para poder encender correctamente las lámparas para obtener el flujo lumínico nominal.

Se ha preparado una tabla la cual resume el consumo de potencia del Estudio 0. Para el caso de la potencia no se han basado los cálculos en las tipologías que ya se emplearon para eficiencia, sino que al tener toda la información referente a la posición de cada luminaria gracias al plano facilitado por el Ayuntamiento de Zaragoza, se ha tomado cada una de las calles que componen el casco histórico de forma individual para mejorar la aproximación.

|         | Potencia<br>E0 |
|---------|----------------|
| BRAZO   | 76,12 KW       |
| COLUMNA | 112,44 KW      |
| PRALES  | 81,30 KW       |
| TOTALES | 188,56 KW      |

Tabla 11 - Potencia instalada (Estudio 0).

En dicha tabla impacta la cantidad de potencia que se emplea actualmente en alumbrar las calles principales del casco histórico frente al total de la potencia; una cantidad que llega a significar más del 40% de potencia de la instalación.

También, aun sabiendo que la mayoría de las calles son peatonales y que por ello la mayoría de las instalaciones son a fachada sin necesidad de recurrir a una distribución sobre columna, la potencia que necesitan aquellas configuraciones sobre columna es mayor que el de todas esas peatonales con luminaria a fachada.

### 3.2.3.3-Coste anual de Potencia

Teniendo el valor de la potencia instalada estimada de la instalación actual se procede a calcular la potencia consumida anual estimada. Teniendo en cuenta que el consumo de potencia será aquel necesario para conseguir que la lámpara realice su función sin contabilizar la potencia que consume el equipo auxiliar de la misma. Por ello se obtendría la potencia de consumo de la instalación como se expresa en la tabla siguiente. A ella se le añade el factor de 1,8 según el **RBT** (*Reglamento de Baja Tensión*) debido al arranque por ser una instalación de VSAP (Vapor Sodio Alta Presión) obteniendo así el consumo de potencia total a contratar:

| ESTUDIO 0            |                  |                      |
|----------------------|------------------|----------------------|
| POTENCIA INSTALACIÓN | POTENCIA CONSUMO | POTENCIA A CONTRATAR |
| 188,56 kVA           | 151,90 kVA       | 273,42 kVA           |

Tabla 12 - Niveles de Potencia (Estudio 0).

Dicha potencia total es aquella por la que se paga en la factura anual contratada con ERZ ENDESA. Al no conocer el tipo de contrato actual, del cual no se tiene información accesible alguna, se estimará con una tarifa emitida por Endesa para potencias de más de 15KW por cuadro de mando y en BT. Esto implica que, al no tener tampoco el valor concreto de cuadros de mando que existen actualmente en el casco Antiguo de Zaragoza y desde los cuales se realiza el suministro de potencia, se toma todo el conjunto como una única factura con un tipo de tarifa 3.0.2 (para mayor detalle ver *apartado 3.1, Anexo II. Cálculos de potencia y factura eléctrica*).

Se ha tenido en cuenta también, como marca la Ordenanza Municipal de Zaragoza, respetar la reducción de flujo según cita el **Artículo 7** de la misma:

*Art. 7. Todas las instalaciones de alumbrado exterior dispondrán de los dispositivos más idóneos y eficaces para regular el nivel lumínico y permitir la reducción del flujo luminoso emitido desde un 45% a 50% a partir de las cero horas, conservando en todo momento los parámetros de calidad de las mismas.*

Por supuesto se necesita conocer las horas de noche anuales para establecer una estimación válida de la potencia consumida anual. Se escogieron los valores de 2014 en la ciudad de Zaragoza como base para la estimación (para mayor detalle ver *apartado 3.2, Anexo II. Cálculos de potencia y factura eléctrica*).

La factura eléctrica anual estimada con los valores obtenidos durante el estudio 0 queda como sigue:

| ESTUDIO 0                   |              |
|-----------------------------|--------------|
| FACTURA ANUAL ESTIMADA      |              |
| PRECIO ANUAL NETO (21% IVA) | 147.368,89 € |

Tabla 13 - Factura eléctrica del Estudio 0.

Donde se ha tenido en cuenta tanto el Impuesto Eléctrico como el IVA.

## 3.3-Estudio I

### 3.3.1-Definición

El siguiente estudio se considera como una pequeña modificación u actualización respecto del anterior.

### 3.3.2-Expectativas

El concepto básico no es otro que el de mantener la instalación actual para evitar costes por modificación de luminaria e instalación y provocar que ésta sea una manera atractiva de realizar cambios hacia una mejora significativa sin perder la fiabilidad al hacerlo, o lo que es lo mismo, con la

seguridad de que este cambio no pueda suponer una necesaria gran financiación procediendo a cambiar todo con motivo de obtener una instalación optimizada a nivel de eficiencia, un punto que va cogiendo fuerza y que se consolidará no como una elección sino como una obligación para las instalaciones futuras.

Es intangible pensar que al sustituir las lámparas de sodio alta presión por las LED se conseguirá un importante ahorro energético pese a que se acreciente la inversión inicial necesaria. Pero también cabe pensar que en lo que a costes de mantenimiento se refiere, al instalar las de tipo LED habrá una reducción anual de dichos costes que beneficiarán y aumentarán la solidez de esta solución.

Lo que se espera de este estudio es una posibilidad que coge mucha fuerza a todos los niveles. Si cumple con los mínimos dispuestos de eficiencia energética, cumple con la disposición vigente en lo referente a una óptima iluminación y sabiendo que dicho estudio se centra en un ahorro de costes significativo al no modificar la instalación actual, podría ser la mejor solución de entre las que se estudian en este proyecto.

### 3.3.3-Resultados

En el siguiente apartado se expondrán los resultados de cada análisis por separado.

#### 3.3.3.1-Eficiencia Energética

Como se ha comentado en el caso del Estudio 0, se procede a facilitar una visión esquematizada de los resultados de forma resumida (Para poder ver los detalles oportunos ver *apartado 2, Anexo I. Cálculos Luminotécnicos*).

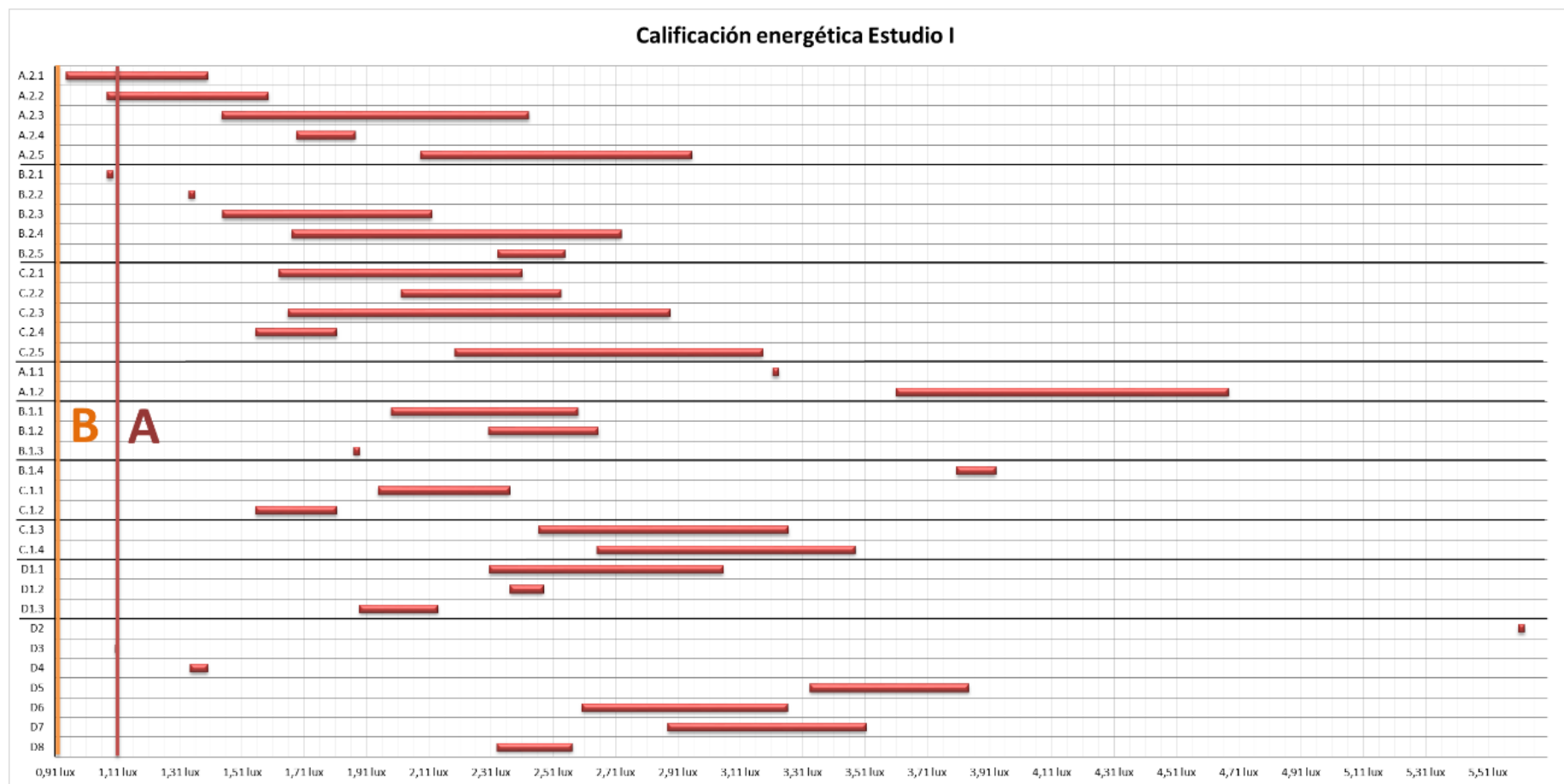
Los resultados de la siguiente tabla muestran el rango de valores de la calificación energética de cada tipología diferenciando entre la opción de sólo contabilizar la calzada o contabilizando todo el ancho de la calle (exceptuando calles de tipo E1 y E2). La tipología que marca el análisis es la del Estudio 0, y las condiciones son las mismas cambiando únicamente el tipo de fuente de luz, y no los demás parámetros. Los resultados del índice de calificación energética se muestran en la siguiente tabla:

| ESTUDIO I              |              |              |              |              |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO I | $I_{Ec}$ MIN | $I_{Ec}$ MAX | $I_{Er}$ MIN | $I_{Er}$ MAX |
| A.2.1                  | -            | -            | 0,95 lux     | 1,40 lux     |
| A.2.2                  | -            | -            | 1,08 lux     | 1,60 lux     |
| A.2.3                  | -            | -            | 1,45 lux     | 2,43 lux     |
| A.2.4                  | -            | -            | 1,69 lux     | 1,87 lux     |
| A.2.5                  | -            | -            | 2,08 lux     | 2,95 lux     |
| B.2.1                  | -            | -            | 1,08 lux     | 1,71 lux     |
| B.2.2                  | -            | -            | 1,34 lux     | 2,12 lux     |
| B.2.3                  | -            | -            | 1,45 lux     | 2,12 lux     |
| B.2.4                  | -            | -            | 1,67 lux     | 2,73 lux     |
| B.2.5                  | -            | -            | 2,33 lux     | 2,55 lux     |
| C.2.1                  | 1,24 lux     | 1,84 lux     | 1,63 lux     | 2,41 lux     |
| C.2.2                  | 1,22 lux     | 1,54 lux     | 2,02 lux     | 2,54 lux     |
| C.2.3                  | 0,82 lux     | 1,46 lux     | 1,66 lux     | 2,89 lux     |
| C.2.4                  | 0,69 lux     | 0,81 lux     | 1,55 lux     | 1,81 lux     |
| C.2.5                  | 0,80 lux     | 1,15 lux     | 2,19 lux     | 3,18 lux     |
| A.1.1                  | -            | -            | 3,21 lux     | 3,21 lux     |
| A.1.2                  | -            | -            | 3,61 lux     | 4,68 lux     |
| B.1.1                  | -            | -            | 1,99 lux     | 2,59 lux     |
| B.1.2                  | -            | -            | 2,30 lux     | 2,65 lux     |
| B.1.3                  | -            | -            | 1,87 lux     | 1,92 lux     |
| B.1.4                  | -            | -            | 3,80 lux     | 3,93 lux     |
| C.1.1                  | 0,85 lux     | 1,03 lux     | 1,95 lux     | 2,37 lux     |
| C.1.2                  | 0,69 lux     | 0,81 lux     | 1,55 lux     | 1,81 lux     |
| C.1.3                  | 0,99 lux     | 1,20 lux     | 2,46 lux     | 3,26 lux     |
| C.1.4                  | 1,36 lux     | 1,66 lux     | 2,65 lux     | 3,48 lux     |
| D1.1                   | 1,32 lux     | 1,33 lux     | 2,30 lux     | 3,06 lux     |
| D1.2                   | 1,33 lux     | 1,36 lux     | 2,37 lux     | 2,48 lux     |
| D1.3                   | 1,13 lux     | 1,19 lux     | 1,89 lux     | 2,14 lux     |
| D2                     | -            | -            | 5,61 lux     | 5,61 lux     |
| D3                     | 0,34 lux     | 0,35 lux     | 1,10 lux     | 1,11 lux     |
| D4                     | 0,74 lux     | 0,76 lux     | 1,34 lux     | 1,40 lux     |
| D5                     | -            | -            | 3,33 lux     | 3,84 lux     |
| D6                     | 1,00 lux     | 1,26 lux     | 2,60 lux     | 3,26 lux     |
| D7                     | 1,02 lux     | 1,25 lux     | 2,88 lux     | 3,51 lux     |
| D8                     | 1,05 lux     | 1,13 lux     | 2,33 lux     | 2,57 lux     |

Tabla 14 - Clasificación energética por tipología (Estudio I) contabilizando sólo calzada ( $I_{Ec}$ ) o ancho de calle ( $I_{Er}$ ).

Como la eficiencia energética de una vía se calcula tomando una superficie de cálculo que comprenda todo el ancho de la vía y la interdistancia entre luminarias, se obtendría un rango de valores en los que se puede establecer con fiabilidad que los resultados se ajustarán dentro de ese rango.

En la siguiente gráfica se agrupan por tipología los rangos de índice de eficiencia energética que comprenden los valores de cada una de las vías de cada una de las tipologías:



Gráfica 2- Gráfica de intervalo de calificación energética (Estudio I).

Puede verse cómo prácticamente todas las vías presentan una calificación del tipo A únicamente sustituyendo las lámparas de sodio alta presión por las nuevas lámparas LED. Cabría también comentar que ciertas vías adquieren una valoración tan excesiva que da una idea de exceso de optimización, posiblemente creado al instalar una potencia mínima que consiga dicho efecto.

### 3.3.3.2-Potencia estimada de la Instalación

La potencia estimada de la instalación se realizará de la misma forma que lo establecido en el Estudio 0, tomando como referencia los datos de dicho estudio en cuanto a número de luminarias se refiere, puesto que no hay cambio alguno.

Como se indica en el *Anexo II. Cálculos de potencia y factura eléctrica*, la potencia real por punto de luz debe tener en cuenta el consumo de potencia debido al equipo auxiliar como ya se había mencionado anteriormente. Dicho consumo dará una idea de toda la potencia de la instalación que no se aprovecha para el consumo sino para poder encender correctamente las lámparas para obtener el flujo lumínico de dicho elemento. Sin embargo al establecer la potencia a contratar no se deberá tener en cuenta lo consumido por el equipo auxiliar.

Se ha preparado una tabla la cual resume el consumo de potencia del Estudio I. Dicha potencia se ha hallado de la misma forma que el Estudio 0, teniendo en cuenta de forma individual cada una de las luminarias de cada uno de los viales que componen el casco antiguo de Zaragoza.

|         | Potencia<br>EI |
|---------|----------------|
| BRAZO   | 35,95 KW       |
| COLUMNA | 46,63 KW       |
| PRALES  | 33,25 KW       |
| TOTALES | 82,59 KW       |

Tabla 15 - Potencia instalada (Estudio I).

Se observa que las calles principales del casco antiguo suponen aproximadamente un 40% de la potencia instalada.

Puede verse también el impacto a nivel de consumo de potencia que poseen las luminarias instaladas sobre columna. Las vías con instalación dispuesta sobre columna suponen únicamente algo más de un 22% del número total de vías. Sin embargo se corrobora cómo dichas luminarias,

ya sea por una interdistancia ineficiente o por una excesiva potencia instalada, suponen el 56,5% de toda la potencia consumida. Esto es evidente teniendo en cuenta que los cálculos luminotécnicos para dicha instalación se llevaron a cabo para las lámparas de vapor de sodio actualmente instaladas. Por tanto no podrá conseguirse unos valores de eficiencia óptimos tal y como se veía en el apartado anterior.

### 3.3.3.3-Coste anual de Potencia

El siguiente paso será establecer el consumo anual de potencia (siempre bajo estimación). La potencia a contratar en esta instalación de tipo LED será la potencia consumida por la propia instalación. Dicha potencia será la potencia a contratar puesto que las lámparas LED poseen un encendido casi instantáneo, a diferencia del factor 1,8 por el que se multiplica en el caso de las lámparas de vapor de sodio. Por ello se obtendría el consumo de potencia total a contratar:

| ESTUDIO I            |
|----------------------|
| POTENCIA A CONTRATAR |
| 82,59 kVA            |

Tabla 16 - Niveles de potencia (Estudio I).

Teniendo en cuenta la misma situación que en el Estudio 0, también se emplea una tarifa pactada con ERZ ENDESA. Al no conocer el número de cuadros de mando se establece de misma forma que se contratan más de 15KW por cuadro de mando y que la factura se realiza de forma conjunta, dónde se incluyan cada uno de los cuadros sumados para obtener la energía consumida total, siendo ésta una única factura con un tipo de tarifa 3.0.2 (esta suposición ya implica conocer que los cuadros de mando superarán los 15KW de potencia contratada) en BT como se ha descrito en la *tabla 11*.

Se ha tenido en cuenta también, como marca la **Ordenanza Municipal de Zaragoza**, respetar la reducción de flujo según cita el *Artículo 7* de la misma.

Recurriendo a las horas nocturnas anuales diferenciando entre flujo nominal y flujo reducido tal y como se establece en el *apartado 3.2, Anexo II. Cálculos de potencia y factura eléctrica*, la factura eléctrica anual estimada con los valores obtenidos durante el *Estudio I* queda como sigue:

| ESTUDIO I                   |             |
|-----------------------------|-------------|
| FACTURA ANUAL ESTIMADA      |             |
| PRECIO ANUAL NETO (21% IVA) | 44.512,91 € |

Tabla 17 - Factura eléctrica del Estudio I.

Donde se ha tenido en cuenta tanto el Impuesto Eléctrico como el IVA.

## 3.4- Estudio II

### 3.4.1- Definición y catalogación

Con este estudio se pretende dar un enfoque distinto en cuanto a las limitaciones o ventajas que existirían frente a la instalación actual y poder sacar conclusiones al respecto desde cada uno de los puntos de vista que se consideren oportunos. Como ya se indicaba en el prolegómeno de este proyecto, este estudio trata de recurrir a una vía totalmente distinta a la del Estudio I. La contemplación de realizar una nueva instalación que permita optimizar todos los aspectos luminotécnicos era una de las primeras opciones barajadas. Al barajar dicha hipótesis se descubría que la mejora se encuentra únicamente en el aspecto de eficiencia vial, y que otros como la inversión necesaria o la potencia no son tan buenos como pudiera esperarse o existen demasiadas posibilidades. Puesto que no es posible conocer cómo varían todos ellos y que el Estudio II llevaría a infinitos sucesos y soluciones se propuso dividirlo en dos opciones completamente “*opuestas*” para poder tener una visión más amplia de los resultados y tener una mayor seguridad a la hora de manejarlos. ¿Qué interesa más, colocar un mayor número de luminarias a la menor potencia posible o buscar la potencia más elevada dentro de las posibilidades establecidas (también serían infinitas)



con el fin de disminuir las luminarias y con ello los costes de la instalación? ¿Qué factor está por encima, el económico, el ambiental, el de eficiencia, el de consumo de potencia?

Para poder despejar algunas dudas se establecen esos dos análisis “*extremos*” por el medio de los cuales se pretende averiguar mediante los correspondientes ensayos lo alejados o no que estén de la solución óptima.

La división del Estudio II permite dotar al proyecto de dos soluciones muy distintas, creando incontestablemente una comparativa entre ambas.

En el Estudio II.I se considera como base escoger la menor potencia con la que se permita cumplir la *normativa vigente de iluminación vial*.

## 3.5- Estudio II.I

### 3.5.1-Expectativas

El Estudio II.I tiene como criterio base la instalación de luminaria LED de la más baja potencia posible, siempre dentro de las cuatro posibilidades establecidas (ver *Anexo I. Cálculos luminotécnicos*).

Como consecuencia se espera que sea necesaria la instalación de un mayor número de luminarias que el actual, lo que supondría un gran aumento en la inversión inicial. Esto podría agravar la idea de que se pueda encaminar este estudio a la solución más óptima de las que se analizan en este proyecto. Sin embargo aún quedaría conocer el coste de facturación anual de la energía invertida en iluminar el casco antiguo para poder comparar junto con la inversión inicial. Además, de manera favorable también se estima que los costes por mantenimiento, avería y limpieza mejoren las posibilidades de este estudio.

En términos generales es claramente la elección de la potencia lo que consecuentemente afecta en el resto del estudio y de su distancia real de la solución más óptima. Se puede pensar básicamente que al escoger la menor potencia posible de entre las posibilidades establecidas se obtenga una buena eficiencia energética y una baja potencia a contratar, a costa de aumentar la inversión inicial y los costes de mantenimiento, avería y limpieza. La obtención de los resultados es lo que dictaminará si este Estudio se decanta hacia la viabilidad o hacia la propia disolución como idea.

### 3.5.2-Resultados

#### 3.5.2.1-Eficiencia Energética

Como se comentaba, la eficiencia energética es el factor central que ocupa este estudio. El análisis oportuno se realiza siguiendo los criterios establecidos en el *apartado 3, Anexo I. Cálculos luminotécnicos*. Cabe remarcar que en el Estudio II, al escoger el programa Dialux la interdistancia óptima de luminarias no se obtiene rango alguno, sino un valor único.

La tabla obtenida del índice de eficiencia energética se clasifica según la tipología seguida en el Estudio 0, dado que es el que se utiliza para comparar con los demás estudios. Las calles tipo de cada tipología del Estudio 0 consideradas para el análisis de eficiencia energética son las que se considerarán en cada uno de los demás estudios para tener unos datos coherentes. Sin embargo la catalogación de las mismas no tiene por qué coincidir con la forma de catalogar las tipologías del presente estudio. Por tanto existen tipologías que no entrarán dentro del análisis, aunque se han hallado sus propiedades de la misma forma que las demás para el apartado de Potencia instalada.

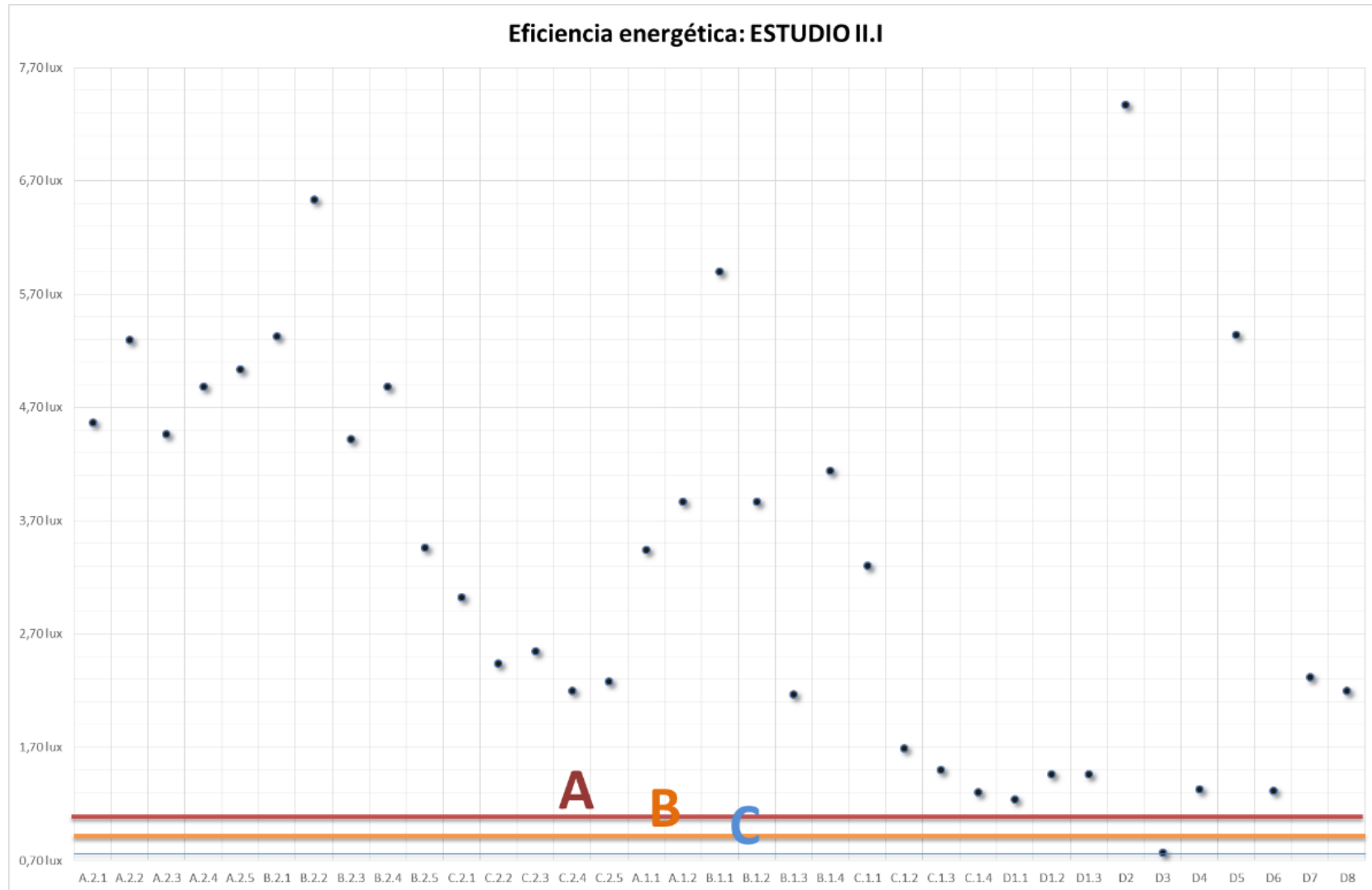
El proceso consistiría en estudiar cada tipología con los cuatro niveles posibles de potencia a instalar que se han tomado para la comparación. De esta forma se eliminarán aquellas potencias que no permiten cumplir con lo exigido según la *normativa vigente*. Tras este primer paso se procede a seleccionar los datos lumínicos de la menor potencia de cada tipología, dado que en este estudio se busca la mínima potencia que permita cumplir con los niveles luminotécnicos exigibles.

Aplicando las fórmulas de eficiencia energética se obtienen los siguientes valores de calificación energética:

| ESTUDIO II.I           |          |                        |          |
|------------------------|----------|------------------------|----------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO I | $I_E$    | TIPOLOGIA<br>ESTUDIO I | $I_E$    |
| A.2.1                  | 4,56 lux | B.1.1                  | 5,90 lux |
| A.2.2                  | 5,30 lux | B.1.2                  | 3,87 lux |
| A.2.3                  | 4,46 lux | B.1.3                  | 2,17 lux |
| A.2.4                  | 4,88 lux | B.1.4                  | 4,14 lux |
| A.2.5                  | 5,04 lux | C.1.1                  | 3,30 lux |
| B.2.1                  | 5,33 lux | C.1.2                  | 1,69 lux |
| B.2.2                  | 6,53 lux | C.1.3                  | 1,50 lux |
| B.2.3                  | 4,42 lux | C.1.4                  | 1,30 lux |
| B.2.4                  | 4,88 lux | D1.1                   | 1,24 lux |
| B.2.5                  | 3,46 lux | D1.2                   | 1,46 lux |
| C.2.1                  | 3,02 lux | D1.3                   | 1,46 lux |
| C.2.2                  | 2,44 lux | D2                     | 7,37 lux |
| C.2.3                  | 2,55 lux | D3                     | 0,77 lux |
| C.2.4                  | 2,20 lux | D4                     | 1,33 lux |
| C.2.5                  | 2,28 lux | D5                     | 5,34 lux |
| A.1.1                  | 3,44 lux | D6                     | 1,31 lux |
| A.1.2                  | 3,87 lux | D7                     | 2,32 lux |
|                        |          | D8                     | 2,20 lux |

Tabla 18 - Clasificación energética por tipología (Estudio II.I) contabilizando sólo calzada ( $I_{EC}$ ) o ancho de calle ( $I_{ER}$ ).

Puede observarse como la mayoría de los valores supera el valor límite de 1,1 desde el cual una vía se cataloga como de tipo A. Para observar mejor este resultado se facilita la siguiente gráfica:



Gráfica 3- Calificación energética por tipología (Estudio II.I).



Se observa como la amplia mayoría excepto un tipo de vial estarían por encima de la máxima calificación energética. Sin embargo los valores de muchas de ellas superan con creces ese 1,1 límite. Esto podría significar que existe un exceso de optimización, que aun siendo preferible a otros casos, podría desestabilizar la solución global en la que se tienen en cuenta también los demás factores que influyen en el análisis global de este proyecto. Para ello habrá que finalizar todos los ensayos y ver de qué manera concreta afecta esta solución al problema.

### *3.5.2.2-Potencia estimada de la Instalación*

Establecido el nivel de eficiencia energética de este estudio se procede a determinar cómo se ve afectada la potencia necesaria de la instalación. Para ello se toman como referencia las interdistancias calculadas por el programa *Dialux* en cada una de las tipologías del Estudio II.I obteniendo las siguientes tablas:

| CLASIFICACION | ZONA . Nº | Posibilidad 1       |                |         |      |
|---------------|-----------|---------------------|----------------|---------|------|
|               |           | 13,1 W              |                |         |      |
|               |           | Altura punto de luz | Interdistancia | Nº Lum. | TIPO |
| P.2           | 0 , 2     | 5 y 6               | 12 m           | 69      | T    |
| P.5           | B . 25    | 4,0 m               | 18,0 m         | 7       | T    |
| P.7           | E . 2     | 4,0 m               | 17 m           | 15      | T    |
| P.8           | B . 19.1  | 4,0 m               | 17,0 m         | 5       | T    |
| E1.1          | C . 7     | 4,0 m               | 23 m           | 3       | U    |
|               | F . 1     | 4,0 m               | 23 m           | 2       | U    |
| E1.2          | C . 8     | 4,0 m               | 22 m           | 2       | U    |
|               | F . 16    | 4,0 m               | 22 m           | 2       | U    |
|               | F . 2     | 4,0 m               | 22 m           | 2       | U    |
|               | E . 9     | 4,0 m               | 22 m           | 2       | U    |
|               | F . 13    | 4,0 m               | 22 m           | 2       | U    |
| E1.3          | C . 6     | 4,0 m               | 22 m           | 3       | U    |
|               | B . 12    | 4,0 m               | 22 m           | 7       | U    |
|               | B . 34    | 4,0 m               | 21 m           | 2       | U    |
|               | B . 13    | 4,0 m               | 21 m           | 2       | U    |
| E1.4          | B . 35    | 4,0 m               | 21 m           | 3       | U    |
|               | A . 7.1   | 4,0 m               | 21 m           | 7       | U    |
|               | B . 20    | 4,0 m               | 12 m           | 5       | U    |
| E1.5          | C . 5     | 4,0 m               | 12 m           | 4       | U    |
| E1.6          | D . 11    | 4,0 m               | 12 m           | 5       | U    |
| E1.7          | B . 11    | 4,0 m               | 11 m           | 4       | U    |
| E2.1          | F . 11    | 4,0 m               | 10 m           | 5       | U    |
|               | F . 21    | 4,0 m               | 16 m           | 9       | T    |
| E2.2          | F . 19    | 4,0 m               | 23 m           | 2       | U    |
|               | F . 18    | 4,0 m               | 22 m           | 2       | U    |
|               | F . 15    | 4,0 m               | 22 m           | 2       | U    |
|               | B . 4     | 4,0 m               | 22 m           | 1       | U    |
|               | A . 9     | 4,0 m               | 22 m           | 2       | U    |
|               | A . 10    | 4,0 m               | 22 m           | 2       | U    |
|               | F . 10    | 4,0 m               | 22 m           | 3       | U    |
|               | F . 14    | 4,0 m               | 22 m           | 4       | U    |
| E2.3          | B . 14    | 4,0 m               | 22 m           | 7       | U    |
|               | A . 8     | 4,0 m               | 21 m           | 3       | U    |
|               | B . 23    | 4,0 m               | 21 m           | 4       | U    |
|               | B . 30    | 4,0 m               | 21 m           | 6       | U    |
|               | B . 33    | 4,0 m               | 21 m           | 8       | U    |
|               | B . 27    | 4,0 m               | 21 m           | 3       | U    |
| E2.4          | B . 28    | 4,0 m               | 21 m           | 3       | U    |
|               | B . 29    | 4,0 m               | 21 m           | 7       | U    |
|               | B . 21    | 4,0 m               | 12 m           | 4       | U    |
|               | F . 17    | 4,0 m               | 12 m           | 5       | U    |
|               | A . 5     | 4,0 m               | 12 m           | 5       | U    |
|               | B . 22    | 4,0 m               | 12 m           | 6       | U    |
|               | B . 16    | 4,0 m               | 12 m           | 9       | U    |
|               | B . 19.2  | 4,0 m               | 12,0 m         | 11      | U    |
| E2.5          | B . 24    | 4,0 m               | 12 m           | 8       | U    |
|               | E . 4     | 4,0 m               | 12 m           | 8       | U    |
|               | B . 6     | 4,0 m               | 11 m           | 4       | U    |
|               | C . 2     | 4,0 m               | 11 m           | 4       | U    |
|               | B . 1     | 4,0 m               | 11 m           | 5       | U    |
|               | B . 15    | 4,0 m               | 11 m           | 5       | U    |
|               | B . 7     | 4,0 m               | 11 m           | 9       | U    |
|               | E . 6     | 4,0 m               | 11 m           | 10      | U    |
|               | B . 8     | 4,0 m               | 11 m           | 12      | U    |
| CLASIFICACION | ZONA . Nº | Posibilidad 3       |                |         |      |
|               |           | 56 W                |                |         |      |
|               |           | Altura punto de luz | Interdistancia | Nº Lum. | TIPO |
| P.4           | 0 . 4     | 5,5 m               | 20 m           | 55      | T    |
| P.6           | D . 8.2   | 4,5 m               | 20 m           | 5       | T    |
| E1.9          | A . 2     | 6,5 m               | 11 m           | 14      | B    |
|               | A . 4     | 6,5 m               | 13 m           | 10      | B    |
|               | A . 3     | 6,5 m               | 13 m           | 12      | B    |
| E2.9          | A . 7.2   | 5,0 m               | 10 m           | 9       | U    |
| D.9           | D . 7     | 4,5 m               | 15 m           | 15      | T    |

| CLASIFICACION | ZONA . Nº | Posibilidad 1       |                |         |      |
|---------------|-----------|---------------------|----------------|---------|------|
|               |           | 13,1 W              |                |         |      |
|               |           | Altura punto de luz | Interdistancia | Nº Lum. | TIPO |
| D.1           | C . 11    | 5,0 m               | 14 m           | 2       | U    |
|               | B . 32    | 5,0 m               | 14 m           | 4       | U    |
|               | C . 9     | 5,0 m               | 14 m           | 7       | U    |
| D.2           | B . 18    | 5,0 m               | 11 m           | 4       | U    |
|               | E . 7     | 5,0 m               | 11 m           | 4       | U    |
|               | B . 9     | 5,0 m               | 11 m           | 5       | U    |
|               | D . 3     | 5,0 m               | 11 m           | 6       | U    |
| D.3           | F . 22    | 5,0 m               | 11 m           | 7       | U    |
|               | F . 9     | 4,0 m               | 23 m           | 3       | T    |
|               | B . 3     | 4,0 m               | 23 m           | 3       | T    |
|               | C . 3     | 4,0 m               | 23 m           | 3       | T    |
|               | E . 12    | 4,0 m               | 23 m           | 7       | T    |
|               | B . 10    | 4,0 m               | 23 m           | 11      | T    |
| D.4           | A . 6     | 4,0 m               | 23 m           | 17      | T    |
|               | B . 17    | 4,0 m               | 17,0 m         | 7       | T    |
|               | D . 2     | 4,0 m               | 17,0 m         | 9       | T    |
|               | D . 6     | 4,0 m               | 17,0 m         | 11      | T    |
|               | B . 5     | 4,0 m               | 17,0 m         | 11      | T    |
|               | B . 26    | 4,0 m               | 17,0 m         | 13      | T    |
| D.5           | D . 1     | 4,0 m               | 17             | 15      | T    |
|               | F . 8     | 5,0 m               | 10 m           | 7       | T    |
|               | F . 5     | 5,0 m               | 10 m           | 7       | T    |
|               | F . 12    | 5,0 m               | 10 m           | 7       | T    |
|               | D . 9     | 5,0 m               | 10 m           | 9       | T    |
|               | D . 10    | 5,0 m               | 10 m           | 9       | T    |
|               | E . 10    | 5,0 m               | 10 m           | 11      | T    |
|               | E . 1     | 5,0 m               | 10 m           | 13      | T    |
|               | E . 3     | 5,0 m               | 10 m           | 17      | T    |
|               | E . 11    | 5,0 m               | 10 m           | 17      | T    |
|               | D . 8.1   | 5,0 m               | 10 m           | 21      | T    |
|               | C . 10    | 5,0 m               | 10 m           | 23      | T    |
|               | A . 11    | 5,0 m               | 10 m           | 25      | T    |
|               | C . 12    | 5,0 m               | 10 m           | 33      | T    |
|               | D . 5     | 5,0 m               | 10 m           | 43      | T    |
|               | A . 12    | 5,0 m               | 10 m           | 43      | T    |
| E2.7          | E . 5     | 4,0 m               | 10 m           | 4       | U    |
|               | B . 31    | 4,0 m               | 10 m           | 6       | U    |
| D.6           | E . 8     | 4,0 m               | 20             | 5       | T    |
|               | C . 1     | 4,0 m               | 20             | 9       | T    |

| CLASIFICACION | ZONA . Nº | Posibilidad 2       |                |         |      |
|---------------|-----------|---------------------|----------------|---------|------|
|               |           | 26,1 W              |                |         |      |
|               |           | Altura punto de luz | Interdistancia | Nº Lum. | TIPO |
| P.3           | 0 , 3     | 4,0 m               | 11 m           | 101     | T    |
| E2.6          | F . 4     | 4,0 m               | 18 m           | 5       | T    |
| E1.8          | C . 4     | 4,0 m               | 10 m           | 8       | U    |
| E2.8          | F . 6     | 4,0 m               | 20 m           | 5       | T    |
|               | F . 3     | 4,0 m               | 20 m           | 7       | T    |
| E2.10         | F . 7     | 4,0 m               | 14 m           | 5       | T    |
| D.7           | F . 20    | 4,0 m               | 13 m           | 10      | U    |
|               | B . 2     | 4,0 m               | 13 m           | 12      | U    |
| D.8           | D . 4     | 4,0 m               | 11,0 m         | 14      | U    |

Tabla 19. Nivel de Potencia mínimo requerido para el Estudio II.I.

Es necesario distinguir estas calles de las vías de circulación de vehículos moderadas, en este caso el Paseo Echegaray, que se dividió en tres zonas y cuyas posibilidades de potencia varían de las demás vías por el hecho de que no cumpliría con los valores luminotécnicos mínimos requeridos. Por ello se escogen otras dos posibilidades, de 105,7 W y de 207W de lámpara instalada en la luminaria

IRIDIUM<sup>2</sup> LED del mismo catálogo Philips que las demás. Con dicha potencia, más razonable para el tipo de vía y su distribución, se obtiene la siguiente tabla:

| CLASIFICACION | ZONA . Nº | Posibilidad 3       |                |         |      | Posibilidad 4       |                |         |      |
|---------------|-----------|---------------------|----------------|---------|------|---------------------|----------------|---------|------|
|               |           | 105,7 W             |                |         |      | 207 W               |                |         |      |
|               |           | Altura punto de luz | Interdistancia | Nº Lum. | TIPO | Altura punto de luz | Interdistancia | Nº Lum. | TIPO |
| P.1.1         | 0 , 1.1   | 9,0 m               | 22 m           | 65      | T    | 9,5 m               | 44 m           | 33      | T    |
| P.1.2         | 0 , 1.2   | 9 m                 | 16 m           | 7       | T    | 10,0 m              | 34 m           | 3       | T    |
| P.1.3         | 0 , 1.3   | 9 m                 | 25 m           | 5       | T    | 9 m                 | 46 m           | 3       | T    |

Tabla 20. Nivel de Potencia mínimo requerido para el Estudio II.I en el Paseo Echegaray y Caballero.

Habiendo obtenido las interdistancias de cada vía y el número de luminarias que habría en cada una de ellas, se procede al cálculo de la potencia total de la instalación como muestra la siguiente tabla (Para más detalles sobre cómo calcular la tarifa ver *Anexo II. Cálculo de potencias y factura eléctrica*):

|         | POTENCIA EII.I |
|---------|----------------|
| BRAZO   | 11,33 KW       |
| COLUMNA | 35,05 KW       |
| PRALES  | 28,18 KW       |
| TOTALES | 46,38 KW       |

Tabla 21- Potencia instalada (Estudio II.I).

Como puede comprobarse se sigue reduciendo la potencia de la instalación con respecto a los anteriores estudios. Ya se había predicho que este estudio tenía como premisa original la de mantener el mayor nivel de eficiencia energética posible, y al parecer también lo consigue a la mínima potencia vista hasta el momento.

### 3.5.2.3-Coste anual de Potencia

Tras hallar la potencia de la instalación y puesto que al utilizar LED no es necesario multiplicar dicha potencia por ningún coeficiente como ocurre con las lámparas de vapor de sodio, se obtiene así la potencia a contratar:

|                      |
|----------------------|
| ESTUDIO II.I         |
| POTENCIA A CONTRATAR |
| 46,38 kVA            |

Tabla 22- Niveles de potencia (Estudio II.I).

Por tanto, se llevan a cabo los cálculos correspondientes expresados en el *Anexo II* de este estudio donde se obtiene el siguiente resultado:

| ESTUDIO II.I                        |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| FACTURA ANUAL ESTIMADA              |                    |
| PRECIO FACTURA ANUAL NETO (21% IVA) | <b>24.997,56 €</b> |

Tabla 23 - Factura eléctrica del Estudio II.I.

Al igual que la potencia a contratar, este estudio es en principio el que va a proponer mayor ahorro en los costes de factura eléctrica anual, aunque su parte más desfavorable, la inversión inicial, aún está por ver.

### 3.6- Estudio II.II

#### 3.6.1-Expectativas

El Estudio II.II tiene como criterio base la instalación de luminaria LED de la más alta potencia posible, siempre dentro de las cuatro posibilidades establecidas. Sin embargo en este estudio es necesario establecer un criterio para no crear elecciones posibles pero improbables, como podría ser situar una única luminaria en una calle. El criterio se establece teniendo en cuenta que la potencia máxima instalable por luminaria será aquella cuyo número de luminarias por calle iguale o supere a 2 luminarias por calle. Este estudio nace de la preocupación de que el Estudio II.I sea beneficioso en factores tales como el de mejorar la eficiencia energética de la instalación y de reducir los costes que devienen de la factura eléctrica anual, y sin embargo se pague un alto precio por dichas optimizaciones. El factor más preocupante es el referente a la inversión inicial dada por el presupuesto. Aquí puede verse una tabla con el resumen de luminarias instaladas por estudio en el que servirá de base para apreciar la gran desventaja que supone dicho Estudio II.I:

|             | NºLuminarias<br>E0 | NºLuminarias<br>EI | NºLuminarias<br>EII.I |
|-------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| BRAZO       | 471                | 471                | 574                   |
| COLUMNA     | 582                | 582                | 812                   |
| PRINCIPALES | 365                | 365                | 409                   |
| TOTALES     | 1053               | 1053               | 1386                  |

Tabla 24- Comparativa del volumen de luminarias entre E0, EI y EII.I.

Como se observa el volumen de luminarias a instalar en el Estudio II.I supera con creces al de la instalación actual. Teniendo en cuenta que las 1386 luminarias y soportes serán totalmente nuevos es irremediable pensar si los beneficios de este estudio podrán hacer frente a las pérdidas ocasionadas por los altos costes de inversión. Es en ese instante donde entra en juego el Estudio II.II, pensado para subsanar una parte de esa desventaja aumentando la potencia por vía de la instalación y consiguiendo de este modo, pese a disminuir la eficiencia energética, reducir el volumen de luminarias a instalar, lo que supondría un gran ahorro de inversión frente al Estudio II.I.

De este modo se veía cómo quedaría la tabla anterior si se añadiera los datos de este estudio:

|             | NºLuminarias<br>E0 | NºLuminarias<br>EI | NºLuminarias<br>EII.I | NºLuminarias<br>EII.II |
|-------------|--------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| BRAZO       | 471                | 471                | 574                   | 275                    |
| COLUMNA     | 582                | 582                | 812                   | 367                    |
| PRINCIPALES | 365                | 365                | 409                   | 271                    |
| TOTALES     | 1053               | 1053               | 1386                  | 642                    |

Tabla 25- Comparativa del volumen de luminarias entre los cuatro estudios realizados.

Puede observarse claramente como el volumen de luminarias a instalar habría disminuido en torno a un 54% respecto del Estudio II.I, e incluso un 39% respecto de la instalación actual.

### 3.6.2-Resultados

Como ya se comentaba anteriormente este estudio se ha creado con ánimo de reducir la inversión inicial respecto del Estudio II.I a costa de una posible reducción en otros factores. Uno de ellos podría ser la eficiencia energética, y por tanto, se procede al análisis de la misma.

#### 3.6.2.1-Eficiencia Energética

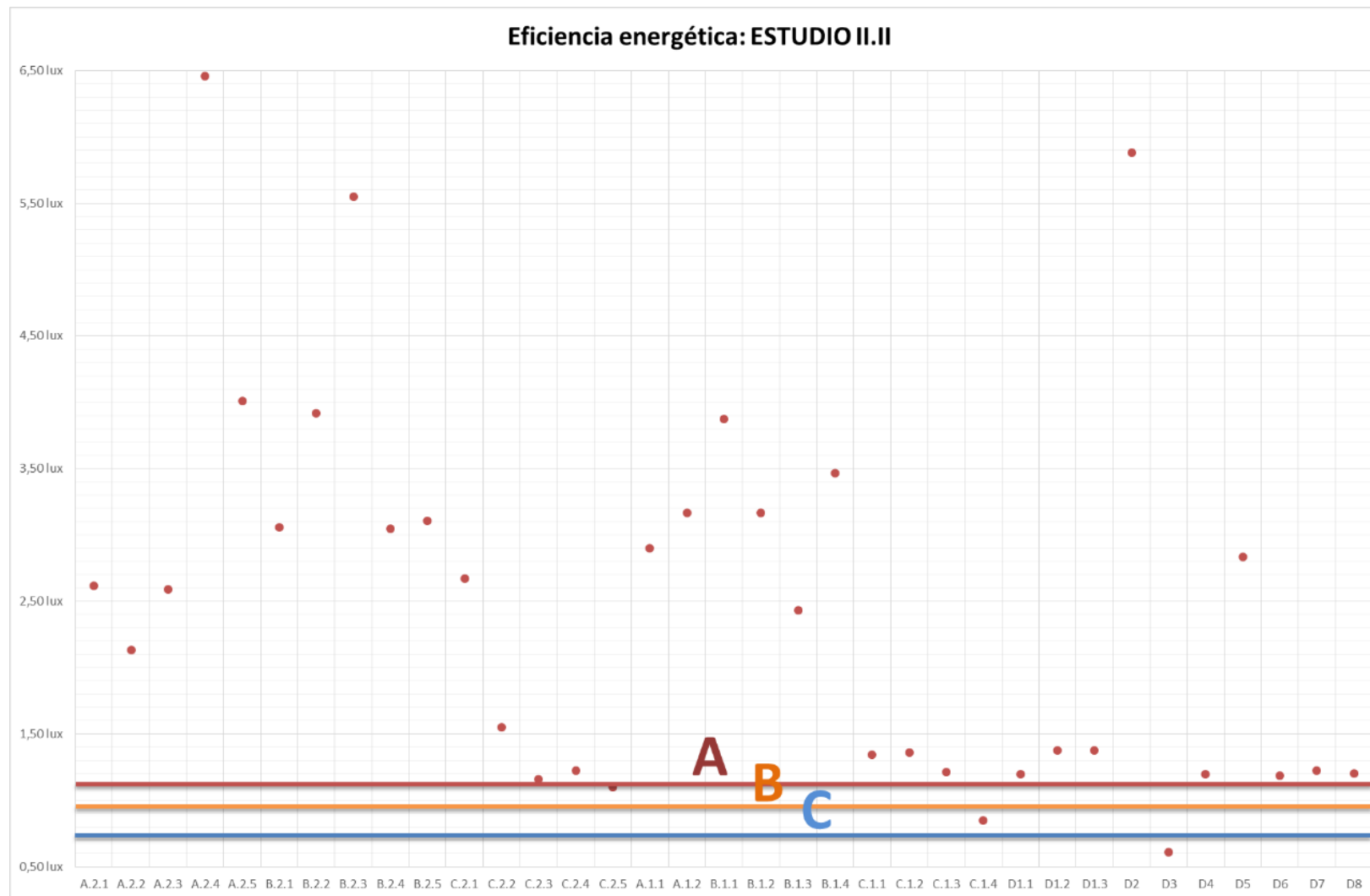
De nuevo todos los criterios se especifican en el *Anexo I. Cálculos luminotécnicos (apartado XXX)*. Los cálculos se realizan de nuevo en el programa de cálculo luminotécnico Dialux, donde se especifican tanto la geometría y propiedades de la vía como la luminaria seleccionada por cada tipología. Como en el Estudio II.I, el programa buscará una interdistancia óptima según la distribución escogida de la luminaria, que siempre sigue el orden de preferencia: unilateral > tresbolillo > bilateral. Sin embargo la potencia que se busca será la máxima posible de entre las posibilidades tenidas en cuenta siempre y cuando haya al menos dos o más luminarias por vía. Las calles tipo de cada tipología son siempre las mismas que las consideradas en el Estudio 0. Los resultados se muestran en la siguiente tabla cuantitativamente:



| ESTUDIO II.II       |                |                     |                |
|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO I | $I_{\epsilon}$ | TIPOLOGIA ESTUDIO I | $I_{\epsilon}$ |
| A.2.1               | 2,62 lux       | B.1.1               | 3,87 lux       |
| A.2.2               | 2,13 lux       | B.1.2               | 3,17 lux       |
| A.2.3               | 2,59 lux       | B.1.3               | 2,43 lux       |
| A.2.4               | 6,46 lux       | B.1.4               | 3,47 lux       |
| A.2.5               | 4,01 lux       | C.1.1               | 1,35 lux       |
| B.2.1               | 3,06 lux       | C.1.2               | 1,36 lux       |
| B.2.2               | 3,92 lux       | C.1.3               | 1,21 lux       |
| B.2.3               | 5,55 lux       | C.1.4               | 0,85 lux       |
| B.2.4               | 3,05 lux       | D1.1                | 1,20 lux       |
| B.2.5               | 3,11 lux       | D1.2                | 1,38 lux       |
| C.2.1               | 2,67 lux       | D1.3                | 1,38 lux       |
| C.2.2               | 1,55 lux       | D2                  | 5,88 lux       |
| C.2.3               | 1,16 lux       | D3                  | 0,61 lux       |
| C.2.4               | 1,23 lux       | D4                  | 1,20 lux       |
| C.2.5               | 1,10 lux       | D5                  | 2,84 lux       |
| A.1.1               | 2,90 lux       | D6                  | 1,18 lux       |
| A.1.2               | 3,17 lux       | D7                  | 1,22 lux       |
|                     |                | D8                  | 1,20 lux       |

Tabla 26- Resultados de clasificación energética por tipología (Estudio II.II).

Cualitativamente, considerando los límites de la calificación energética se obtiene la siguiente gráfica:



Gráfica 4- Calificación energética por tipología (Estudio II.II).

Como se puede contrastar, los niveles medios de eficiencia energética se han visto disminuidos al aumentar la potencia de la instalación. Sin embargo la mayoría de las vías seguiría manteniendo una calificación A, concretamente más de un 90% de las vías de la instalación.

### 3.6.2.2-Potencia estimada de la Instalación

Como se ha seguido en el estudio anterior, se extraen de Dialux las interdistancias que salen al realizar los cálculos luminotécnicos. En la siguiente tabla se recoge la información descrita de cada una de las vías que componen el casco antiguo de Zaragoza:

| TIPOLOGÍA E2 | ZONA . Nº | Posibilidad 2       |                |         |      |
|--------------|-----------|---------------------|----------------|---------|------|
|              |           | 26,1 W              |                |         |      |
|              |           | Altura punto de luz | Interdistancia | Nº Lum. | TIPO |
| E1.1         | C . 7     | 4,5 m               | 25 m           | 3       | U    |
|              | F . 1     | 4,5 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | C . 8     | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
| E1.2         | F . 16    | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | F . 2     | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | E . 9     | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | F . 13    | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | C . 6     | 4,0 m               | 25 m           | 3       | U    |
|              | B . 34    | 6,0 m               | 37 m           | 2       | U    |
| E1.3         | B . 13    | 6,0 m               | 37 m           | 2       | U    |
|              | B . 35    | 6,0 m               | 37 m           | 2       | U    |
|              | A . 7.1   | 6,0 m               | 37 m           | 4       | U    |
| E2.1         | F . 19    | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
| E2.2         | F . 18    | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | F . 15    | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | B . 4     | 4,0 m               | 25 m           | 1       | U    |
|              | A . 9     | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | A . 10    | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | F . 10    | 4,0 m               | 25 m           | 3       | U    |
|              | F . 14    | 4,0 m               | 25 m           | 4       | U    |
|              | B . 14    | 4,0 m               | 25 m           | 6       | U    |
|              | A . 8     | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
| E2.3         | B . 23    | 4,0 m               | 25 m           | 3       | U    |
|              | B . 30    | 4,0 m               | 25 m           | 5       | U    |
|              | B . 33    | 4,0 m               | 25 m           | 7       | U    |
|              | B . 27    | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | B . 28    | 4,0 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | B . 29    | 4,0 m               | 25 m           | 6       | U    |
| D.1          | C . 11    | 4,0 m               | 22 m           | 1       | U    |
|              | B . 32    | 4,0 m               | 22 m           | 3       | U    |
|              | C . 9     | 4,0 m               | 25 m           | 4       | U    |

| TIPOLOGÍA E2 | ZONA . Nº | Posibilidad 3       |                |         |      |
|--------------|-----------|---------------------|----------------|---------|------|
|              |           | 56 W                |                |         |      |
|              |           | Altura punto de luz | Interdistancia | Nº Lum. | TIPO |
| E1.2         | B . 12    | 6,0 m               | 37 m           | 4       | U    |
| E1.4         | B . 20    | 5,0 m               | 30 m           | 2       | U    |
|              | C . 5     | 5,0 m               | 30 m           | 2       | U    |
|              | D . 11    | 5,0 m               | 30 m           | 2       | U    |
| E1.5         | B . 11    | 5,0 m               | 29 m           | 2       | U    |
| E1.6         | F . 11    | 4,5 m               | 29 m           | 2       | U    |
| E1.7         | F . 21    | 4,0 m               | 27 m           | 3       | U    |
| E2.4         | B . 21    | 5,0 m               | 30 m           | 2       | U    |
|              | F . 17    | 5,0 m               | 30 m           | 2       | U    |
|              | A . 5     | 5,0 m               | 30 m           | 2       | U    |
|              | B . 22    | 5,0 m               | 30 m           | 3       | U    |
|              | B . 16    | 5,0 m               | 30 m           | 4       | U    |
|              | B . 19.2  | 5,0 m               | 30 m           | 5       | U    |
|              | B . 24    | 4,5 m               | 29 m           | 3       | U    |
|              | E . 4     | 4,5 m               | 29 m           | 4       | U    |
|              | B . 6     | 4,5 m               | 29 m           | 2       | U    |
|              | C . 2     | 4,5 m               | 29 m           | 2       | U    |
| E2.5         | B . 1     | 4,5 m               | 29 m           | 2       | U    |
|              | B . 15    | 4,5 m               | 29 m           | 2       | U    |
|              | B . 7     | 4,5 m               | 29 m           | 4       | U    |
|              | E . 6     | 4,5 m               | 29 m           | 4       | U    |
|              | B . 8     | 4,5 m               | 29 m           | 5       | U    |
|              | B . 18    | 5,0 m               | 30 m           | 2       | U    |
|              | E . 7     | 5,0 m               | 30 m           | 2       | U    |
| D.2          | B . 9     | 5,0 m               | 30 m           | 2       | U    |
|              | D . 3     | 5,0 m               | 30 m           | 3       | U    |
|              | F . 22    | 5,0 m               | 30 m           | 3       | U    |
|              | E . 5     | 5,0 m               | 28 m           | 2       | U    |
| E2.7         | B . 31    | 5,0 m               | 28 m           | 2       | U    |
| D.6          | E . 8     | 4,5 m               | 25 m           | 2       | U    |
|              | C . 1     | 4,5 m               | 25 m           | 4       | U    |

Tabla 27- Nivel de potencia mínimo requerido para el Estudio II.II. Casos de 26,1W y 56W.

Hay que puntualizar que, en la tipología E1.2 todas las vías son de una longitud muy pequeña respecto de la vía B.12, y que por tanto B.12 se trata como una vía especial, por la que se ha podido instalar hasta 56W de lámpara respecto a los 26,1W del resto de vías de la tipología. Por ello en el Anexo IV. Dialux se especifican sus valores de forma independiente.

| TIPOLOGÍA E2 | ZONA . Nº | Posibilidad 4       |                |         |      |
|--------------|-----------|---------------------|----------------|---------|------|
|              |           | 87 W                |                |         |      |
|              |           | Altura punto de luz | Interdistancia | Nº Lum. | TIPO |
| E2.6         | F . 4     | 4,5 m               | 27 m           | 2       | U    |
| D.3          | F . 9     | 5,0 m               | 34 m           | 2       | U    |
|              | B . 3     | 5,0 m               | 34 m           | 2       | U    |
|              | C . 3     | 5,0 m               | 34 m           | 2       | U    |
|              | E . 12    | 5,0 m               | 34 m           | 3       | U    |
|              | B . 10    | 5,0 m               | 34 m           | 4       | U    |
|              | A . 6     | 5,0 m               | 34 m           | 6       | U    |
| D.4          | B . 17    | 4,5 m               | 30 m           | 3       | U    |
|              | D . 2     | 4,5 m               | 30 m           | 3       | U    |
|              | D . 6     | 4,5 m               | 30 m           | 4       | U    |
|              | B . 5     | 4,5 m               | 30 m           | 4       | U    |
|              | B . 26    | 4,5 m               | 30 m           | 4       | U    |
|              | D . 1     | 4,5 m               | 30 m           | 5       | U    |
| D.5          | F . 8     | 4,5 m               | 27 m           | 2       | U    |
|              | F . 5     | 4,5 m               | 27 m           | 2       | U    |
|              | F . 12    | 4,5 m               | 27 m           | 2       | U    |
|              | D . 9     | 4,5 m               | 27 m           | 2       | U    |
|              | D . 10    | 4,5 m               | 27 m           | 2       | U    |
|              | E . 10    | 4,5 m               | 27 m           | 3       | U    |
|              | E . 1     | 4,5 m               | 27 m           | 3       | U    |
|              | E . 3     | 4,5 m               | 27 m           | 4       | U    |
|              | E . 11    | 4,5 m               | 27 m           | 4       | U    |
|              | D . 8.1   | 4,5 m               | 27 m           | 4       | U    |
|              | C . 10    | 4,5 m               | 27 m           | 5       | U    |
|              | A . 11    | 4,5 m               | 27 m           | 5       | U    |
|              | C . 12    | 4,5 m               | 27 m           | 7       | U    |
|              | D . 5     | 4,5 m               | 27 m           | 8       | U    |
|              | A . 12    | 4,5 m               | 27 m           | 8       | U    |
| E1.8         | C . 4     | 5,0 m               | 27 m           | 3       | U    |
| E1.9         | A . 2     | 7,0 m               | 14 m           | 10      | B    |
|              | A . 4     | 7,0 m               | 16 m           | 8       | B    |
|              | A . 3     | 7,0 m               | 16 m           | 10      | B    |
| E2.8         | F . 6     | 5,0 m               | 27 m           | 3       | U    |
|              | F . 3     | 5,0 m               | 27 m           | 3       | U    |
| E2.9         | A . 7.2   | 5,0 m               | 11 m           | 8       | U    |
| E2.10        | F . 7     | 6,0 m               | 20 m           | 2       | U    |
| D,7          | F . 20    | 5,0 m               | 34 m           | 4       | U    |
|              | B . 2     | 5,0 m               | 34 m           | 5       | U    |
| D.8          | D . 4     | 5,0 m               | 30 m           | 5       | U    |
| D.9          | D . 7     | 4,5 m               | 21 m           | 11      | T    |

| TIPOLOGÍA E2 | ZONA . Nº | 207 W               |                |         |      |
|--------------|-----------|---------------------|----------------|---------|------|
|              |           | Altura punto de luz | Interdistancia | Nº Lum. | TIPO |
| P.1.1        | 0 . 1.1   | 9,5 m               | 44 m           | 33      | T    |
| P.1.2        | 0 . 1.2   | 10,0 m              | 34 m           | 3       | T    |
| P.1.3        | 0 . 1.3   | 9 m                 | 46 m           | 3       | T    |

Tabla 28- Nivel de potencia mínimo requerido para el Estudio II.II. Casos de 87W y 207W.

Con las interdistancias y la longitud de cada vía se establece el número de luminarias que se deberán instalar en cada vía, y por tanto la potencia total de la vía. Todo ello queda resumido en la siguiente tabla:

|         | POTENCIA EII.II |
|---------|-----------------|
| BRAZO   | 18,38 KW        |
| COLUMNA | 40,33 KW        |
| PRALES  | 31,40 KW        |
| TOTALES | 58,71 KW        |

Tabla 29- Potencia instalada (Estudio II.II).

Como se comprueba, se ha conseguido aumentar la potencia de la instalación respecto del Estudio II.I a costa de ver disminuida la eficiencia energética. Sin embargo a nivel general dicha disminución no ha variado excesivamente el nivel de calificación energética. Además se sabe que al disminuir el volumen de luminarias a instalar se espera reducir la inversión inicial necesaria, luego a priori esta podría ser la mejor opción a tomar, a expensas de estimar el valor de la inversión inicial.

### 3.6.2.3-Coste anual de Potencia

Se extrae el resultado del apartado 3.3.4, Anexo II. Cálculos de potencia y factura, y se resuelve que la factura asciende a:

| ESTUDIO II.II                       |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| FACTURA ANUAL ESTIMADA              |                    |
| PRECIO FACTURA ANUAL NETO (21% IVA) | <b>31.643,81 €</b> |

Tabla 30- Factura eléctrica del Estudio II.II.

Por tanto, la factura respecto del estudio anterior aumenta en aproximadamente 6000€/año. El factor determinante será por tanto comparar las inversiones iniciales de los distintos estudios y poder establecer una conclusión final.



## 4- RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Este punto último tiene como objeto mostrar una visión global de los resultados para poder así extraer las conclusiones finales atendiendo a cada uno de los factores involucrados en este proyecto.

### 4.1- Eficiencia energética

La siguiente tabla resume el factor de eficiencia energética y engloba a los cuatro estudios para la comparativa.

| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0 | E0           |              | EI           |              | EII.I          | EII.II         |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|----------------|
|                        | $I_{er}$ MIN | $I_{er}$ MAX | $I_{er}$ MIN | $I_{er}$ MAX | $I_{\epsilon}$ | $I_{\epsilon}$ |
| A.2.1                  | 0,47         | 0,70         | 0,95         | 1,40         | 4,56           | 2,62           |
| A.2.2                  | 0,50         | 0,78         | 1,08         | 1,60         | 5,30           | 2,13           |
| A.2.3                  | 0,63         | 1,14         | 1,45         | 2,43         | 4,46           | 2,59           |
| A.2.4                  | 0,75         | 0,81         | 1,69         | 1,87         | 4,88           | 6,46           |
| A.2.5                  | 0,84         | 1,26         | 2,08         | 2,95         | 5,04           | 4,01           |
| B.2.1                  | 0,51         | 0,81         | 1,08         | 1,71         | 5,33           | 3,06           |
| B.2.2                  | 0,59         | 1,00         | 1,34         | 2,12         | 6,53           | 3,92           |
| B.2.3                  | 0,63         | 0,99         | 1,45         | 2,12         | 4,42           | 5,55           |
| B.2.4                  | 0,69         | 1,26         | 1,67         | 2,73         | 4,88           | 3,05           |
| B.2.5                  | 0,93         | 1,01         | 2,33         | 2,55         | 3,46           | 3,11           |
| C.2.1                  | 0,53         | 0,69         | 1,63         | 2,41         | 3,02           | 2,67           |
| C.2.2                  | 0,65         | 0,68         | 2,02         | 2,54         | 2,44           | 1,55           |
| C.2.3                  | 0,70         | 0,87         | 1,66         | 2,89         | 2,55           | 1,16           |
| C.2.4                  | 0,77         | 0,98         | 1,55         | 1,81         | 2,20           | 1,23           |
| C.2.5                  | 0,93         | 1,32         | 2,19         | 3,18         | 2,28           | 1,10           |
| A.1.1                  | 1,30         | 1,30         | 3,21         | 3,21         | 3,44           | 2,90           |
| A.1.2                  | 1,28         | 1,97         | 3,61         | 4,68         | 3,87           | 3,17           |
| B.1.1                  | 0,75         | 1,12         | 1,99         | 2,59         | 5,90           | 3,87           |
| B.1.2                  | 1,20         | 1,24         | 2,30         | 2,65         | 3,87           | 3,17           |
| B.1.3                  | 0,86         | 0,87         | 1,87         | 1,92         | 2,17           | 2,43           |
| B.1.4                  | 1,21         | 1,22         | 3,80         | 3,93         | 4,14           | 3,47           |
| C.1.1                  | 0,76         | 0,84         | 1,95         | 2,37         | 3,30           | 1,35           |
| C.1.2                  | 1,36         | 1,38         | 1,55         | 1,81         | 1,69           | 1,36           |
| C.1.3                  | 1,01         | 1,05         | 2,46         | 3,26         | 1,50           | 1,21           |
| C.1.4                  | 1,14         | 1,36         | 2,65         | 3,48         | 1,30           | 0,85           |
| D1.1                   | 1,31         | 1,46         | 2,30         | 3,06         | 1,24           | 1,20           |
| D1.2                   | 1,14         | 1,17         | 2,37         | 2,48         | 1,46           | 1,38           |
| D1.3                   | 1,10         | 1,37         | 1,89         | 2,14         | 1,46           | 1,38           |
| D2                     | 1,89         | 1,89         | 5,61         | 5,61         | 7,37           | 5,88           |
| D3                     | 0,48         | 0,49         | 1,10         | 1,11         | 0,77           | 0,61           |
| D4                     | 0,41         | 0,42         | 1,34         | 1,40         | 1,33           | 1,20           |
| D5                     | 0,71         | 0,73         | 3,33         | 3,84         | 5,34           | 2,84           |
| D6                     | 0,69         | 1,16         | 2,60         | 3,26         | 1,31           | 1,18           |
| D7                     | 0,81         | 0,96         | 2,88         | 3,51         | 2,32           | 1,22           |
| D8                     | 0,70         | 0,77         | 2,33         | 2,57         | 2,20           | 1,20           |

Tabla 31- Resumen de clasificación energética según tipología y estudio.

La calificación energética de cada tipología comparada entre estudios quedaría como se muestra en la **tabla 32**.

| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0 | CALIFICACIÓN ENERGÉTICA |     |       |        |
|------------------------|-------------------------|-----|-------|--------|
|                        | EO                      | EI  | EII.I | EII.II |
| A.2.1                  | F-E                     | B-A | A     | A      |
| A.2.2                  | E-D                     | B-A | A     | A      |
| A.2.3                  | E-C                     | A   | A     | A      |
| A.2.4                  | D                       | A   | A     | A      |
| A.2.5                  | D-B                     | A   | A     | A      |
| B.2.1                  | E-D                     | B-A | A     | A      |
| B.2.2                  | E-C                     | A   | A     | A      |
| B.2.3                  | E-C                     | A   | A     | A      |
| B.2.4                  | E-B                     | A   | A     | A      |
| B.2.5                  | D-C                     | A   | A     | A      |
| C.2.1                  | E                       | A   | A     | A      |
| C.2.2                  | E                       | A   | A     | A      |
| C.2.3                  | E-D                     | A   | A     | A      |
| C.2.4                  | D-C                     | A   | A     | A      |
| C.2.5                  | D-B                     | A   | A     | B      |
| A.1.1                  | B                       | A   | A     | A      |
| A.1.2                  | B-A                     | A   | A     | A      |
| B.1.1                  | D-C                     | A   | A     | A      |
| B.1.2                  | B                       | A   | A     | A      |
| B.1.3                  | D                       | A   | A     | A      |
| B.1.4                  | B                       | A   | A     | A      |
| C.1.1                  | D                       | A   | A     | A      |
| C.1.2                  | B                       | A   | A     | A      |
| C.1.3                  | C                       | A   | A     | A      |
| C.1.4                  | C-B                     | A   | A     | C      |
| D1.1                   | A                       | A   | A     | A      |
| D1.2                   | A                       | A   | A     | A      |
| D1.3                   | A                       | A   | A     | A      |
| D2                     | A                       | A   | A     | A      |
| D3                     | D                       | B-A | A     | D      |
| D4                     | E                       | A   | A     | A      |
| D5                     | C-B                     | A   | A     | A      |
| D6                     | C-A                     | A   | A     | A      |
| D7                     | B-A                     | A   | A     | A      |
| D8                     | C-B                     | A   | A     | A      |

Tabla 32- Asignación de calificación energética por tipología y estudio.



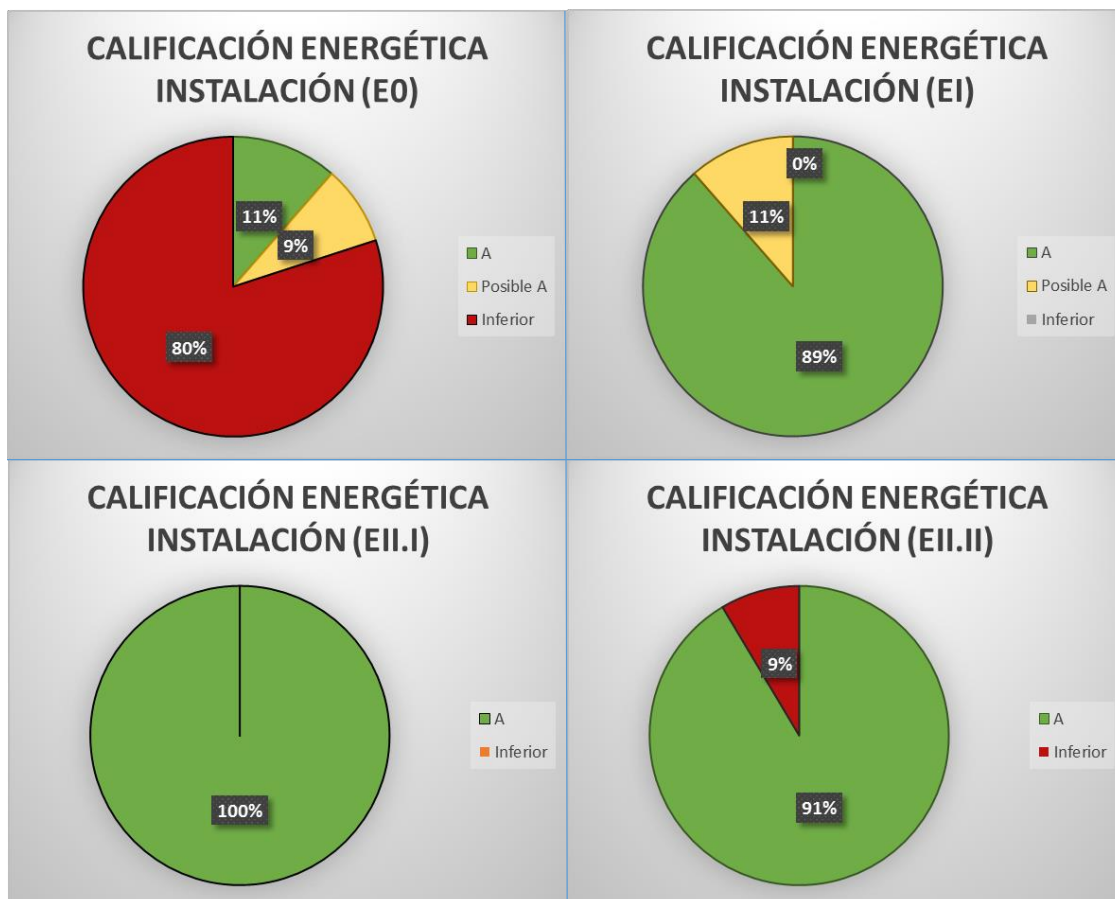


Ilustración 15- Comparativa de eficiencia energética entre estudios.

Como ya se preveía, existe un cambio significativo entre la instalación de vapor de sodio frente a la LED. Como se aprecia en la **Ilustración 17** únicamente cambiando el tipo de luminaria se conseguiría que un 87,5% de las vías calificadas como B o menor pasen a ser calificadas como A. Las posibles vías que están entre un valor (extremo inferior) y A no se ven apenas aumentadas. Así se conseguiría eliminar la mayoría de las vías que muestran una eficiencia energética pobre. Sin embargo el mejor caso como ya se había predicho sería el de la instalación II.I, propiamente pensada para optimizar la eficiencia energética. Aún se vería gran mejoría en el cuarto caso (Estudio II.II), a expensas de lo que se espera realmente del mismo (empeorar la eficiencia con tal de disminuir los costes de la inversión inicial que acarrea el Estudio II.I).

Además, un aspecto medioambiental presente en este estudio y del cual no se ha comentado nada todavía es el de la reducción de la contaminación o reducción del CO<sub>2</sub>. Tanto en España como en el resto de Europa y países de otros continentes se ha implantado una medida por la cual se establece un factor multiplicativo que expresa la cantidad equivalente de CO<sub>2</sub> por kilovatio hora que se vierte a la atmósfera y que Philips recoge en sus catálogos. A continuación se adjuntan los valores que se concluyen de cada uno de los estudios, dónde el menor de los valores implicará un mayor ahorro ambiental.

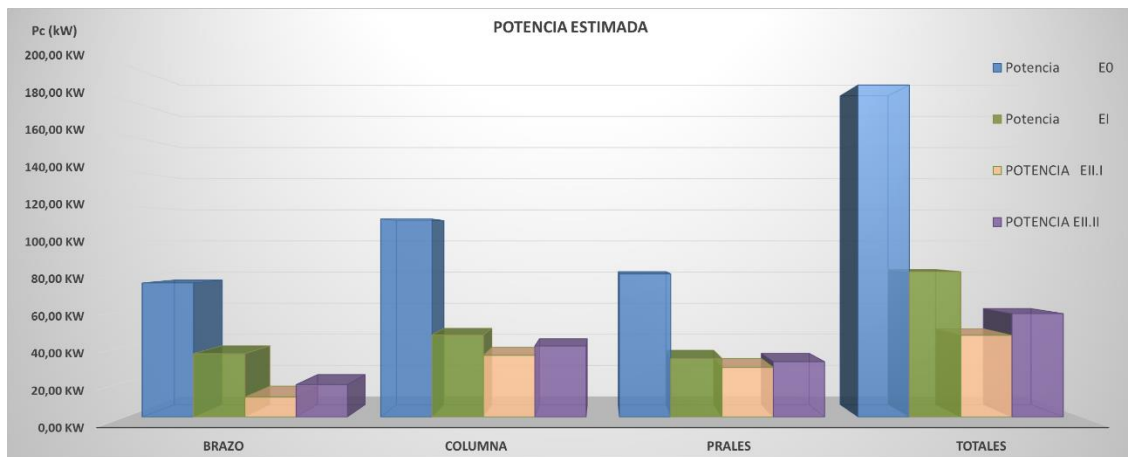
|                                | ESTUDIO 0        | ESTUDIO I        | ESTUDIO I.I     | ESTUDIO II.II    |
|--------------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| CO <sub>2</sub> Emisión (Kg) * | 479.149,0 Kg CO2 | 144.727,4 Kg CO2 | 81.276,0 Kg CO2 | 102.885,4 Kg CO2 |

\* 0,60 Kg/KWh

Gráfica 5- Emisiones de CO2 anuales según estudio.

## 4.2- Potencia y factura eléctrica

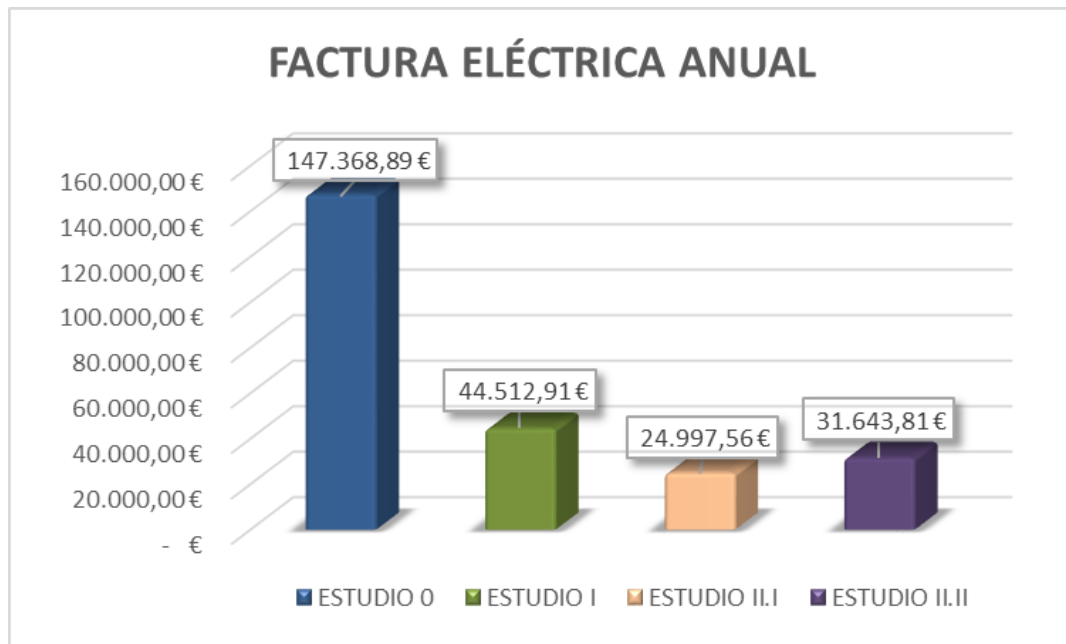
Se han unificado en la siguiente gráfica las potencias de cada una de las instalaciones.



Gráfica 6- Potencia estimada por instalación.

Como puede observarse los tres nuevos estudios contemplan una bajada significativa con respecto a la instalación inicial, fruto del efecto que suponen las lámparas LED en cuanto a la consecución de una reducción de potencia. El caso más favorable sería el del Estudio II.I, seguido de un Estudio II.II, que pese a aumentar la potencia no se queda lejos del valor más bajo. Además esto son los valores de potencia que consume cada una de las instalaciones, pero hay que recordar que en el Estudio 0 habría que tener en cuenta que la potencia de la instalación se contratará habiendo multiplicado por el factor de 1,8 que exige el *Reglamento de Baja Tensión (guía 09 del RBT)*.

Esto se podrá observar con mayor detalle comparando las facturas eléctricas anuales de cada uno de los estudios. En la siguiente

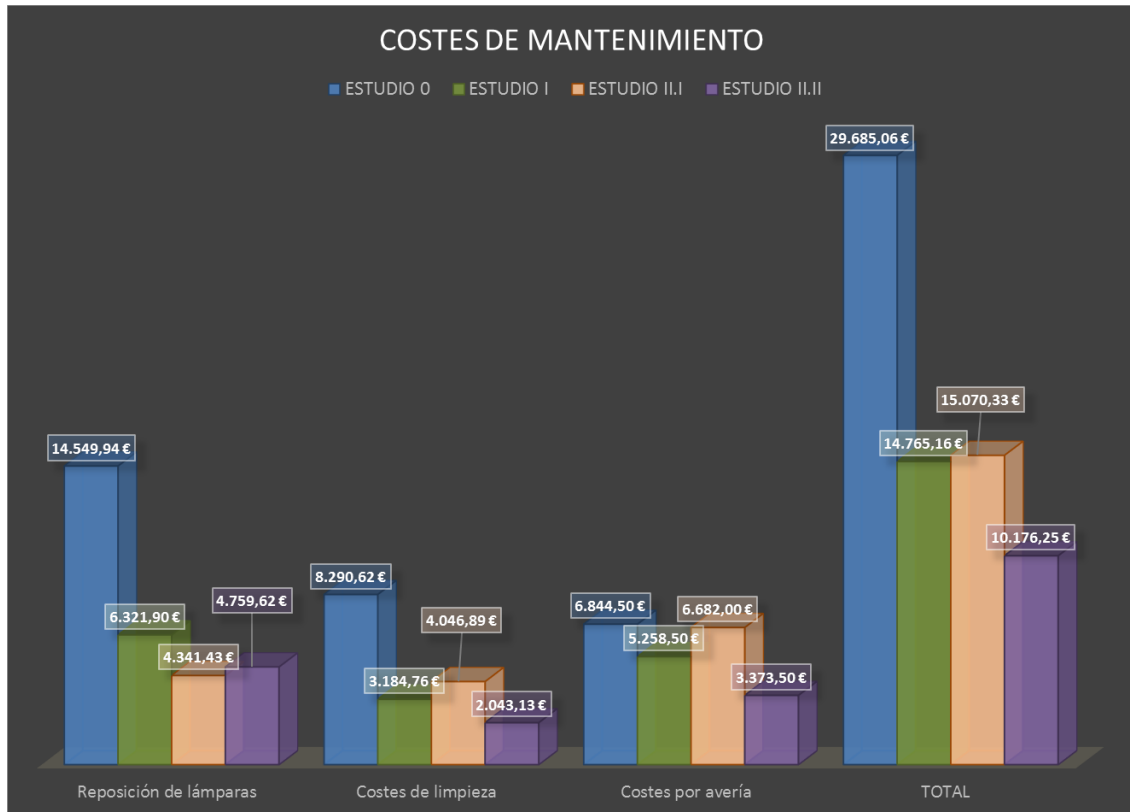


Gráfica 7- Costes por factura eléctrica anual de cada estudio.

De nuevo, el Estudio II.I se sitúa como el estudio más favorable de los cuatro, a expensas de cómo afectarán los costes de mantenimiento y el presupuesto. Los ahorros anuales de la factura junto con los ahorros (si existen) en costes de mantenimiento son los que se emplearán como beneficio relativo para poder estudiar si el retorno de la inversión o *payback* es suficientemente atractivo como para considerar dicho estudio como una solución adecuada por la que sopesar si podría merecer la pena realizar los cambios oportunos de instalación.

### 4.3- Costes de mantenimiento y limpieza

En la siguiente gráfica se resumen los costes de mantenimiento anuales por estudio.

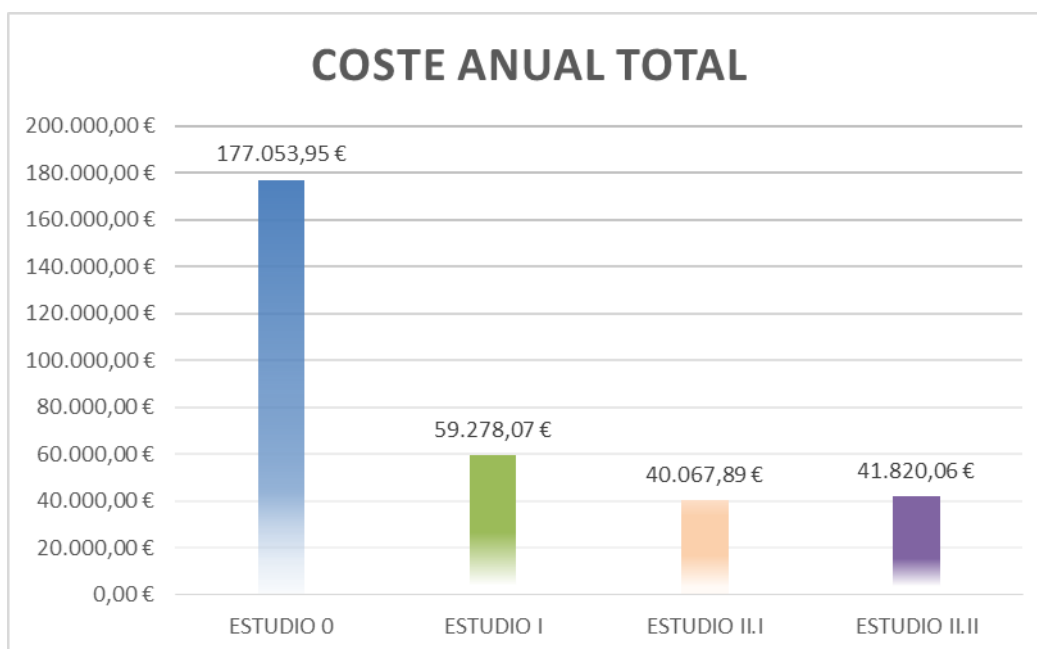


Gráfica 8- Comparativa de costes de mantenimiento según estudio.

A priori el Estudio II.II es el que necesitaría menor mantenimiento y por tanto el que permitiría conseguir un ahorro anual mayor en lo que a mantenimiento se refiere y comparado con los demás estudios. La diferencia entre el mantenimiento necesario para las lámparas de vapor de sodio y las lámparas LED queda visualmente recogido en esa **gráfica 6**.

#### 4.4- Presupuesto

A expensas de los resultados anteriores se procede a establecer los ahorros de costes anuales según estudio.



Gráfica 9- Comparativa de costes anuales según estudio.

Definitivamente el Estudio II.I es quien a priori supondría los menores costes anuales de entre los cuatro estudios. Este ahorro se considera como un beneficio relativo anual respecto de la instalación actual, dado que es lo que el Ayuntamiento se estaría ahorrando al año si decidiera modificar su instalación y tomar uno de los tres estudios comparativos. Por tanto, este beneficio queda resaltado en la siguiente tabla.

|                                 | ESTUDIO I           | ESTUDIO II.I        | ESTUDIO II.II       |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| <b>BENEFICIO ANUAL RELATIVO</b> | <b>117.775,88 €</b> | <b>136.986,06 €</b> | <b>135.233,89 €</b> |

Tabla 33- Beneficio anual respecto del coste anual que supone la instalación actual.

En el *Anexo IV. Presupuestos* se detallan los cálculos para la consecución de los costes totales de la inversión inicial de cada uno de los estudios. Dichos costes se incluyen también en la siguiente tabla:

| ESTUDIO 0     | ESTUDIO I              | ESTUDIO II.I           | ESTUDIO II.II          |
|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>0,00 €</b> | <b>-1.181.414,57 €</b> | <b>-2.797.075,12 €</b> | <b>-1.350.903,40 €</b> |

Tabla 34- Presupuestos generales según estudio.

A simple vista destaca el gran aumento de costes del presupuesto referente al Estudio II.I, motivado sin duda por el aumento del volumen de luminarias de la instalación con respecto a los demás estudios. El valor mínimo se conseguiría llevando a cabo la sustitución de luminarias del Estudio I, como ya se presuponía.

A continuación se realiza el retorno de inversión para cada uno de los tres nuevos estudios para poder ver de forma clara qué opción podría ser la más acertada.

| ESTUDIO I   |                 |                 |                 |               |               |               |               |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Nº AÑO      | 0               | 1               | 2               | 3             | 4             | 5             | 6             |
| Inv. Ini    | -1.181.414,57 € | -1.181.414,57 € | -1.063.638,69 € | -945.862,81 € | -828.086,94 € | -710.311,06 € | -592.535,18 € |
| Bº Relativo |                 | 117.775,88 €    | 117.775,88 €    | 117.775,88 €  | 117.775,88 €  | 117.775,88 €  | 117.775,88 €  |

| Nº AÑO      | 7             | 8             | 9             | 10            | 11           | 12           |  |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--|
| Inv. Ini    | -474.759,30 € | -356.983,43 € | -239.207,55 € | -121.431,67 € | -3.655,79 €  | 114.120,08 € |  |
| Bº Relativo | 117.775,88 €  | 117.775,88 €  | 117.775,88 €  | 117.775,88 €  | 117.775,88 € | 117.775,88 € |  |

Tabla 35- Payback del Estudio I.

Con los datos de que se han dispuesto en la consecución del presupuesto se prevé un retorno de la inversión a los **11 años y 12 días**.

| ESTUDIO II.I |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Nº AÑO       | 0               | 1               | 2               | 3               | 4               | 5               | 6               | 7               |
| Inv. Ini     | -2.797.075,12 € | -2.797.075,12 € | -2.660.089,06 € | -2.523.103,00 € | -2.386.116,93 € | -2.249.130,87 € | -2.112.144,81 € | -1.975.158,75 € |
| Bº Relativo  |                 | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    |

| Nº AÑO      | 8               | 9               | 10              | 11              | 12              | 13              | 14              | 15            |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Inv. Ini    | -1.838.172,68 € | -1.701.186,62 € | -1.564.200,56 € | -1.427.214,50 € | -1.290.228,43 € | -1.153.242,37 € | -1.016.256,31 € | -879.270,25 € |
| Bº Relativo | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    | 136.986,06 €    | 136.986,06 €  |

| Nº AÑO            | 16            | 17            | 18            | 19            | 20            | 21           | 22           |  |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--|
| Inversión Inicial | -742.284,19 € | -605.298,12 € | -468.312,06 € | -331.326,00 € | -194.339,94 € | -57.353,87 € | 79.632,19 €  |  |
| Bº Relativo       | 136.986,06 €  | 136.986,06 €  | 136.986,06 €  | 136.986,06 €  | 136.986,06 €  | 136.986,06 € | 136.986,06 € |  |

Tabla 36- Payback del Estudio II.I.

El retorno de la inversión en el caso II.I sería de **21 años, 5 meses y 3 días**, muy superior al anterior estudio.

| ESTUDIO II.II |                 |                 |                 |                 |               |               |               |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|
| Nº AÑO        | 0               | 1               | 2               | 3               | 4             | 5             | 6             |
| Inv. Ini      | -1.350.903,40 € | -1.350.903,40 € | -1.215.669,51 € | -1.080.435,62 € | -945.201,73 € | -809.967,84 € | -674.733,95 € |
| Bº Relativo   |                 | 135.233,89 €    | 135.233,89 €    | 135.233,89 €    | 135.233,89 €  | 135.233,89 €  | 135.233,89 €  |

| Nº AÑO      | 7             | 8             | 9             | 10            | 11           |  |  |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--|--|
| Inv. Ini    | -539.500,06 € | -404.266,17 € | -269.032,28 € | -133.798,39 € | 1.435,49 €   |  |  |
| Bº Relativo | 135.233,89 €  | 135.233,89 €  | 135.233,89 €  | 135.233,89 €  | 135.233,89 € |  |  |

Tabla 37- Payback del Estudio II.II.

Por último, el retorno de la inversión del Estudio II.II se produciría a los **10 años, 12 meses y dos días**.

Lo que se deduciría es que el retorno de inversión menor sería la mejor opción. Sin embargo hay que puntualizar que en los estudios II.I y II.II hay parte del presupuesto de un proyecto técnico que no se ha tenido en cuenta para los cálculos, y que por tanto esto no es más que un primer tanteo para dar una idea de hacia dónde se situarían cada uno de los presupuestos generales de cada estudio. Sin embargo sí podría ser una mejor aproximación el realizado por el Estudio I. Por tanto, como carácter general, el Estudio I es el que sería a simple vista el más atractivo para el Ayuntamiento, teniendo un retorno de la inversión inicial situado sobre los once años.

Ahora haría falta resumir cada uno de los factores en una única conclusión que pudiera sopesar los resultados de cada uno de esos factores de manera conjunta y esclarecer cuál sería la opción que realmente se llevaría a cabo.

## 4.5- Conclusiones

Como ya se ha ido viendo a lo largo del proyecto cada una de las distintas situaciones que se han analizado tenían como objetivo buscar la optimización de un factor en particular o del conjunto de factores tenidos en cuenta. El Estudio I se creaba como necesidad de actualización de la instalación cambiando lámparas a las de tipo LED y esperar unas mejoras de cuantía moderada a cambio de que supusiera un coste a priori desconocido y bajo la necesidad de que pudiera ser factible. Entonces el Estudio II se quería encargar de optimizar al máximo posible un tema tan actual como lo es la eficiencia energética y que ya empieza a formar parte de la sociedad. Sin embargo se esperaban unos costes de inversión elevados; ahí es donde se empezó a numerarlo como Estudio II.I y a integrar el Estudio II.II, surgido de la necesidad de reducir de alguna forma los costes tan altos a cambio de ver disminuida la mejora general de la instalación en otros aspectos.

Si se reúnen cada una de las elecciones tomadas a partir de los resultados de cada factor se obtiene una tabla como la que sigue:

|               | EFICIENCIA ENERGÉTICA | COSTES ANUALES<br>FACTURA | COSTES ANUALES<br>MANTENIMIENTO | COSTES ANUALES<br>(FACTURA,<br>MANTENIMIENTO) | PRESUPUESTO | PAYBACK |
|---------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------|---|-------------|---------|
| ESTUDIO 0     |                       |                           |                                 |   |             |         |
| ESTUDIO I     |                       |                           |                                 |   | X           | X       |
| ESTUDIO II.I  | X                     | X                         |                                 | X   |             |         |
| ESTUDIO II.II |                       |                           | X                               |   |             | O       |

|   |                              |
|---|------------------------------|
| X | Opción más óptima            |
| O | Mejor opción pero descartada |

Tabla 38- Señalización según factores de las soluciones tomadas.

Como se observa, es el Estudio II.II el que a priori es el más adecuado para la mayoría de los factores. Sin embargo, no sería una solución atractiva en la actualidad dada su altísima inversión inicial. Por ello aparece el Estudio II.II como una buena solución, aunque sin embargo no tan efectiva como lo esperado. Y es que, además del problema de no haber contabilizado costes adyacentes al presupuesto general, se observa que en el apartado de eficiencia energética (**ilustración 17**) sería preferible contar con una instalación como la del Estudio I, de las cuales el 89% de las vías cumplen con una calificación A y el restante 11% podría estar cerca, que la del Estudio II.II que aunque el 91% de la instalación sea de calificación A, el restante 9% son de calificación inferior.

Por tanto, se concluye que, de los casos estudiados el que se **aproxima** mejor a una **solución óptima** sería el que se identifica como **Estudio I**, con un único cambio de luminaria y lámparas de vapor de sodio a LED. Sin embargo es fácil, dados los resultados, pensar que una solución a mayor detalle en la que puedan combinarse distintos estudios podría ser mejor incluso que las opciones que se han tenido en cuenta en este proyecto. Realizar cambios sólo en aquellas tipologías que realmente lo necesiten y en otras aplicar otros estudios según conveniencia.



## DESARROLLO

También se pensó de cara al desarrollo futuro idear algún dispositivo capaz de percibir la ausencia o no de tráfico en una calle poco concurrida y reducir su flujo lumínico cuando no se hiciera uso de ella. Tras esa aproximación se procedería a interpolarla a una calle más transitada, siempre ofreciendo los niveles mínimos de iluminación. Una de las consideraciones de cara al futuro podría ser la de establecer, mediante un equipo electrónico compuesto por un sensor y receptores, un dispositivo tanto al principio como al final de la calle (si es de doble sentido) o sólo al principio (si es de sentido único) para detectar la intrusión de un vehículo en la calle. Con ello se podría establecer un mínimo de luminosidad en la calle y decidir aumentar el flujo si un vehículo aparece o disminuirlo si, transcurrido un tiempo, no vuelve a circular otro vehículo. La primera idea de contraste sería pensar que eso también lo podrían accionar peatones cruzando la calzada. Por ello podría establecerse un sensor de peso bajo la calzada con el objetivo de detectar cuándo un vehículo está pasando por encima y avisar al equipo electrónico de su inminente puesta en funcionamiento. Esto podría ser beneficioso para calles pequeñas con tráfico prácticamente nulo a altas horas de la noche. Además, considerando lo expuesto en el Real Decreto, se podría dejar una luminosidad mínima para cumplir con la seguridad del peatón o decidir eliminar cualquier aporte de luz en lo que podría ser una zona industrial o poligonal. El inconveniente más destacable que paraliza a día de hoy estas ideas en desarrollo es la situación económica y los altos costes que supondría instalar esta clase de tecnología. Sin embargo multinacionales como Philips que están situadas en la vanguardia de I+D podrían dar el salto mediante financiaciones y conseguir que en décadas todo ello pueda ser viable además de beneficioso.



## 4. BIBLIOGRAFÍA

### Normativa

- Este proyecto se ha realizado siguiendo el capítulo del **Real Decreto 1890/2008** (Mayo 2013) **de Eficiencia energética de alumbrado exterior**, y en concreto las siguientes Instrucciones Técnicas Complementarias:
  - ITC-EA-01. Eficiencia energética.
  - ITC-EA-02. Niveles de iluminación.
  - ITC-EA-03. Resplandor luminoso nocturno y luz intrusa o molesta
  - ITC-EA-06. Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones.
- Se cumplen también las *Normas Técnicas Municipales para Instalaciones de Alumbrado Público* de la **Ordenanza Municipal de Zaragoza** (publicado en el BOPZ nº 132 de 11/06/2003) exceptuando toda exigencia demandada para un proyecto técnico, al no tratarse este proyecto como tal.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. Aprobado por el **Real Decreto 842/2002** de 2 de Agosto (B.O.E. 18-Septiembre-2.002).

### Catálogos y tarifas

- **Tarifas de alumbrado público PHILIPS LIGHTNING**, de Diciembre de 2014 a Marzo de 2015. Consultado entre Diciembre de 2014 y Marzo de 2015.
- **Catálogo Indal PHILIPS** para columnas, brazos y luminaria. Consultado a Enero de 2015. (<http://www.indal-lighting.com/>)
- **Catálogo 22/2000 DESCARGA de ELT, 4ª Edición**. Consultado a Febrero de 2015.
- **Guía de producto. Iridium<sup>2</sup> e Iridium<sup>2</sup> LED**. Consultado a de Enero 2015. ([http://www.lighting.philips.es/pwc\\_li/es\\_es/connect/tools\\_literature/assets/pdfs/Guias\\_de\\_aplicacion/Iridium2\\_Product\\_Guide\\_ES.pdf](http://www.lighting.philips.es/pwc_li/es_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Guias_de_aplicacion/Iridium2_Product_Guide_ES.pdf))  
**Iridium<sup>2</sup> Large**  
([http://download.p4c.philips.com/l4bt/3/339664/iridium\\_large\\_339664\\_ffs\\_aen.pdf](http://download.p4c.philips.com/l4bt/3/339664/iridium_large_339664_ffs_aen.pdf))  
**Iridium<sup>2</sup> LED Large**  
([http://download.p4c.philips.com/l4bt/3/339654/iridium\\_led\\_large\\_339654\\_ffs\\_aen.pdf](http://download.p4c.philips.com/l4bt/3/339654/iridium_led_large_339654_ffs_aen.pdf))
- **Guía de producto. Napoleón 2000 portée**. Consultado a Enero de 2015. ([http://download.p4c.philips.com/l4bt/3/326396/napoleon\\_2000\\_porte\\_326396\\_ffs\\_aen.pdf](http://download.p4c.philips.com/l4bt/3/326396/napoleon_2000_porte_326396_ffs_aen.pdf))
- **Guía de producto y catálogo Jargeau 400 gen2 LED**. Consultado a Enero de 2015. ([http://www.lighting.philips.es/pwc\\_li/es\\_es/connect/tools\\_literature/assets/pdfs/HPB430.pdf](http://www.lighting.philips.es/pwc_li/es_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/HPB430.pdf))  
([http://download.p4c.philips.com/l4bt/4/425358/jargeau\\_400\\_gen2\\_led\\_425358\\_ffs\\_aen.pdf](http://download.p4c.philips.com/l4bt/4/425358/jargeau_400_gen2_led_425358_ffs_aen.pdf))
- **Lámparas de descarga vapor de sodio de alta presión, según catálogos OSRAM**. Consultado a Febrero de 2015.



([http://www.osram.es/osram\\_es/productos/lamparas/lamparas-de-descarga-de-alta-presion/lamparas-de-vapor-de-sodio-de-alta-presion-para-luminarias-abiertas-y-cerradas/index.jsp](http://www.osram.es/osram_es/productos/lamparas/lamparas-de-descarga-de-alta-presion/lamparas-de-vapor-de-sodio-de-alta-presion-para-luminarias-abiertas-y-cerradas/index.jsp))

- **Catálogo Luminotecnia Indalux, Capítulo 8** (2002).  
([http://www.construmatica.com/catalogo/08\\_lamparas\\_pdf/125827](http://www.construmatica.com/catalogo/08_lamparas_pdf/125827))
- **Catálogo de brazos y columnas, Indal Philips** (<http://www.indal-lighting.com/>). Consultado a Enero de 2015.
- **Base de datos Cype Ingenieros.** (<http://www.generadordeprecios.info/>)
- **Base de datos Construmática.** (<http://www.construmatica.com/bedec>)

## Enlaces web

- **Web oficial de Endesa.**  
([www.endesaonline.es](http://www.endesaonline.es))
- **Web relacionada con información útil sobre catálogo de lámparas, balastos y otros componentes.**  
(<http://www.voltimum.es>)
- **ELT. Especialidades luminotécnicas: Catalogo de la empresa de balastos ferromagnéticos.**  
(<http://www.elt.es>)
- **Información sobre la contaminación lumínica.**  
([http://www.opcc.cl/recursos/2011/3/opcc-otpc\\_guia.pdf](http://www.opcc.cl/recursos/2011/3/opcc-otpc_guia.pdf))  
([http://astrogea.org/celfosc/contaminacio\\_luminica.htm](http://astrogea.org/celfosc/contaminacio_luminica.htm))  
(<http://www.lineaverdemunicipal.com/consejos-ambientales/contaminacion-luminica.pdf>)
- **Información sobre calendario solar.**  
(<http://www.tutiempo.net/calendario-solar/>)
- **Avances y desarrollo del alumbrado desde sus orígenes.**  
(<http://www.sece.com/infosece/es/?id=123&tit=evolucion-de-alumbrado-publico>)

## Programas

- **Microsoft Excel v2013.**
- **Microsoft Word v2013.**
- **Adobe Acrobat Reader.**
- **Autodesk AutoCad v2014.**
- **Dialux, DIAL GmbH.**
- **Base de datos Arquímedes, versión estudiantes.** (<http://edu.cype.es/arquimedes/>)



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad** Zaragoza



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Estudio de viabilidad económica y eficiencia  
energética en una instalación de alumbrado público  
del Casco Antiguo de Zaragoza

Anexo I. Cálculos luminotécnicos

Autor:

Gabriel Gallo Stampino Martínez-Berganza

Director:

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2015





## Tabla de contenido

|  |    |
|--|----|
| 1- ESTUDIO 0. INSTALACIÓN ACTUAL .....                                     | 3  |
| 1.1- Definición y caracterización.....                                     | 3  |
| 1.2- Proceso de cálculos .....   | 3  |
| 1.2.1- Base del cálculo .....  | 3  |
| 1.2.2- Interdistancia.....   | 7  |
| 1.2.3- Desarrollo del cálculo en Dialux y consideraciones adicionales..... | 10 |
| 2- ESTUDIO I. INSTALACIÓN ACTUAL + LUMINARIA LED.....                      | 25 |
| 2.1- Definición y caracterización.....                                     | 25 |
| 2.2- Proceso de cálculos .....   | 25 |
| 2.2.1- Base del cálculo .....  | 25 |
| 2.2.2- Interdistancia.....   | 26 |
| 2.2.3- Desarrollo del cálculo en Dialux y consideraciones adicionales..... | 26 |
| 3- ESTUDIO II: CAMBIO TOTAL DE INSTALACIÓN + LED .....                     | 32 |
| 3.1- Definición y caracterización.....                                     | 32 |
| 3.2- Proceso de cálculos .....   | 33 |
| 3.2.1- Base de cálculo .....   | 33 |
| 3.2.2- Desarrollo del cálculo en Dialux y consideraciones adicionales..... | 38 |
| JUSTIFICACIONES PASEO ECHEGARAY Y CABALLERO .....                          | 44 |
| Generalidades.....   | 44 |
| Estudio 0 y Estudio I.....   | 44 |
| Estudio II .....   | 44 |



## 1- ESTUDIO 0. INSTALACIÓN ACTUAL

### 1.1- Definición y caracterización

Para este estudio se precisaba de información adquirible expresamente del Ayuntamiento de Zaragoza el cual, al no facilitar los datos necesarios, condena a dicho estudio a no disponer de información suficiente. Por tanto se debe considerar una estimación por medio de los siguientes términos que siguen:

- 1- La luminaria actual presente en la instalación de alumbrado público del casco antiguo de Zaragoza emplea VSAP (Vapor de Sodio Alta Presión). Al no disponer de las características de la luminaria se considerarán los cálculos por medio de una luminaria similar con potencias lo más ajustadas a las instaladas actualmente, según datos del Ayuntamiento de Zaragoza, siendo estas dichas aproximaciones:
  - a. Para las de 70 W se realizarán los cálculos con las de **80W**.
  - b. Para las de 150W se realizarán los cálculos con las de **169W**.
  - c. Para las de 250W se realizarán los cálculos con las de **270W**.
- 2- La luminaria escogida para los cálculos aproximados también deberá coincidir en un rango similar de flujo luminoso al de la luminaria instalada actual, para dar cierta validez en la aproximación de los cálculos. El flujo luminoso que presentan las lámparas de vapor de sodio de alta presión se corresponderían con un rango de valores similar al de la siguiente tabla.

Vapor de sodio alta presión elipsoidal capa difusa

| Potencia nominal | Flujo $\phi$ (lm) | Rendimiento Lm/W | Diámetro $\varnothing$ en mm | Longitud L en mm | Casquillo |
|------------------|-------------------|------------------|------------------------------|------------------|-----------|
| 50               | 3.500             | 70,00            | 70                           | 155              | E-27      |
| 70               | 5.600             | 80,00            | 70                           | 155              | E-27      |
| 100              | 10.000            | 100,00           | 75                           | 185              | E-40      |
| 150              | 14.000            | 93,33            | 90                           | 225              | E-40      |
| 250              | 25.000            | 100,00           | 90                           | 225              | E-40      |
| 400              | 47.000            | 117,50           | 120                          | 290              | E-40      |
| 1.000            | 128.000           | 128,00           | 165                          | 400              | E-40      |

Ilustración 1- Flujo luminoso según potencia de lámparas VSAP, Indalux (2002).

- 3- La potencia instalada será de normal dada según los siguientes criterios:
  - a. Las calles peatonales tendrán una instalación de 80W por punto de luz.
  - b. Las calles con tráfico rodado de velocidad reducida: se considerará una instalación de 169W por punto de luz.
  - c. Las calles de alto flujo peatonal podrán ser consideradas como las del apartado b, exceptuando la calle 0.1 (Paseo Echegaray y Caballero).

### 1.2- Proceso de cálculos

#### 1.2.1- Base del cálculo

Lo necesario es extraer del archivo CAD toda la información perteneciente a cada una de las calles, según viene listada a continuación:

- a. Nombre de calle.
  - b. Anchura media de calle, anchura media de calzada, longitud media de calle.  
  
Todas las medidas son meras aproximaciones dado que es casi imposible obtener un valor único y preciso al existir un amplio margen de medidas que sugieren la dispersión de la medida.
  - c. Tipo de calle (E1, E2, D3-D4, B1). Se explica en la *Memoria*.
  - d. Posición de la luminaria (Fachada, Columna)
  - e. Interdistancia (diferenciando entre la mínima y la máxima de cada calle).
  - f. Nº de luminarias asociadas a cada calle.
  - g. Rango de interdistancias según tipología, tanto mínima como máxima.
- I. Lo primero será establecer una tipología específica. Se procede a agrupar las vías según los siguientes grupos:

**A.1- Tipo peatonal I (poste).**

*Calles peatonales con luminaria instalada en columna.*

**A.2- Tipo peatonal II (fachada).**

*Calles peatonales con luminaria instalada mediante brazo a fachada.*

**B.1- Tipo peatonal de tráfico restringido (poste).**

*Calles peatonales con restricción al paso de vehículos y con luminaria instalada en columna.*

**B.2- Tipo peatonal de tráfico restringido (fachada).**

*Calles peatonales con restricción al paso de vehículos y con luminaria instalada mediante brazo en fachada.*

**C.1- Tipo tráfico lento I (poste).**

*Calles de tráfico de vehículos reducido y con luminaria instalada en columna.*

**C.2- Tipo tráfico lento II (fachada).**

*Calles de tráfico de vehículos reducido y con luminaria instalada mediante brazo en fachada.*

**D- Tipo especial.**

*Calles de gran importancia por su aspecto cultural, comercial o por su elevado tráfico de peatones o vehículos, o con alguna singularidad.*

- II. La siguiente subclase se establece mediante el siguiente criterio:

Se numeran desde 1 hasta acabar con el tipo de calle correspondiente a lo descrito en el punto 1 según el ancho medio de cada calle. Puntualizar que aquellas calles con medidas similares se han anexo al mismo grupo teniendo en cuenta como anchura media de calle la anchura más restrictiva (mayor). De esta forma quedaría de la siguiente manera:





| TIPOLOGÍA |   | ZONA . Nº | Nombre (C/)        | Anchura media | Anchura calzada | Long. Calle | TIPO CALLE | Distribución de luminaria |
|-----------|---|-----------|--------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|---------------------------|
| A.2       | 1 | C . 7     | José de la Hera    | 2,0 m         | x               | 57 m        | E1         | FACHADA                   |
|           |   | F . 1     | Torrejón           | 2,5 m         | x               | 39 m        |            |                           |
|           |   | C . 8     | Lucero             | 3,0 m         | x               | 27 m        |            |                           |
|           |   | F . 16    | Estudios P.2       | 3,0 m         | x               | 27 m        |            |                           |
|           |   | F . 2     | Órgano             | 3,0 m         | x               | 32 m        |            |                           |
|           |   | E . 9     | Gavín P.2          | 3,0 m         | x               | 33 m        |            |                           |
|           |   | F . 13    | San Lorenzo P.3    | 3,0 m         | x               | 36 m        |            |                           |
|           | 2 | C . 6     | R.Jordán de Urriés | 3,0 m         | x               | 59 m        |            |                           |
|           |   | B . 12    | Jussepe Martínez   | 3,5 m         | x               | 134 m       |            |                           |
|           |   | B . 34    | Cinegio            | 4,0 m         | x               | 37 m        |            |                           |
|           |   | B . 13    | Virgenes           | 4,0 m         | x               | 41 m        |            |                           |
|           |   | B . 35    | Mártires           | 4,0 m         | x               | 60 m        |            |                           |
|           |   | A . 7.1   | Santiago P1        | 4,0 m         | x               | 126 m       |            |                           |
|           | 3 | B . 20    | San Félix          | 5,0 m         | x               | 56 m        |            |                           |
|           |   | C . 5     | Sn. Valero         | 5,5 m         | x               | 36 m        |            |                           |
|           |   | D . 11    | José Pardo Sastrón | 5,5 m         | x               | 52 m        |            |                           |
|           | 4 | B . 11    | Don Pedro Atarés   | 6,0 m         | x               | 35 m        |            |                           |
|           |   | F . 11    | Pelegrín           | 6,8 m         | x               | 46 m        |            |                           |
|           | 5 | F . 21    | Plaza San Carlos   | 8,5 m         | x               | 69 m        |            |                           |

| TIPOLOGÍA |   | ZONA . Nº | Nombre (C/)            | Anchura media   | Anchura calzada | Long. Calle | TIPO CALLE | Distribución de luminaria |
|-----------|---|-----------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------|------------|---------------------------|
| B.2       | 1 | F . 19    | Zarza                  | 2,5 m           | x               | 25 m        | E2         | FACHADA                   |
|           |   | F . 18    | Espino                 | 3,0 m           | x               | 30 m        |            |                           |
|           |   | F . 15    | Estudios P.1           | 3,0 m           | x               | 40 m        |            |                           |
|           |   | B . 4     | Callejón Once Esquinas | 3,5 m           | x               | 17 m        |            |                           |
|           |   | A . 9     | Damián Forment         | 3,5 m           | x               | 43 m        |            |                           |
|           |   | A . 10    | Francisco Bayeu        | 3,5 m           | x               | 43 m        |            |                           |
|           |   | F . 10    | San Cristobal          | 3,5 m           | x               | 50 m        |            |                           |
|           |   | F . 14    | San Lorenzo P.4        | 3,5 m           | x               | 82 m        |            |                           |
|           |   | B . 14    | Santa Cruz             | 3,5 m           | x               | 137 m       |            |                           |
|           | 2 | A . 8     | Fray Luis Cebrián      | 4,0 m           | x               | 45 m        |            |                           |
|           |   | B . 23    | Felipe Perena          | 4,0 m           | x               | 65 m        |            |                           |
|           |   | B . 30    | Libertad               | 4,0 m           | x               | 108 m       |            |                           |
|           |   | B . 33    | Cuatro de Agosto       | 4,0 m           | x               | 157 m       |            |                           |
|           |   | B . 27    | Torresecas             | 4,5 m           | x               | 45 m        |            |                           |
|           |   | B . 28    | Desengaño              | 4,5 m           | x               | 45 m        |            |                           |
|           |   | B . 29    | Estébans               | 4,5 m           | x               | 136 m       |            |                           |
|           | 3 | B . 21    | Antón Trillo           | 5,0 m           | x               | 45 m        |            |                           |
|           |   | F . 17    | Marqués de Lazan       | 5,0 m           | x               | 50 m        |            |                           |
|           |   | A . 5     | Danzas / Virgen        | 5,0 m           | x               | 59 m        |            |                           |
|           |   | B . 22    | Bureta - Paraíso       | 5,0 m           | x               | 70 m        |            |                           |
|           |   | B . 16    | Torrenueva P.1         | 5,0 m           | x               | 98 m        |            |                           |
|           |   | B . 19.2  | Casto Méndez Núñez P2  | 5,0 m           | x               | 125,0 m     |            |                           |
|           | 4 | B . 24    | Morata                 | 5,5 m           | x               | 85 m        |            |                           |
|           |   | E . 4     | Gavín P.1              | 5,5 m           | x               | 88 m        |            |                           |
|           |   | B . 6     | Olmo                   | 6,0 m           | x               | 34 m        |            |                           |
|           |   | C . 2     | Sepulcro P.1           | 6,0 m           | x               | 38 m        |            |                           |
|           |   | B . 1     | Buen Pastor            | 6,0 m           | x               | 47 m        |            |                           |
|           |   | B . 15    | San Voto               | 6,0 m           | x               | 50 m        |            |                           |
|           |   | B . 7     | Ciprés                 | 6,0 m           | x               | 92 m        |            |                           |
|           |   | E . 6     | José Palafox P.3       | 6,0 m           | x               | 100 m       |            |                           |
|           |   | B . 8     | Temple                 | 6,0 m           | x               | 125 m       |            |                           |
|           |   | 5         | F . 4                  | Universidad P.2 | 10,0 m          | x           |            |                           |



| TIPOLOGÍA | ZONA . Nº | Nombre (C/)                       | Anchura media | Anchura calzada | Long. Calle | TIPO CALLE | Distribución de luminaria |
|-----------|-----------|-----------------------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|---------------------------|
| C.2       | 1         | C . 11 Cedro                      | 4,0 m         | 3,0 m           | 20 m        | D3-D4      | FACHADA                   |
|           |           | B . 32 Blasón Aragonés            |               |                 | 55 m        |            |                           |
|           |           | C . 9 Diego Dormer                |               |                 | 97 m        |            |                           |
|           | 2         | B . 18 El Pinar                   | 5,0 m         | 3,0 m           | 40 m        |            |                           |
|           |           | E . 7 Trinidad                    |               |                 | 42 m        |            |                           |
|           |           | B . 9 Maestro Luna                |               |                 | 44 m        |            |                           |
|           |           | D . 3 Hermanos Argensola          |               |                 | 60 m        |            |                           |
|           |           | F . 22 Santo Dominguito Val P.2   |               |                 | 76 m        |            |                           |
|           | 3         | F . 9 Cortesías                   | 6,0 m         | 3,0 m           | 36 m        |            |                           |
|           |           | B . 3 Francisco Loscos            |               |                 | 41 m        |            |                           |
|           |           | C . 3 Arcedianos                  |               |                 | 42 m        |            |                           |
|           |           | E . 12 Torrellas                  |               |                 | 74 m        |            |                           |
|           |           | B . 10 Contamina                  |               |                 | 126 m       |            |                           |
|           |           | A . 6 Prudencio                   |               |                 | 190 m       |            |                           |
|           | 4         | B . 17 Torrenueva P.2             | 8,0 m         | 3,5             | 66 m        |            |                           |
|           |           | D . 2 San Juan y San Pedro        |               |                 | 70 m        |            |                           |
|           |           | D . 6 San Andrés                  |               |                 | 95 m        |            |                           |
|           |           | B . 5 Miguel Molino - San Braulio |               |                 | 97 m        |            |                           |
|           |           | B . 26 Agustines - Fuenclara      |               |                 | 116 m       |            |                           |
|           | 5         | D . 1 Refugio                     | 10,0 m        | 3,5 m           | 130 m       |            |                           |
|           |           | F . 8 Pedro C. Ramirez            |               |                 | 35 m        |            |                           |
|           |           | F . 5 Mayor P.2                   |               |                 | 36 m        |            |                           |
|           |           | F . 12 San Lorenzo P.2            |               |                 | 36 m        |            |                           |
|           |           | D . 9 Sto Dominguito de Val P.1   |               |                 | 46 m        |            |                           |
|           |           | D . 10 Eusebio Blasco             |               |                 | 48 m        |            |                           |
|           |           | E . 10 Universidad P.1            |               |                 | 58 m        |            |                           |
|           |           | E . 1 Boterón                     |               |                 | 62 m        |            |                           |
|           |           | E . 3 Don Teobaldo                |               |                 | 82 m        |            |                           |
|           |           | E . 11 Don Juan de Aragón P.2     |               |                 | 86 m        |            |                           |
|           |           | D . 8.1 Pedro Joaquín Soler P2    |               |                 | 105 m       |            |                           |
|           |           | C . 10 Don Juan de Aragón P.1     |               |                 | 115 m       |            |                           |
|           |           | A . 11 Manifestación              |               |                 | 129 m       |            |                           |
|           |           | C . 12 Mayor P.1                  |               |                 | 167 m       |            |                           |
|           |           | D . 5 San Jorge P.1               |               |                 | 212 m       |            |                           |
|           |           | A . 12 Espoz y Mina               |               |                 | 213 m       |            |                           |
| TIPOLOGÍA | ZONA . Nº | Nombre (C/)                       | Anchura media | Anchura calzada | Long. Calle | TIPO CALLE | Distribución de luminaria |
| A.1       | 1         | A . 2 Jardiel                     | 17,0 m        | x               | 69 m        | E1         | POSTE                     |
|           |           | A . 3 M.Calanda                   | 17,5 m        | x               | 69 m        |            |                           |
|           |           | A . 4 X.Embun                     | 17,5 m        | x               | 59 m        |            |                           |
|           | 2         | C . 4 José Palafox P.1            | 10,0 m        | x               | 75 m        |            |                           |
| B.1       | 1         | E . 5 José Palafox P.2            | 8,0 m         | x               | 31 m        | E2         | POSTE                     |
|           |           | B . 31 José Pellicer Ossau        |               | x               | 55 m        |            |                           |
|           | 2         | F . 6 Mayor P.3                   | 10,0 m        | x               | 58 m        |            |                           |
|           |           | F . 3 Martín Carrillo             |               | x               | 65 m        |            |                           |
|           | 3         | A . 7.2 Santiago P.2              | 12,0 m        | x               | 80 m        |            |                           |
|           | 4         | F . 7 Mayor P.4                   | 15,0 m        | x               | 34 m        |            |                           |
| C.1       | 1         | C . 1 Mundir I                    | 7,0 m         | 3,0 m           | 83 m        | D3-D4      | POSTE                     |
|           |           | E . 8 Pedro Liñán                 |               |                 | 45 m        |            |                           |
|           | 2         | F . 20 San Jorge P.2              | 8,0 m         | 3,5 m           | 123 m       |            |                           |
|           |           | B . 2 Santa Isabel                | 8,0 m         | 3,5 m           | 150 m       |            |                           |
|           | 3         | D . 4 San Lorenzo P.1             | 10,0 m        | 3,5 m           | 145 m       |            |                           |
|           | 4         | D . 7 Verónica                    | 15,0 m        | 7,0 m           | 111 m       |            |                           |
|           | 5.1       | A . 1.1 Salduba lado izdo         | 17,0 m        | 7,0 m           | 98 m        |            |                           |
|           | 5.2       | A . 1.2 Salduba lado dcho         | 17,0 m        | 7,0 m           | 98 m        |            |                           |

| TIPOLOGÍA | ZONA . Nº | Nombre (C/)                    | Anchura media | Anchura calzada | Long. Calle | TIPO CALLE | Distribución de luminaria |
|-----------|-----------|--------------------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|---------------------------|
| D         | 1         | 0 . 1.1 Paseo Echegaray P1     | 28,0 m        | 10,0 m          | 720 m       | B1         | POSTE                     |
|           |           | 0 . 1.2 Paseo Echegaray P2     | 28,0 m        | 14,0 m          | 51 m        |            | POSTE                     |
|           |           | 0 . 1.3 Paseo Echegaray P3     | 20,5 m        | 14,0 m          | 60 m        |            | POSTE                     |
|           | 2         | 0 . 2 Alfonso                  | 12,0 m        | x               | 410 m       | B1         | POSTE                     |
|           | 3         | 0 . 3 Don Jaime                | 12,0 m        | 3,5 m           | 550 m       | B1         | POSTE                     |
|           | 4         | 0 . 4 San Vicente de Paúl      | 15,0 m        | 8,0 m           | 540 m       | B1         | POSTE                     |
|           | 5         | B . 25 Galo Ponte              | 8,0 m         | x               | 70 m        | E2         | POSTE                     |
|           | 6         | D . 8.2 Pedro Joaquín Soler    | 15,0 m        | 5,0 m           | 40 m        | D3-D4      | POSTE                     |
|           | 7         | E . 2 Sepulcro P.2             | 10,0 m        | 3,5 m           | 120 m       | D3-D4      | POSTE                     |
|           | 8         | B . 19.1 Casto Méndez Núñez P1 | 8,0 m         | 3,5 m           | 43,0 m      | D3-D4      | FACHADA                   |

Tabla 1 – Tipología de vías según Estudio 0.

### Distribución de las luminarias (Unilateral, Tresbolillo, Bilateral)

En cada agrupación o tipología se considerará una calle como calle tipo sobre la que realizar los cálculos, que serán válidos para cada una de las calles que la componen. Dichas calles vienen señaladas en color rojo en la **tabla 1**. Justificar que la asignación de la calle tipo de cada tipología se realiza de forma aleatoria sin seguir más criterio que el de importancia de vía o el de mayor longitud de calle indiferentemente.

Sin embargo, a la hora de realizar la selección de la calle tipo hay que tener en cuenta que no sería lo mismo escoger una calle cuya distribución sea unilateral de otra cuya instalación sea al tresbolillo. Es sencillo comprender que en aquella al tresbolillo presentará un peor índice energético debido a que, bajo la misma superficie de estudio, se esté empleando mayor potencia que en el caso unilateral y se consigue una peor uniformidad. Además, cabría destacar que dicha distribución no es necesaria en este tipo de calles dentro de un casco antiguo, donde es sencillo cumplir con los niveles de luminosidad exigidos sin necesidad de recurrir a una distribución al tresbolillo. Sin embargo se dan estos casos debido a que la empresa instaladora o el mismo Ayuntamiento quisieron aumentar innecesariamente la luminosidad de la vía por una cuestión meramente estética. Por tanto, de cada tipología, la calle escogida deberá tener una distribución unilateral si fuera posible, tresbolillo si fuera única en su agrupación o si todas las calles de la tipología así lo fueran, o a bilateral en caso de calle única o si todas las calles de la tipología así lo fueran.

### 1.2.2- Interdistancia

La eficiencia energética depende de factores como la iluminancia media, la superficie de cálculo y la potencia empleada en dicha superficie según la siguiente fórmula:

$$\varepsilon = \frac{E_m(\text{lux}) \cdot \text{Sup}_{C/R}(\text{m}^2)}{\text{Pot}(\text{W})} \quad \text{Ec.1}$$

La interdistancia entre luminarias del mismo margen de la calle está directamente relacionado con dicha superficie de cálculo S,

$$S = I \cdot H \quad \text{Ec.2}$$

Dónde *I* es la interdistancia entre luminarias y *H* la anchura de la superficie (normalmente la anchura de la vía).

En el análisis de este proyecto, los valores de interdistancia por cada vía son variables debido a la distribución irregular de la luminaria, afectada por obstáculos que no permiten la instalación como se había calculado teóricamente. Pese a que lo correcto sería dividir cada una de las vías en tramos y valorar dichos tramos por separado para luego realizar un cálculo total de cada vía, en este proyecto se propone realizar un método mucho más rápido e igual de eficaz. Dicho método consistiría en establecer un rango de valores de interdistancia de forma que cada una de las interdistancias de las vías que compongan una tipología esté comprendida en dicho rango, pudiendo así justificar la validez de los resultados posteriores.

Como queda definido en el *apartado e (1.2.1)* habrá que extraer la información referente a las interdistancias mínima y máxima de cada una de las vías que componen la superficie de estudio.

### RANGO DE INTERDISTANCIA

Dada la catalogación realizada en el *punto 2 (1.2.1)* se procede a medir las distancias entre luminarias de cada vía estableciendo un mínimo y un máximo. Para cada tipología se realizará el rango mediante la función *Min (tipología)* y *Max (tipología)* con objeto de establecer ese rango.

Una vez determinado el rango dado por cartografía (AutoCAD) de forma aproximada, se procede a crear un archivo *Dialux* con dicho ancho de calle y demás configuraciones y a comprobar en el análisis que cumple con el rango establecido previamente (de esta forma la luminaria seleccionada cumpliría para todas las calles del grupo).

Se observó que muchas de las interdistancias empleadas para los cálculos en *Dialux* no se podían corresponder con las configuraciones estándar que presentaban otras calles similares. Por tanto se investigó cómo era posible que en el plano hubiera una distribución de luminarias que no cumpliera con el Real Decreto vigente (ver *Memoria. Normativa*). Con la ayuda de Google Maps y bajo el criterio visual *in situ* se verificó que muchas de las luminarias del plano no se correspondían con la posición real, o habían sido eliminadas, o modificadas en número o distribución. Esto implicaba que la veracidad de la instalación descrita en el plano estaba en entredicho. Por ello la solución que se tomó fue la de investigar y actualizar aquellas vías que no se correspondían con valores coherentes de interdistancias mínima y máxima comparándolas con el resto de vías de la tipología en cuestión. Aquellas que se modificaron se incluyen en los *planos nº2.x de Anexo VII. Planos* y se remarcan en color fucsia en la siguiente tabla junto con las interdistancias calculadas para cada vía y cada tipología y la disposición de las luminarias por vía:



| Estudio 0: TIPO |   | ZONA . Nº | Nombre (C/)                 | Anchura media | Anchura calzada | Long. Calle | TIPO CALLE | Posición de luminaria | Interdistancia |     | Rango CAD |     | Disposición de luminarias |
|-----------------|---|-----------|-----------------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|-----------------------|----------------|-----|-----------|-----|---------------------------|
|                 |   |           |                             |               |                 |             |            |                       | Mín            | Máx | Mín       | Máx |                           |
| A.2             | 1 | C . 7     | José de la Hera             | 2,0 m         | x               | 57 m        | E1         | FACHADA               | 17             | 21  | 12        | 26  | U                         |
|                 |   | F . 1     | Torrejón                    | 2,5 m         | x               | 39 m        |            |                       | 12             | 26  |           |     | U                         |
|                 |   | C . 8     | Lucero                      | 3,0 m         | x               | 27 m        |            |                       | 15             | 15  |           |     | U                         |
|                 |   | F . 16    | Estudios P.2                | 3,0 m         | x               | 27 m        |            |                       | 18             | 18  |           |     | U                         |
|                 |   | F . 2     | Órgano                      | 3,0 m         | x               | 32 m        |            |                       | 19             | 19  |           |     | U                         |
|                 |   | E . 9     | Gavin P.2                   | 3,0 m         | x               | 33 m        |            |                       | 22             | 22  |           |     | U                         |
|                 |   | F . 13    | San Lorenzo P.3             | 3,0 m         | x               | 36 m        |            |                       | 21             | 21  |           |     | U                         |
|                 |   | C . 6     | R.Jordán de Urriés          | 3,0 m         | x               | 59 m        |            |                       | 13             | 16  |           |     | U                         |
|                 | 2 | B . 12    | Jussepe Martínez            | 3,5 m         | x               | 134 m       |            |                       | 16             | 20  | 10        | 26  | U                         |
|                 |   | B . 34    | Cinegío                     | 4,0 m         | x               | 37 m        |            |                       | 10             | 16  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 13    | Virgenes                    | 4,0 m         | x               | 41 m        |            |                       | 24             | 24  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 35    | Mártires                    | 4,0 m         | x               | 60 m        |            |                       | 17             | 24  |           |     | U                         |
|                 |   | A . 7.1   | Santiago P1                 | 4,0 m         | x               | 126 m       |            |                       | 10             | 26  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 20    | San Félix                   | 5,0 m         | x               | 56 m        |            |                       | 18             | 28  |           |     | U                         |
|                 | 3 | C . 5     | Sn. Valero                  | 5,5 m         | x               | 36 m        |            |                       | 10             | 19  | 10        | 28  | U                         |
|                 |   | D . 11    | José Pardo Sastrón          | 5,5 m         | x               | 52 m        |            |                       | 15             | 16  |           |     | U                         |
|                 | 4 | B . 11    | Don Pedro Atarés            | 6,0 m         | x               | 35 m        |            |                       | 13             | 13  | 8         | 14  | U                         |
|                 |   | F . 11    | Pelegrín                    | 6,8 m         | x               | 46 m        |            |                       | 8              | 14  |           |     | T                         |
|                 | 5 | F . 21    | Plaza San Carlos            | 8,5 m         | x               | 69 m        |            |                       | 9              | 19  | 9         | 19  | U                         |
| B.2             | 1 | F . 19    | Zarza                       | 2,5 m         | x               | 25 m        | E2         | FACHADA               | 10             | 15  | 9         | 28  | U                         |
|                 |   | F . 18    | Espino                      | 3,0 m         | x               | 30 m        |            |                       | 28             | 28  |           |     | U                         |
|                 |   | F . 15    | Estudios P.1                | 3,0 m         | x               | 40 m        |            |                       | 10             | 17  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 4     | Callejón Once Esquinas      | 3,5 m         | x               | 17 m        |            |                       | 24             | 24  |           |     | U                         |
|                 |   | A . 9     | Damián Forment              | 3,5 m         | x               | 43 m        |            |                       | 25             | 25  |           |     | U                         |
|                 |   | A . 10    | Francisco Bayeu             | 3,5 m         | x               | 43 m        |            |                       | 9              | 14  |           |     | U                         |
|                 |   | F . 10    | San Cristobal               | 3,5 m         | x               | 50 m        |            |                       | 18             | 24  |           |     | U                         |
|                 |   | F . 14    | San Lorenzo P.4             | 3,5 m         | x               | 82 m        |            |                       | 11             | 15  |           |     | U                         |
|                 | 2 | B . 14    | Santa Cruz                  | 3,5 m         | x               | 137 m       |            |                       | 21             | 21  | 9         | 27  | U                         |
|                 |   | A . 8     | Fray Luis Cebrián           | 4,0 m         | x               | 45 m        |            |                       | 20             | 23  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 23    | Felipe Perena               | 4,0 m         | x               | 65 m        |            |                       | 9              | 20  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 30    | Libertad                    | 4,0 m         | x               | 108 m       |            |                       | 10             | 25  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 33    | Cuatro de Agosto            | 4,0 m         | x               | 157 m       |            |                       | 9              | 19  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 27    | Torresecas                  | 4,5 m         | x               | 45 m        |            |                       | 14             | 27  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 28    | Desengaño                   | 4,5 m         | x               | 45 m        |            |                       | 19             | 19  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 29    | Estébanes                   | 4,5 m         | x               | 136 m       |            |                       | 14             | 16  |           |     | U                         |
|                 | 3 | B . 21    | Antón Trillo                | 5,0 m         | x               | 45 m        |            |                       | 10             | 15  | 10        | 24  | U                         |
|                 |   | F . 17    | Marqués de Lazan            | 5,0 m         | x               | 50 m        |            |                       | 21             | 21  |           |     | U                         |
|                 |   | A . 5     | Danzas / Virgen             | 5,0 m         | x               | 59 m        |            |                       | 17             | 24  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 22    | Bureta - Paraiso            | 5,0 m         | x               | 70 m        |            |                       | 11             | 17  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 16    | Torrenueva P.1              | 5,0 m         | x               | 98 m        |            |                       | 6              | 22  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 19.2  | Casto Méndez Núñez P2       | 5,0 m         | x               | 125,0 m     |            |                       | 10             | 12  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 24    | Morata                      | 5,5 m         | x               | 85 m        |            |                       | 14             | 14  |           |     | U                         |
|                 |   | E . 4     | Gavin P.1                   | 5,5 m         | x               | 88 m        |            |                       | 14             | 17  |           |     | B/U                       |
|                 | 4 | B . 6     | Olmo                        | 6,0 m         | x               | 34 m        |            |                       | 15             | 15  | 6         | 26  | U                         |
|                 |   | C . 2     | Sepulcro P.1                | 6,0 m         | x               | 38 m        |            |                       | 15             | 15  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 1     | Buen Pastor                 | 6,0 m         | x               | 47 m        |            |                       | 15             | 15  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 15    | San Voto                    | 6,0 m         | x               | 50 m        |            |                       | 17             | 21  |           |     | T                         |
|                 |   | B . 7     | Ciprés                      | 6,0 m         | x               | 92 m        |            |                       | 16             | 21  |           |     | U                         |
|                 |   | E . 6     | José Palafox P.3            | 6,0 m         | x               | 100 m       |            |                       | 11             | 26  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 8     | Temple                      | 6,0 m         | x               | 125 m       |            |                       | 16             | 19  |           |     | U                         |
|                 | 5 | F . 4     | Universidad P.2             | 10,0 m        | x               | 47 m        |            |                       | 17             | 19  | 14        | 33  | U                         |
| C.2             | 1 | C . 11    | Cedro                       | 4,0 m         | 3,0 m           | 20 m        | D3-D4      | FACHADA               | 17             | 19  | 14        | 33  | U                         |
|                 |   | B . 32    | Blasón Aragonés             |               |                 | 55 m        |            |                       | 14             | 33  |           |     | U                         |
|                 |   | C . 9     | Diego Dormer                |               |                 | 97 m        |            |                       | 14             | 16  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 18    | El Pinar                    |               |                 | 40 m        |            |                       | 20             | 20  |           |     | U                         |
|                 | 2 | E . 7     | Trinidad                    | 5,0 m         | 3,0 m           | 42 m        |            |                       | 17             | 17  | 8         | 25  | U                         |
|                 |   | B . 9     | Maestro Luna                |               |                 | 44 m        |            |                       | 10             | 25  |           |     | U                         |
|                 |   | D . 3     | Hermanos Argensola          |               |                 | 60 m        |            |                       | 8              | 19  |           |     | T                         |
|                 |   | F . 22    | Santo Dominguito Val P.2    |               |                 | 76 m        |            |                       | 14             | 26  |           |     | T                         |
|                 | 3 | F . 9     | Cortesías                   | 6,0 m         | 3,0 m           | 36 m        |            |                       | 28             | 28  | 11        | 28  | U                         |
|                 |   | B . 3     | Francisco Loscos            |               |                 | 41 m        |            |                       | 12             | 18  |           |     | T                         |
|                 |   | C . 3     | Arcebianos                  |               |                 | 42 m        |            |                       | 11             | 20  |           |     | U                         |
|                 |   | E . 12    | Torrellas                   |               |                 | 74 m        |            |                       | 15             | 20  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 10    | Contamina                   |               |                 | 126 m       |            |                       | 11             | 15  |           |     | U                         |
|                 |   | A . 6     | Prudencio                   |               |                 | 190 m       |            |                       | 13             | 23  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 17    | Torrenueva P.2              |               |                 | 66 m        |            |                       | 7              | 26  |           |     | U                         |
|                 |   | D . 2     | San Juan y San Pedro        |               |                 | 70 m        |            |                       | 15             | 23  |           |     | U                         |
|                 | 4 | D . 6     | San Andrés                  | 8,0 m         | 3,5             | 95 m        |            |                       | 13             | 26  | 7         | 26  | T                         |
|                 |   | B . 5     | Miguel Molino - San Braulio |               |                 | 97 m        |            |                       | 22             | 25  |           |     | U                         |
|                 |   | B . 26    | Agustines - Fuenclara       |               |                 | 116 m       |            |                       | 9              | 21  |           |     | U                         |
|                 |   | D . 1     | Refugio                     |               |                 | 130 m       |            |                       | 25             | 25  |           |     | T                         |
|                 |   | F . 8     | Pedro C. Ramirez            |               |                 | 35 m        |            |                       | 28             | 28  |           |     | T                         |
|                 |   | F . 5     | Mayor P.2                   |               |                 | 36 m        |            |                       | 28             | 28  |           |     | T                         |
|                 |   | F . 12    | San Lorenzo P.2             |               |                 | 36 m        |            |                       | 18             | 22  |           |     | T                         |
|                 |   | D . 9     | Sto Dominguito de Val P.1   |               |                 | 46 m        |            |                       | 18             | 19  |           |     | U                         |
|                 | 5 | D . 10    | Eusebio Blasco              | 10,0 m        | 3,5 m           | 48 m        |            |                       | 13             | 16  | 7         | 28  | T                         |
|                 |   | E . 10    | Universidad P.1             |               |                 | 58 m        |            |                       | 15             | 24  |           |     | T                         |
|                 |   | E . 1     | Boterón                     |               |                 | 62 m        |            |                       | 10             | 21  |           |     | T                         |
|                 |   | E . 3     | Don Teobaldo                |               |                 | 82 m        |            |                       | 7              | 16  |           |     | U                         |
|                 |   | E . 11    | Don Juan de Aragón P.2      |               |                 | 86 m        |            |                       | 14             | 24  |           |     | U                         |
|                 |   | D . 8.1   | Pedro Joaquín Soler P2      |               |                 | 105 m       |            |                       | 16             | 24  |           |     | T                         |
|                 |   | C . 10    | Don Juan de Aragón P.1      |               |                 | 115 m       |            |                       | 10             | 28  |           |     | T                         |
|                 |   | A . 11    | Manifestación               |               |                 | 129 m       |            |                       | 13             | 25  |           |     | T                         |
|                 |   | C . 12    | Mayor P.1                   |               |                 | 167 m       |            |                       | 9              | 15  |           |     | U                         |
|                 |   | D . 5     | San Jorge P.1               |               |                 | 212 m       |            |                       | 9              | 24  |           |     | U                         |
|                 |   | A . 12    | Espoz y Mina                |               |                 | 213 m       |            |                       |                |     |           |     | U                         |

| Estudio 0: TIPO |   | ZONA . Nº | Nombre (C/)         | Anchura media | Anchura calzada | Long. Calle | TIPO CALLE | Posición de luminaria | Interdistancia |     | Rango CAD |     | Disposición de luminarias |
|-----------------|---|-----------|---------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|-----------------------|----------------|-----|-----------|-----|---------------------------|
|                 |   |           |                     |               |                 |             |            |                       | Min            | Máx | Min       | Máx |                           |
| A.1             | 1 | A . 2     | Jardiel             | 17,0 m        | x               | 69 m        | E1         | POSTE                 | 9              | 9   | 9         | 9   | B                         |
|                 |   | A . 3     | M. Calanda          | 17,5 m        | x               | 69 m        |            |                       | 9              | 9   |           |     | B                         |
|                 |   | A . 4     | X. Embun            | 17,5 m        | x               | 59 m        |            |                       | 9              | 9   |           |     | B                         |
| B.1             | 2 | C . 4     | José Palafox P.1    | 10,0 m        | x               | 75 m        | E2         | POSTE                 | 15             | 24  | 15        | 24  | U                         |
|                 |   | E . 5     | José Palafox P.2    | 8,0 m         | x               | 31 m        |            |                       | 11             | 12  |           |     | T                         |
|                 |   | B . 31    | José Pellicer Ossau | 8,0 m         | x               | 55 m        |            |                       | 28             | 32  |           |     | T                         |
| B.1             | 2 | F . 6     | Mayor P.3           | 10,0 m        | x               | 58 m        | E2         | POSTE                 | 10             | 12  | 9         | 12  | U                         |
|                 |   | F . 3     | Martín Carrillo     | 10,0 m        | x               | 65 m        |            |                       | 9              | 11  |           |     | U                         |
|                 |   | A . 7.2   | Santiago P.2        | 12,0 m        | x               | 80 m        |            |                       | 12             | 13  |           |     | U                         |
| C.1             | 4 | F . 7     | Mayor P.4           | 15,0 m        | x               | 34 m        | D3-D4      | POSTE                 | 12             | 13  | 12        | 13  | B                         |
|                 |   | C . 1     | Mundir I            | 7,0 m         | 3,0 m           | 83 m        |            |                       | 15             | 16  |           |     | T                         |
|                 |   | E . 8     | Pedro Liñán         | 7,0 m         | 3,0 m           | 45 m        |            |                       | 11             | 15  |           |     | T                         |
| C.1             | 2 | F . 20    | San Jorge P.2       | 8,0 m         | 3,5 m           | 123 m       | D3-D4      | POSTE                 | 20             | 22  | 16        | 22  | T                         |
|                 |   | B . 2     | Santa Isabel        | 8,0 m         | 3,5 m           | 150 m       |            |                       | 16             | 18  |           |     | U                         |
|                 |   | D . 4     | San Lorenzo P.1     | 10,0 m        | 3,5 m           | 145 m       |            |                       | 15             | 32  |           |     | T                         |
| C.1             | 4 | D . 7     | Verónica            | 15,0 m        | 7,0 m           | 111 m       | D3-D4      | POSTE                 | 16             | 35  | 16        | 35  | T                         |
|                 |   |           |                     |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
|                 |   |           |                     |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |

| Estudio 0: TIPO |   | ZONA . Nº | Nombre (C/)           | Anchura media | Anchura calzada | Long. Calle | TIPO CALLE | Posición de luminaria | Interdistancia |     | Rango CAD |     | Disposición de luminarias |
|-----------------|---|-----------|-----------------------|---------------|-----------------|-------------|------------|-----------------------|----------------|-----|-----------|-----|---------------------------|
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       | Min            | Máx | Min       | Máx |                           |
| D               | 1 | O . 1.1   | Paseo Echegaray P1    | 28,0 m        | 10,0 m          | 720 m       | B1         | POSTE                 | 25             | 46  | 25        | 46  | T                         |
|                 |   | O . 1.2   | Paseo Echegaray P2    | 28,0 m        | 14,0 m          | 60 m        |            |                       | 32             | 35  |           |     | T                         |
|                 |   | O . 1.3   | Paseo Echegaray P3    | 20,5 m        | 10,5 m          | 51 m        |            |                       | 29             | 39  |           |     | T                         |
| D               | 2 | O . 2     | Alfonso               | 12,0 m        | x               | 410 m       | E2         | POSTE                 | 23             | 23  | 23        | 23  | T                         |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
| D               | 3 | O . 3     | Don Jaime             | 12,0 m        | 3,5 m           | 550 m       | D3-D4      | POSTE                 | 18             | 28  | 18        | 28  | T                         |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
| D               | 4 | O . 4     | San Vicente de Paúl   | 15,0 m        | 8,0 m           | 540 m       | B1         | POSTE                 | 18             | 28  | 18        | 28  | T                         |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
| D               | 5 | B . 25    | Galo Ponte            | 8,0 m         | x               | 70 m        | E2         | POSTE                 | 9              | 12  | 9         | 12  | T                         |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
| D               | 6 | D . 8.2   | Pedro Joaquín Soler   | 15,0 m        | 5,0 m           | 40 m        | D3-D4      | POSTE                 | 18             | 30  | 18        | 30  | T                         |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
| D               | 7 | E . 2     | Sepulcro P.2          | 10,0 m        | 3,5 m           | 120 m       | D3-D4      | POSTE                 | 9              | 25  | 9         | 25  | U                         |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
| D               | 8 | B . 19.1  | Casto Méndez Núñez P1 | 8,0 m         | 3,5 m           | 43,0 m      | D3-D4      | FACHADA               | 21             | 29  | 21        | 29  | T                         |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |
|                 |   |           |                       |               |                 |             |            |                       |                |     |           |     |                           |

Tabla 2 - Caracterización de vías y de tipología. Tipo de vía, configuración, interdistancias (mín. y máx.) y distribución de luminarias.

Las celdas de la columna de Interdistancias de color naranja indican aquellas vías que sólo disponen de una luminaria, y de las que por tanto no existe ningún valor de interdistancia. Aquellas vías de color rojo son las seleccionadas como tipo para realizar los análisis luminotécnicos correspondientes.

Si se realiza un recuento de las vías que han tenido que ser actualizadas (incluyendo la exclusión de la calle Salduba) se observa que se ha realizado un cambio en el 36,84% de las vías que componen la superficie del proyecto.

| Nº vías | Nº actualizaciones de vías | % Cambios |
|---------|----------------------------|-----------|
| 95      | 35                         | 36,84%    |

Tabla 3- Porcentaje de actualización de luminarias.

También se observa que existen calles catalogadas como individuales como mero criterio personal (diferencias en posición de luminaria, alta variación tanto de posicionamiento como de ancho de calle), o únicamente por ser calles principales de flujo de peatones o flujo de tráfico muy altos.

### 1.2.3- Desarrollo del cálculo en Dialux y consideraciones adicionales

Tras establecer todos los datos necesarios para el análisis del presente estudio, se procede a crear en el programa de cálculo luminotécnico **Dialux** los correspondientes archivos de cada una

de las vías tipo introduciendo todos los datos que las definen y que son necesarios para establecer adecuadamente el cálculo de la iluminancia media y de otros factores siguiendo estos pasos:

### 1.2.3.1- Geometría

Se establecen las superficies que conforman la vía tales como las aceras (única si es peatonal), la calzada (si no es calle peatonal), aparcamientos laterales y otros. De cada una de las superficies se establecerá el tipo de vía según lo dispuesto en el *Real Decreto 1890/08* y especificado en la *Memoria*.

#### 1.2.3.1.1- Superficie de cálculo

##### I. PARA CALLES PEATONALES:

Si se quiere dividir los resultados en dos interdistancias distintas se obtendrían dos superficies de cálculo distintas (**Ec.2**). Esto origina las siguientes ecuaciones:

$$S_{real}^{MIN} = I_{real}^{MIN} \cdot H(\text{anchura de vía}) \quad \text{Ec.3}$$

$$S_{real}^{MAX} = I_{real}^{MAX} \cdot H(\text{anchura de vía}) \quad \text{Ec.4}$$

Y por tanto:

$$\epsilon_{real}^{MIN} = \frac{S_{real}^{MIN} \cdot E_{m,real}^{MAX}}{p} \quad \text{Ec.5}$$

$$\epsilon_{real}^{MAX} = \frac{S_{real}^{MAX} \cdot E_{m,real}^{MIN}}{p} \quad \text{Ec.6}$$

Es necesario puntualizar que la iluminancia media se hace máxima cuando la superficie a iluminar es menor y viceversa dado que llegará mayor cantidad de flujo luminoso a menos superficie a la que alumbrar.

Por tanto para calcular el índice de calificación energética sólo queda cumplir la siguiente ecuación:

$$I_{\epsilon_{real}} = \frac{\epsilon_{real}}{\epsilon_{referencia}(E_{m,real})} \quad \text{Ec.7}$$

##### II. PARA CALLES DE TRÁFICO DE VEHÍCULOS:

Básicamente es el mismo proceso que se ha indicado en el punto anterior, pero con una simple modificación. Si se quiere tener en cuenta únicamente el ancho de calzada para poder analizar cuanto flujo se deriva sobre la calzada es necesario duplicar los cálculos anteriormente vistos, con una variable doble que sería como las Ec.3 y Ec.4 pero para calzada únicamente:

$$S_{calzada}^{MIN} = I_{calzada}^{MIN} \cdot h(\text{ancho calzada}) \quad \text{Ec.8}$$

$$S_{calzada}^{MAX} = I_{calzada}^{MAX} \cdot h(\text{ancho calzada}) \quad \text{Ec.9}$$

Y por tanto:

$$\epsilon_c^{MIN} = \frac{S_c^{MIN} \cdot E_{m,c}^{MAX}}{p} \quad \text{Ec.10}$$

$$\epsilon_c^{MAX} = \frac{S_c^{MAX} \cdot E_{m,c}^{MIN}}{p} \quad \text{Ec.11}$$

Finalmente:

$$I_{\epsilon_c} = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{ref}(E_{m_c})}$$

Ec.12

No se han indicado máximos y mínimos puesto que  $I_{\epsilon}$  depende inversamente de un valor de referencia  $\epsilon$  (referencia) que a su vez depende de la iluminancia media. Podría darse el caso en el que a una iluminancia media máxima y mínima altas el denominador no varíe, y sin embargo sí lo haga el numerador de manera significativa. Por tanto que se esté ante el caso de interdistancia mínima no se verifica siempre que se esté en el valor menor del rango de valores que tome el índice de calificación energética de la vía tipo y viceversa.

Por ello en este estudio se calculan los extremos y luego se le asigna a cada uno de ellos su identificación como máximo o mínimo según sea el caso.

#### 1.2.3.1.2- $\epsilon_{ref}$

El valor de referencia anteriormente mencionado depende tanto de la iluminancia media del caso a tratar como del tipo de vía, puesto que es un valor dado según la *ITC-EA-01* que regula el *Real Decreto 1890/08 de Mayo de 2013*. En dicha instrucción técnica se establecen dos agrupaciones según el tipo de vía en los cuales la eficiencia energética de referencia toma los siguientes valores:

- Instalaciones de alumbrado vial funcional

| Iluminancia media en servicio<br>$E_m(\text{lux})$ | EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA<br>$\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$ |
|--|---|
| $\geq 30$  | 22  |
| 25   | 20  |
| 20   | 17,5  |
| 15   | 15  |
| 10   | 12  |
| $\leq 7,5$   | 9,5   |

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

Tabla 4- Requisitos mínimos de eficiencia energética

en instalaciones de alumbrado vial funcional.

- Instalaciones de alumbrado vial ambiental

| Iluminancia media en servicio<br>$E_m(\text{lux})$ | EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA<br>$\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$ |
|--|---|
| $\geq 20$  | 9   |
| 15   | 7,5   |
| 10   | 6   |
| 7,5  | 5   |
| $\leq 5$   | 3,5   |

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

Tabla 5- Requisitos mínimos de eficiencia energética

en instalaciones de alumbrado vial ambiental.

Como indica en cada una de las tablas, para los valores que no se correspondan de forma exacta con los de la tabla se procede a realizar una interpolación lineal. Esto dio lugar a que se pensara en definir todos los cálculos mediante Excel de forma que se creara por cada caso (una interdistancia, una iluminancia media y una superficie de cálculo) una tabla en la que se realizara la interpolación lineal de cada una de las tipologías y que se adjunta en el *Anexo V. Interpolación lineal*. Un ejemplo extraído de las mismas sería lo siguiente:



| CÁLCULOS ESTUDIO 0 (Real MIN) (C2.1) |        |            |          |       |        |       |        |              |             |          |
|--------------------------------------|--------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|----------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 1               | $E_m$  | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE      |
| A.2.1                                | 10,830 | 5,142      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,332        | 0,551       | 1,815    |
| A.2.2                                | 10,020 | 5,506      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,008        | 0,611       | 1,636    |
| A.2.3                                | 8,070  | 6,700      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,456        | 0,899       | 1,113    |
| A.2.4                                | 16,120 | 7,323      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,448       | 0,640       | 1,563    |
| A.2.5                                | 9,030  | 8,134      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,224        | 0,989       | 1,011    |
| B.2.1                                | 9,340  | 5,417      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,472        | 0,639       | 1,564    |
| B.2.2                                | 8,770  | 6,318      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,016        | 0,788       | 1,269    |
| B.2.3                                | 9,500  | 6,700      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,6          | 0,779       | 1,284    |
| B.2.4                                | 7,940  | 7,276      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,352        | 0,990       | 1,010    |
| B.2.5                                | 17,700 | 9,624      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,08        | 0,797       | 1,255    |
| C.2.1                                | 14,360 | 5,801      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,744       | 0,540       | 1,852    |
| C.2.2                                | 18,650 | 6,656      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,46        | 0,534       | 1,872    |
| C.2.3                                | 15,107 | 7,543      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,042664    | 0,683       | 1,464    |
| C.2.4                                | 13,397 | 7,959      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,358664    | 0,768       | 1,301    |
| C.2.5                                | 11,980 | 10,145     | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,792        | 1,036       | 0,965    |
| A.1.1                                | 59,340 | 13,246     | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 1,019       | 0,981    |
| A.1.2                                | 7,520  | 10,873     | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,016        | 1,550       | 0,645    |
| B.1.1                                | 10,660 | 8,156      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,264        | 0,880       | 1,136    |
| B.1.2                                | 18,100 | 11,937     | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,24        | 0,975       | 1,025    |
| B.1.3                                | 19,980 | 8,853      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,992       | 0,681       | 1,467    |
| B.1.4                                | 22,530 | 12,391     | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 0,953       | 1,049    |
| C.1.1                                | 54,167 | 7,810      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 0,601       | 1,664    |
| C.1.2                                | 28,253 | 13,868     | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 1,067       | 0,937    |
| C.1.3                                | 22,737 | 10,746     | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 0,827       | 1,210    |
| C.1.4                                | 15,608 | 12,010     | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,2432      | 1,068       | 0,936    |
| C.1.5.1                              | 0,000  | 0,000      | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 5            | 0,000       | #¡DIV/0! |
| C.1.5.2                              | 0,000  | #¡REF!     | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 5            | #¡REF!      | #¡REF!   |

Tabla 6- Muestra de interpolación lineal en el caso de ancho de calle e interdistancia mínima (Estudio 0).

### 1.2.3.2- Luminaria

Una vez establecida la geometría y propiedades de la vía tipo se procede a la sección de *Cálculo luminotécnico*, donde deberá escogerse la potencia instalada, altura de montaje, posición XY y la distribución de la luminaria junto con otros parámetros. Para la situación actual, se escoge para la estimación la luminaria Napoleón 2000 de vapor de sodio para todas las vías excepto el Paseo Echegaray y Caballero, cuya luminaria definida será la IRIDIUM<sup>2</sup> LED Large. Todo esto viene también definido en la *Memoria*.

La metodología consta de tres fases:

- Definir la potencia instalada (80W y 169W para las Napoleón 2000 o 270W en las IRIDIUM<sup>2</sup> LED Large).
- Definir la distribución de la vía según se indica en la **tabla 1**.
- En cuanto a la altura del punto de luz colocado a fachada, en cada caso se aproximará a una misma medida para todas las calles que son objeto de este estudio, estableciéndola en 5 metros, dado que la mayoría de la luminaria a fachada del casco antiguo se sitúa en torno a dicha altura. Las calles de mayor densidad de tráfico (peatonal o de vehículos) incorporarán luminarias con alturas comprendidas entre 4 y 6 metros o de hasta 9 metros en el Paseo Echegaray y Caballero.

### 1.2.3.3- Cálculo luminotécnico

En cada archivo de *Dialux* se establece la interdistancia (máxima o mínima) de la vía tipo a la que hace referencia obteniéndose dos archivos para cada vía tipo. Además, entre el caso de

interdistancia mínima y el de interdistancia máxima, se deberá considerar **elegir una potencia que cumpla en ambos la normativa vigente considerada en el programa de cálculo.**

Cabe destacar que lo necesario aquí es establecer tanto la interdistancia como la distribución de las luminarias en la calle (unilateral, tresbolillo o bilateral) para estimar la mínima potencia (de entre las posibles) que permite cumplir con los niveles de iluminación requeridos. En otros estudios se verá como estos factores son variables y no fijos puesto que se buscará la optimización y no una estimación u aproximación de una instalación concreta.

El siguiente paso es, ya definido el contexto necesario para elaborar el cálculo, observar cual es el valor mínimo de potencia necesaria, como se ha comentado.

Se ejecuta el cálculo luminotécnico y se obtienen los valores correspondientes y su aceptación o rechazo. Si son insuficientes para cumplir con los valores límite de iluminación deberá de modificarse la potencia eligiendo una potencia superior y repetir el ensayo. En caso de que sean válidos se procede a anotar el valor de iluminancia media obtenido en la tabla Excel.

Cabe puntualizar que la luminaria que se encuentra dentro de catálogo no podrá ser semejante a la que se vaya a sustituir por los siguientes motivos:

- a. La luminaria actual, de VSAP (Vapor Sodio Alta Presión), pertenece a una clase fabricada años atrás, anterior a la precedente normativa. Esto indica que debía cumplir con unos requisitos luminotécnicos menos restrictivos que los que se exigen hoy en día. Por ello dicha luminaria no puede encontrarse en programas de cálculo, debido principalmente a que no cumpliría con las exigencias de las ITC correspondientes del Real Decreto vigente.
- b. Es un hecho que las antiguas luminarias de VSAP lucen con un alto grado de contaminación lumínica, esto es, gran parte del flujo lumínico se pierde a más de 90º respecto del suelo, es decir, por encima del hemisferio superior. Dicha “fuga” de flujo es lo que crea el efecto bautizado como contaminación lumínica, un hecho preocupante hoy en día. Actualmente ya se han tomado las medidas necesarias para evitar que tanto flujo lumínico no solo se pierda en no iluminar debidamente la vía sino que también deje de contaminar a tal magnitud. Si se retrocede hasta dar con la anterior Ordenanza Municipal, recoge que el límite de pérdida de flujo sea de hasta un 25%. Muchas de las luminarias se compraron e instalaron incluso antes de ésta última normativa derogada, donde no se contemplaba la reducción de contaminación lumínica de manera tan estricta. Incluso muchas de ellas superaban ese 25%, porcentaje que se situaba sobre el 41% como muestra en el siguiente esquema (Philips Lightning):

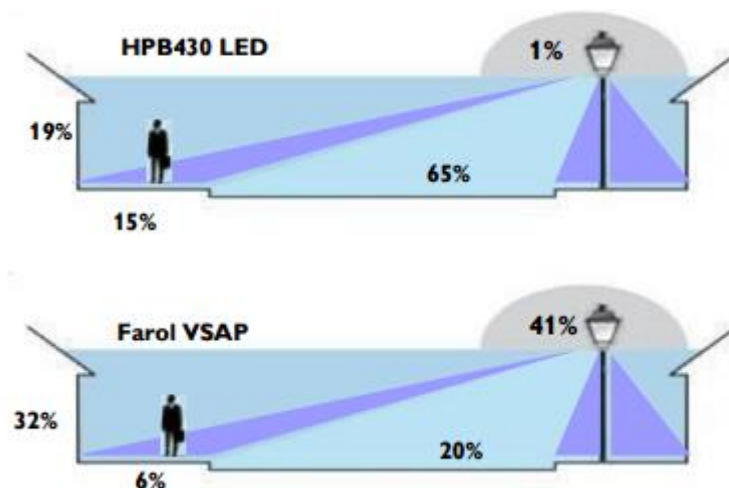


Figura 1- Comparativa de LED HPB430 frente a una luminaria de VSAP convencional antigua.

Se observa como con dicha luminaria de vapor de sodio únicamente se conseguía que el 20% del flujo sirviera para la iluminación de la calle.

Se ha creído conveniente considerar en primer lugar la cantidad de pérdida ocasionada por contaminación lumínica valorándola en un 25% de dicho flujo lumínico por lámpara, hecho que deja los cálculos algo conservadores. Por ello, el criterio consistirá en restar un 25% de la iluminancia calculada por el programa, que afectará de manera proporcional a la calificación energética correspondiente a cada vía, según las siguientes fórmulas:

$$E_m^{real} = \frac{L_m}{S} = E_m^{teórica} * (1 - 0.25) \quad \text{Ec.13}$$

$$\epsilon_{real} = \frac{E_m^{real} \cdot S}{P} = \frac{E_m^{teórica} \cdot (1-0.25) \cdot S}{P} = \epsilon_{teórica} \cdot 0.75 \quad \text{Ec.14}$$

Siendo:  $E_m$  = Iluminancia media (lux)

$L_m$  = Luminancia (cd)

$S$  = Superficie ( $m^2$ )

$P$  = Potencia (W)

$\epsilon$  = Eficiencia energética de la instalación

Pese a esto también se presentan los resultados con unas pérdidas de flujo de hasta el 41% únicamente para presentar la peor situación posible y sensibilizar.

- c. Además hay que tener en cuenta la potencia consumida por el equipo auxiliar propio de las lámparas de VSAP. El equipo auxiliar de las lámparas antiguas de VSAP estaba constituido por un balasto (reactancia) y un arrancador cuyo fin es el de proporcionar el aumento de tensión necesaria para conseguir el arco y encender la luminaria. Dicha reactancia ha sufrido grandes progresos a medida que se produjo el denominado *boom electrónico* y se fueron incorporando cada vez más complementos que permitían reducir las pérdidas de potencia por luminaria. Por ello se ha escogido un catálogo del cual se empleará la información necesaria para incluir las pérdidas por equipo auxiliar de cada luminaria. Dicha pérdida no es sino la potencia consumida por el equipo auxiliar, y será de carácter variable respecto de la potencia instalada.

El equipo auxiliar, es decir la reactancia, se ha elegido del catálogo de ELT siendo éstas sus características de funcionamiento:



**REACTANCIAS PARA LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN  
CLASE II. ALTO FACTOR DE POTENCIA**

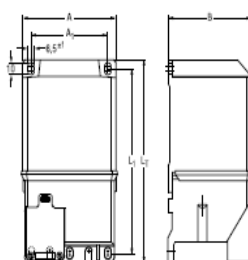
**BALLASTS FOR HIGH PRESSURE SODIUM VAPOUR LAMPS  
CLASS II. HIGH POWER FACTOR**



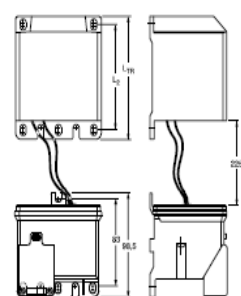
Tipo/Type: **VSI-C2 230V** 50Hz  
70W - 400W  
tw = 130°C

Según normas  
According

EN-60922 y EN-60923 **CE**



Formato 1  
Format 1



Formato 2  
Format 2

Conjuntos con arrancador de tipo independiente. (Capacidad máxima admisible cable: 150pF.)  
Equipments with superimposed ignitor type. (Maximum load capacity: 150pF.)

Tipo  
Type

| Código<br>Code   | Formato<br>Format | Potencia<br>Power<br>W | Corriente<br>Current<br>A | Tª<br>ambiente<br>máxima<br>Relat<br>ambient<br>temp.c.<br>°C | Línea<br>Supply<br>Corriente<br>Current<br>A | λ     | Peso<br>Weight<br>Kg | A  | A <sub>1</sub> | B  | L <sub>1</sub> | L <sub>T</sub> | L <sub>2</sub> | L <sub>TR</sub> | Esquema<br>conexión<br>n.º<br>Circuit<br>diag. n.º | Homolog.<br>Approvals |
|------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|---|--|-------|----------------------|----|----------------|----|----------------|----------------|----------------|-----------------|--|-----------------------|
| VSI 7/23-C2-AI   | 6211510           | 1                      | 70                        | 1,00  | 0,40   | 1,55  |                      | 69 | 56             | 62 | 171            | 183            | 106            | 118             |  |                       |
| VSI 7/23-C2S-AI  | 6211520           | 2                      |                           |   |  |       |                      |    |                |    |                |                |                |                 |  |                       |
| VSI 10/23-C2-AI  | 6212520           | 1                      | 100                       | 1,20  | 0,56   | 2,00  |                      |    |                |    |                |                |                |                 |  |                       |
| VSI 10/23-C2S-AI | 6212530           | 2                      |                           |   |  |       |                      |    |                |    |                |                |                |                 |  |                       |
| VSI 15/23-C2-AI  | 6212260           | 1                      | 150                       | 1,80  | 0,81   | 0,90  | 3,10                 |    |                |    | 155            | 172            | 96             | 112             | 13   |                       |
| VSI 15/23-C2S-AI | 6212290           | 2                      |                           |   |  | +0,05 |                      |    |                |    |                |                |                |                 |  |                       |
| VSI 25/23-C2-AI  | 6212270           | 1                      | 250                       | 3,00  | 1,31   | 4,20  |                      | 92 | 76             | 83 | 175            | 192            | 116            | 132             |  |                       |
| VSI 25/23-C2S-AI | 6212300           | 2                      |                           |   |  |       |                      |    |                |    |                |                |                |                 |  |                       |
| VSI 40/23-C2-AI  | 6212280           | 1                      | 400                       | 4,45  | 2,05   | 5,50  |                      |    |                |    | 205            | 222            | 146            | 162             |  |                       |
| VSI 40/23-C2S-AI | 6212310           | 2                      |                           |   |  |       |                      |    |                |    |                |                |                |                 |  |                       |

Figura 2- Características de reactancia para VSAP escogida de catálogo ELT.

Se sabe que las luminarias funcionan a 230V y que la tabla facilita la intensidad que fluye por el equipo auxiliar (*corriente supply*). Con ello se puede saber la potencia consumida por el equipo auxiliar como se recoge en la tabla siguiente:

| Pot<br>Lampara | I Linea<br>equipo aux | Pot equipo<br>auxiliar | % Sobre Pot<br>Nominal |
|----------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| <b>70 W</b>    | 0,40 A                | <b>22,0 W</b>          | 23,91%                 |
| <b>100 W</b>   | 0,56 A                | <b>28,8 W</b>          | 22,36%                 |
| <b>150 W</b>   | 0,81 A                | <b>36,3 W</b>          | 19,48%                 |
| <b>250 W</b>   | 1,31 A                | <b>51,3 W</b>          | 17,03%                 |
| <b>400 W</b>   | 2,05 A                | <b>71,5 W</b>          | 15,16%                 |

Tabla 7- Medidas de potencia de consumo del equipo auxiliar según potencia de lámpara.

Sin embargo las lámparas que se emplean en este estudio poseen una potencia que no coincide con las de la tabla (80W, 169W y 270W), y por tanto se realizará una interpolación lineal para dar con los valores exactos de la potencia del equipo auxiliar.

La interpolación lineal viene dada por la siguiente ecuación:

$$y_x = y_o + \frac{x - x_o}{x_1 - x_o} (y_1 - y_o) \quad \text{Ec.15}$$

Dónde  $y_x$  es la potencia del equipo auxiliar cuyo valor se desea conocer,  $y_o$  es el valor de potencia del equipo auxiliar conocido inferior más próximo a  $y_x$ ,  $y_1$  es el valor de potencia del equipo auxiliar conocido superior más próximo a  $y_x$ ,  $x$  es el valor de la potencia de la lámpara en uso, y  $x_o$  y  $x_1$  son los valores de potencia de lámpara conocidos inferior y superior respectivamente más próximos a  $x$ .

Con la ayuda de Excel se obtienen los valores de diseño de la potencia del equipo auxiliar según las potencias de las luminarias como sigue:

| x = Pot<br>Lampara | xo = Pot<br>inferior | x1 = Pot<br>superior | yo = Pot equipo<br>auxiliar inferior | y1 = Pot equipo<br>auxiliar superior | yx = Pot equipo<br>auxiliar | % Sobre Pot<br>Nominal |
|--------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| <b>80 W</b>        | 70                   | 100                  | 22                                   | 28,8                                 | <b>24,3 W</b>               | 23,27%                 |
| <b>169 W</b>       | 150                  | 250                  | 36,3                                 | 51,3                                 | <b>39,2 W</b>               | 18,81%                 |
| <b>270 W</b>       | 250                  | 400                  | 51,3                                 | 71,5                                 | <b>54,0 W</b>               | 16,66%                 |

Tabla 8-Potencia del equipo auxiliar para las luminarias de VSAP seleccionadas.

- d. El tubo de descarga de una lámpara de sodio de alta presión contiene, además de un exceso de sodio, un exceso de mercurio para proporcionar un gas amortiguador para facilitar el encendido y limitar la conducción de calor del arco de descarga a la pared del tubo. El mercurio es necesario para obtener una temperatura de color factible para su adecuado uso a partir de la superposición de colores que se da entre el mercurio y el vapor de sodio).

Una vez realizado el análisis luminotécnico introduciendo la disposición y estructura de cada vía tipo en *Dialux* se requerirá apuntar la iluminancia media obtenida. Se apunta tanto



aquella que considera únicamente la calzada (para calles estrictamente de tránsito de vehículos) como la que considera la anchura total. Para obtener la iluminancia media del ancho de calle completo en aquellas vías de tránsito de vehículos se procede a realizar una simple media de la iluminancia media de cada una de las superficies que componen dicha anchura (calzada, aceras, aparcamientos, otros, etc.).

Existe un problema en cuanto a distribución del ancho de calle se refiere. Resulta sencillo comprobar cómo se llegan a englobar en una misma tipología calles cuya anchura está conformada por elementos distintos que varían según la calle que se escoja. Casos en los que quizás una calle esté provista de unos aparcamientos en fila en su margen derecho mientras otra tenga dichos aparcamientos en ambos márgenes. La solución ha sido establecer un criterio de restricción según la conformidad de la calle y la posición de la luminaria.

- Si la luminaria está dispuesta de forma unilateral se buscará la posición más desfavorable con respecto a la calzada. Esto es la más alejada de la misma.
- Si la mayoría de las calles difieren de una forma distributiva de la superficie se procede a considerar la zona de aparcamientos como acera y se realiza la misma aproximación que lo estipulado en el punto anterior.

Habiendo tenido en cuenta en cada tipología las interdistancias máxima y mínima, la potencia mínima instalada y la potencia del equipo auxiliar, se obtienen dos tablas según la pérdida de flujo por contaminación lumínica considerada. Las tablas se presentan como sigue:

# ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | PROPIEDADES DE CALLE |                 | ESTUDIO 0 (25% contaminación lumínica) |                    |                    |                  |                  |               |               |           |                           |                       |             |                           |                |           |
|---------------------|------------|----------------------|-----------------|--|--------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|----------------|-----------|
|                     |            | Anchura media        | Anchura calzada | Nº Luminarias                          | Interdistancia MIN | Interdistancia MAX | SC MIN (Calzada) | SC MAX (Calzada) | SC MIN (Real) | SC MAX (Real) | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | Disposición de luminarias | P/Sup. Cálculo | Potencia  |
| A.2.1               | DE         | 3 m                  | x               | 4                                      | 12                 | 26                 | -                | -                | 36 m²         | 78 m²         | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 417,07 W  |
| A.2.2               | DE         | 3,5 m                | x               | 7                                      | 10                 | 26                 | -                | -                | 35 m²         | 91 m²         | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 729,87 W  |
| A.2.3               | DE         | 5 m                  | x               | 3                                      | 10                 | 28                 | -                | -                | 50 m²         | 140 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 312,80 W  |
| A.2.4               | DE         | 6 m                  | x               | 3                                      | 8                  | 14                 | -                | -                | 48 m²         | 84 m²         | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 312,80 W  |
| A.2.5               | DE         | 8,5 m                | x               | 5                                      | 9                  | 19                 | -                | -                | 76,5 m²       | 161,5 m²      | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 521,33 W  |
| B.2.1               | DE         | 3,5 m                | x               | 4                                      | 9                  | 28                 | -                | -                | 31,5 m²       | 98 m²         | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 417,07 W  |
| B.2.2               | DE         | 4,5 m                | x               | 11                                     | 9                  | 27                 | -                | -                | 40,5 m²       | 121,5 m²      | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 1146,93 W |
| B.2.3               | DE         | 5 m                  | x               | 5                                      | 10                 | 24                 | -                | -                | 50 m²         | 120 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 521,33 W  |
| B.2.4               | DE         | 6 m                  | x               | 5                                      | 6                  | 26                 | -                | -                | 36 m²         | 156 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 521,33 W  |
| B.2.5               | DE         | 10 m                 | x               | 4                                      | 16                 | 19                 | -                | -                | 160 m²        | 190 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 832,60 W  |
| C.2.1               | DE         | 4 m                  | 3 m             | 4                                      | 14                 | 33                 | 42 m²            | 99 m²            | 56 m²         | 132 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 832,60 W  |
| C.2.2               | DE         | 5 m                  | 3 m             | 3                                      | 8                  | 25                 | 24 m²            | 75 m²            | 40 m²         | 125 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 624,45 W  |
| C.2.3               | DE         | 6 m                  | 3 m             | 6                                      | 11                 | 28                 | 33 m²            | 84 m²            | 66 m²         | 168 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 1248,90 W |
| C.2.4               | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 8                                      | 7                  | 26                 | 24,5 m²          | 91 m²            | 56 m²         | 208 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 1665,20 W |
| C.2.5               | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 22                                     | 7                  | 28                 | 24,5 m²          | 98 m²            | 70 m²         | 280 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 4579,30 W |
| A.1.1               | DE         | 17,5 m               | x               | 16                                     | 9                  | 9                  | -                | -                | 157,5 m²      | 157,5 m²      | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | B                         | 416,3 W        | 3330,40 W |
| A.1.2               | DE         | 10 m                 | x               | 5                                      | 15                 | 24                 | -                | -                | 150 m²        | 240 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 521,33 W  |
| B.1.1               | DE         | 8 m                  | x               | 4                                      | 11                 | 32                 | -                | -                | 88 m²         | 256 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | T                         | 208,5333 W     | 417,07 W  |
| B.1.2               | DE         | 10 m                 | x               | 8                                      | 9                  | 12                 | -                | -                | 90 m²         | 120 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 834,13 W  |
| B.1.3               | DE         | 12 m                 | x               | 14                                     | 12                 | 13                 | -                | -                | 144 m²        | 156 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 2                     | 208,53 W    | U                         | 208,5333 W     | 2919,47 W |
| B.1.4               | DE         | 15 m                 | x               | 6                                      | 12                 | 13                 | -                | -                | 180 m²        | 195 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | B                         | 208,5333 W     | 625,60 W  |
| C.1.1               | DE         | 7 m                  | 3 m             | 10                                     | 11                 | 16                 | 33 m²            | 48 m²            | 77 m²         | 112 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | T                         | 416,3 W        | 2081,50 W |
| C.1.2               | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 18                                     | 16                 | 22                 | 56 m²            | 77 m²            | 128 m²        | 176 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 2                     | 208,53 W    | U                         | 208,5333 W     | 3753,60 W |
| C.1.3               | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 8                                      | 15                 | 32                 | 52,5 m²          | 112 m²           | 150 m²        | 320 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | T                         | 416,3 W        | 1665,20 W |
| C.1.4               | DE         | 15 m                 | 7 m             | 9                                      | 16                 | 35                 | 112 m²           | 245 m²           | 240 m²        | 525 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | T                         | 416,3 W        | 1873,35 W |

# ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

## ESTUDIO 0 (25% contaminación lumínica)

| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Nº      | Nombre calle        | Em MIN (Calzada) | Em MAX (Calzada) | Em MIN (Real) | Em MAX (Real) | ε <sub>c</sub> MIN | ε <sub>c</sub> MAX | ε <sub>r</sub> MIN | ε <sub>r</sub> MAX | I <sub>ec</sub> MIN | I <sub>ec</sub> MAX | I <sub>er</sub> MIN | I <sub>er</sub> MAX |
|---------------------|------------|---------|---------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| A.2.1               | DE         | C . 6   | R.Jordán de Urriés  | -                | -                | 8,12 lux      | 18,93 lux     | -                  | -                  | 6,54               | 6,08               | -                   | -                   | 0,47                | 0,70                |
| A.2.2               | DE         | B . 12  | Jussepe Martínez    | -                | -                | 7,52 lux      | 20,85 lux     | -                  | -                  | 7,00               | 6,56               | -                   | -                   | 0,50                | 0,78                |
| A.2.3               | DE         | B . 20  | San Félix           | -                | -                | 6,05 lux      | 17,76 lux     | -                  | -                  | 8,52               | 8,13               | -                   | -                   | 0,63                | 1,14                |
| A.2.4               | DE         | B . 11  | Don Pedro Atarés    | -                | -                | 12,09 lux     | 20,22 lux     | -                  | -                  | 9,31               | 9,74               | -                   | -                   | 0,75                | 0,81                |
| A.2.5               | DE         | F . 21  | Plaza San Carlos    | -                | -                | 6,77 lux      | 14,09 lux     | -                  | -                  | 10,34              | 10,49              | -                   | -                   | 0,84                | 1,26                |
| B.2.1               | DE         | F . 10  | San Cristobal       | -                | -                | 7,01 lux      | 22,79 lux     | -                  | -                  | 6,89               | 6,58               | -                   | -                   | 0,51                | 0,81                |
| B.2.2               | DE         | B . 29  | Estébanes           | -                | -                | 6,58 lux      | 20,68 lux     | -                  | -                  | 8,03               | 7,66               | -                   | -                   | 0,59                | 1,00                |
| B.2.3               | DE         | B . 16  | Torrenueva P.1      | -                | -                | 7,13 lux      | 17,76 lux     | -                  | -                  | 8,52               | 8,20               | -                   | -                   | 0,63                | 0,99                |
| B.2.4               | DE         | B . 8   | Temple              | -                | -                | 5,96 lux      | 26,79 lux     | -                  | -                  | 9,25               | 8,91               | -                   | -                   | 0,69                | 1,26                |
| B.2.5               | DE         | F . 4   | Universidad P.2     | -                | -                | 13,28 lux     | 15,92 lux     | -                  | -                  | 12,23              | 12,12              | -                   | -                   | 0,93                | 1,01                |
| C.2.1               | DE         | C . 9   | Diego Dormer        | 12,00 lux        | 31,36 lux        | 10,77 lux     | 27,41 lux     | 6,33               | 5,71               | 7,37               | 6,83               | 0,44                | 0,56                | 0,53                | 0,69                |
| C.2.2               | DE         | D . 3   | Hermanos Argensola  | 16,89 lux        | 54,09 lux        | 13,99 lux     | 44,03 lux     | 6,24               | 6,09               | 8,46               | 8,40               | 0,47                | 0,48                | 0,65                | 0,68                |
| C.2.3               | DE         | B . 10  | Contamina           | 15,26 lux        | 39,68 lux        | 11,33 lux     | 30,24 lux     | 6,29               | 6,16               | 9,59               | 9,14               | 0,47                | 0,48                | 0,70                | 0,87                |
| C.2.4               | DE         | D . 6   | San Andrés          | 10,47 lux        | 38,24 lux        | 10,05 lux     | 37,61 lux     | 4,50               | 4,58               | 10,12              | 10,04              | 0,35                | 0,43                | 0,77                | 0,98                |
| C.2.5               | DE         | A . 12  | Espoz y Mina        | 12,44 lux        | 50,62 lux        | 8,99 lux      | 38,35 lux     | 5,96               | 5,86               | 12,90              | 12,09              | 0,45                | 0,51                | 0,93                | 1,32                |
| A.1.1               | DE         | A . 3   | M.Calanda           | -                | -                | 44,51 lux     | 44,51 lux     | -                  | -                  | 16,84              | 16,84              | -                   | -                   | 1,30                | 1,30                |
| A.1.2               | DE         | C . 4   | José Palafox P.1    | -                | -                | 5,64 lux      | 9,61 lux      | -                  | -                  | 13,82              | 12,98              | -                   | -                   | 1,28                | 1,97                |
| B.1.1               | DE         | B . 31  | José Pellicer Ossau | -                | -                | 8,00 lux      | 24,57 lux     | -                  | -                  | 10,37              | 9,81               | -                   | -                   | 0,75                | 1,12                |
| B.1.2               | DE         | F . 3   | Martín Carrillo     | -                | -                | 13,58 lux     | 17,58 lux     | -                  | -                  | 15,17              | 15,62              | -                   | -                   | 1,20                | 1,24                |
| B.1.3               | DE         | A . 7.2 | Santiago P.2        | -                | -                | 14,99 lux     | 16,30 lux     | -                  | -                  | 11,25              | 11,21              | -                   | -                   | 0,86                | 0,87                |
| B.1.4               | DE         | F . 7   | Mayor P.4           | -                | -                | 16,90 lux     | 18,25 lux     | -                  | -                  | 15,75              | 15,80              | -                   | -                   | 1,21                | 1,22                |
| C.1.1               | DE         | C . 1   | Mundir I            | 54,81 lux        | 69,51 lux        | 40,62 lux     | 53,68 lux     | 5,51               | 6,32               | 9,93               | 10,93              | 0,42                | 0,49                | 0,76                | 0,84                |
| C.1.2               | DE         | B . 2   | Santa Isabel        | 24,40 lux        | 33,58 lux        | 21,19 lux     | 28,72 lux     | 9,02               | 9,01               | 17,63              | 17,88              | 0,69                | 0,69                | 1,36                | 1,38                |
| C.1.3               | DE         | D . 4   | San Lorenzo P.1     | 26,37 lux        | 56,86 lux        | 17,05 lux     | 37,91 lux     | 7,17               | 7,09               | 13,66              | 13,11              | 0,55                | 0,55                | 1,01                | 1,05                |
| C.1.4               | DE         | D . 7   | Verónica            | 11,48 lux        | 24,74 lux        | 11,71 lux     | 26,48 lux     | 6,66               | 6,76               | 15,27              | 14,76              | 0,52                | 0,60                | 1,14                | 1,36                |



## ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

|                     |            | PROPIEDADES DE CALLE |                 | ESTUDIO 0 (25% contaminación lumínica) |                    |                    |                  |                  |               |               |           |                           |                       |             |                           |                |            |
|---------------------|------------|----------------------|-----------------|--|--------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|----------------|------------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Anchura media        | Anchura calzada | Nº Luminarias                          | Interdistancia MIN | Interdistancia MAX | SC MIN (Calzada) | SC MAX (Calzada) | SC MIN (Real) | SC MAX (Real) | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | Disposición de luminarias | P/Sup. Cálculo | Potencia   |
| D1.1                | AB         | 28 m                 | 10 m            | 38                                     | 25                 | 46                 | 250 m²           | 460 m²           | 700 m²        | 1288 m²       | 270 W     | 53,99 W                   | 1                     | 323,99 W    | T                         | 648,0 W        | 12311,75 W |
| D1.2                | AB         | 28 m                 | 14 m            | 4                                      | 32                 | 35                 | 448 m²           | 490 m²           | 896 m²        | 980 m²        | 270 W     | 53,99 W                   | 1                     | 323,99 W    | T                         | 648,0 W        | 1295,97 W  |
| D1.3                | AB         | 20,5 m               | 10,5 m          | 4                                      | 29                 | 39                 | 304,5 m²         | 409,5 m²         | 594,5 m²      | 799,5 m²      | 270 W     | 53,99 W                   | 1                     | 323,99 W    | T                         | 648,0 W        | 1295,97 W  |
| D2                  | DE         | 28 m                 | x               | 35                                     | 23                 | 23                 | -                | -                | 644 m²        | 644 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 3                     | 624,45 W    | T                         | 1248,9 W       | 21855,75 W |
| D3                  | AB         | 12 m                 | 3,5 m           | 41                                     | 18                 | 28                 | 63 m²            | 98 m²            | 216 m²        | 336 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 2                     | 416,30 W    | T                         | 832,6 W        | 17068,30 W |
| D4                  | AB         | 15 m                 | 8 m             | 44                                     | 18                 | 28                 | 144 m²           | 224 m²           | 270 m²        | 420 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 3                     | 624,45 W    | T                         | 1248,9 W       | 27475,80 W |
| D5                  | DE         | 8 m                  | x               | 6                                      | 9                  | 12                 | -                | -                | 72 m²         | 96 m²         | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | T                         | 208,5 W        | 625,60 W   |
| D6                  | DE         | 15 m                 | 6 m             | 5                                      | 18                 | 30                 | 108 m²           | 180 m²           | 270 m²        | 450 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | T                         | 416,3 W        | 1040,75 W  |
| D7                  | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 10                                     | 9                  | 25                 | 31,5 m²          | 87,5 m²          | 90 m²         | 250 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,2 W        | 2081,50 W  |
| D8                  | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 4                                      | 21                 | 29                 | 73,5 m²          | 101,5 m²         | 168 m²        | 232 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | T                         | 416,3 W        | 832,60 W   |

|                     |            |          |                             | ESTUDIO 0 (25% contaminación lumínica) |                              |                           |                           |                    |                    |                    |                    |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|------------|----------|-----------------------------|--|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Nº       | Nombre calle                | E <sub>m</sub> MIN (Calzada)           | E <sub>m</sub> MAX (Calzada) | E <sub>m</sub> MIN (Real) | E <sub>m</sub> MAX (Real) | ε <sub>c</sub> MIN | ε <sub>c</sub> MAX | ε <sub>r</sub> MIN | ε <sub>r</sub> MAX | I <sub>ec</sub> MIN | I <sub>ec</sub> MAX | I <sub>er</sub> MIN | I <sub>er</sub> MAX |
| D1.1                | AB         | 0 . 1.1  | Paseo Echegaray y Caballero | 27,75 lux                              | 51,75 lux                    | 18,40 lux                 | 34,03 lux                 | 19,97              | 19,70              | 36,76              | 36,57              | 0,90                | 0,91                | 1,66                | 1,86                |
| D1.2                | AB         | 0 . 1.2  |                             | 28,50 lux                              | 30,75 lux                    | 21,08 lux                 | 22,93 lux                 | 21,26              | 21,55              | 31,71              | 31,88              | 0,97                | 0,98                | 1,45                | 1,49                |
| D1.3                | AB         | 0 . 1.3  |                             | 33,38 lux                              | 44,63 lux                    | 24,90 lux                 | 41,76 lux                 | 20,97              | 21,09              | 38,31              | 30,73              | 0,95                | 0,96                | 1,40                | 1,74                |
| D2                  | DE         | 0 . 2    | de Alfonso I                | -                                      | -                            | 60,65 lux                 | 60,65 lux                 | -                  | -                  | 31,28              | 31,28              | -                   | -                   | 2,41                | 2,41                |
| D3                  | AB         | 0 . 3    | Don Jaime                   | 35,48 lux                              | 55,52 lux                    | 33,01 lux                 | 52,62 lux                 | 4,20               | 4,18               | 13,65              | 13,32              | 0,19                | 0,19                | 0,61                | 0,62                |
| D4                  | AB         | 0 . 4    | San Vicente de Paul         | 37,50 lux                              | 59,25 lux                    | 34,57 lux                 | 52,70 lux                 | 6,83               | 6,73               | 11,39              | 11,62              | 0,31                | 0,31                | 0,52                | 0,53                |
| D5                  | DE         | B . 25   | Galo Ponte                  | -                                      | -                            | 26,17 lux                 | 33,76 lux                 | -                  | -                  | 11,66              | 12,05              | -                   | -                   | 0,90                | 0,93                |
| D6                  | DE         | D . 8.2  | Pedro Joaquín Soler         | 9,00 lux                               | 15,00 lux                    | 10,61 lux                 | 24,23 lux                 | 3,89               | 3,89               | 15,71              | 11,47              | 0,30                | 0,40                | 0,88                | 1,47                |
| D7                  | DE         | E . 2    | Sepulcro P.2                | 17,07 lux                              | 47,60 lux                    | 11,19 lux                 | 30,97 lux                 | 7,20               | 7,18               | 13,39              | 13,44              | 0,55                | 0,55                | 1,03                | 1,22                |
| D8                  | DE         | B . 19.1 | Casto Méndez Núñez P1       | 26,56 lux                              | 35,36 lux                    | 22,94 lux                 | 28,48 lux                 | 6,24               | 6,48               | 11,49              | 12,79              | 0,48                | 0,50                | 0,88                | 0,98                |

Tabla 9- Rangos de eficiencia energética según tipología (25% pérdida de flujo) en el Estudio 0.

Es sencillo comprobar que las tipologías que contienen un “-” implique que son calles peatonales, y que por tanto únicamente se tiene un ancho que engloba toda la calle, y por tanto queda anulado el cálculo del rango de valores del índice de calificación energética para la calzada. Los valores en fondo rojo indican que mediante el programa Dialux se ha establecido que no cumplen con los niveles mínimos de iluminación (podría no cumplir algún valor como la iluminancia media mínima u otros). Estos son los resultados para una contaminación lumínica del 25%. Ahora se muestran los valores para el caso más desfavorable (41% contaminación lumínica):

# ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

|                     |            | PROPIEDADES DE CALLE |                 | ESTUDIO 0 (41% contaminación lumínica) |                    |                    |                  |                  |               |               |           |                           |                       |             |                           |                |           |
|---------------------|------------|----------------------|-----------------|--|--------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|----------------|-----------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Anchura media        | Anchura calzada | Nº Luminarias                          | Interdistancia MIN | Interdistancia MAX | SC MIN (Calzada) | SC MAX (Calzada) | SC MIN (Real) | SC MAX (Real) | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | Disposición de luminarias | P/Sup. Cálculo | Potencia  |
| A.2.1               | DE         | 3 m                  | x               | 4                                      | 12                 | 26                 | -                | -                | 36 m²         | 78 m²         | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 417,07 W  |
| A.2.2               | DE         | 3,5 m                | x               | 7                                      | 10                 | 26                 | -                | -                | 35 m²         | 91 m²         | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 729,87 W  |
| A.2.3               | DE         | 5 m                  | x               | 3                                      | 10                 | 28                 | -                | -                | 50 m²         | 140 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 312,80 W  |
| A.2.4               | DE         | 6 m                  | x               | 3                                      | 8                  | 14                 | -                | -                | 48 m²         | 84 m²         | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 312,80 W  |
| A.2.5               | DE         | 8,5 m                | x               | 5                                      | 9                  | 19                 | -                | -                | 76,5 m²       | 161,5 m²      | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 521,33 W  |
| B.2.1               | DE         | 3,5 m                | x               | 4                                      | 9                  | 28                 | -                | -                | 31,5 m²       | 98 m²         | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 417,07 W  |
| B.2.2               | DE         | 4,5 m                | x               | 11                                     | 9                  | 27                 | -                | -                | 40,5 m²       | 121,5 m²      | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 1146,93 W |
| B.2.3               | DE         | 5 m                  | x               | 5                                      | 10                 | 24                 | -                | -                | 50 m²         | 120 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 521,33 W  |
| B.2.4               | DE         | 6 m                  | x               | 5                                      | 6                  | 26                 | -                | -                | 36 m²         | 156 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 521,33 W  |
| B.2.5               | DE         | 10 m                 | x               | 4                                      | 16                 | 19                 | -                | -                | 160 m²        | 190 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 832,60 W  |
| C.2.1               | DE         | 4 m                  | 3 m             | 4                                      | 14                 | 33                 | 42 m²            | 99 m²            | 56 m²         | 132 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 832,60 W  |
| C.2.2               | DE         | 5 m                  | 3 m             | 3                                      | 8                  | 25                 | 24 m²            | 75 m²            | 40 m²         | 125 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 624,45 W  |
| C.2.3               | DE         | 6 m                  | 3 m             | 6                                      | 11                 | 28                 | 33 m²            | 84 m²            | 66 m²         | 168 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 1248,90 W |
| C.2.4               | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 8                                      | 7                  | 26                 | 24,5 m²          | 91 m²            | 56 m²         | 208 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 1665,20 W |
| C.2.5               | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 22                                     | 7                  | 28                 | 24,5 m²          | 98 m²            | 70 m²         | 280 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,15 W       | 4579,30 W |
| A.1.1               | DE         | 17,5 m               | x               | 16                                     | 9                  | 9                  | -                | -                | 157,5 m²      | 157,5 m²      | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | B                         | 416,3 W        | 3330,40 W |
| A.1.2               | DE         | 10 m                 | x               | 5                                      | 15                 | 24                 | -                | -                | 150 m²        | 240 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 521,33 W  |
| B.1.1               | DE         | 8 m                  | x               | 4                                      | 11                 | 32                 | -                | -                | 88 m²         | 256 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | T                         | 208,5333 W     | 417,07 W  |
| B.1.2               | DE         | 10 m                 | x               | 8                                      | 9                  | 12                 | -                | -                | 90 m²         | 120 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | U                         | 104,2667 W     | 834,13 W  |
| B.1.3               | DE         | 12 m                 | x               | 14                                     | 12                 | 13                 | -                | -                | 144 m²        | 156 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 2                     | 208,53 W    | U                         | 208,5333 W     | 2919,47 W |
| B.1.4               | DE         | 15 m                 | x               | 6                                      | 12                 | 13                 | -                | -                | 180 m²        | 195 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 1                     | 104,27 W    | B                         | 208,5333 W     | 625,60 W  |
| C.1.1               | DE         | 7 m                  | 3 m             | 10                                     | 11                 | 16                 | 33 m²            | 48 m²            | 77 m²         | 112 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | T                         | 416,3 W        | 2081,50 W |
| C.1.2               | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 18                                     | 16                 | 22                 | 56 m²            | 77 m²            | 128 m²        | 176 m²        | 80 W      | 24,3 W                    | 2                     | 208,53 W    | U                         | 208,5333 W     | 3753,60 W |
| C.1.3               | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 8                                      | 15                 | 32                 | 52,5 m²          | 112 m²           | 150 m²        | 320 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | T                         | 416,3 W        | 1665,20 W |
| C.1.4               | DE         | 15 m                 | 7 m             | 9                                      | 16                 | 35                 | 112 m²           | 245 m²           | 240 m²        | 525 m²        | 169 W     | 39,2 W                    | 1                     | 208,15 W    | T                         | 416,3 W        | 1873,35 W |

# ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

## ESTUDIO 0 (41% contaminación lumínica)

| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Nº      | Nombre calle        | Em MIN (Calzada) | Em MAX (Calzada) | Em MIN (Real) | Em MAX (Real) | ε <sub>c</sub> MIN | ε <sub>c</sub> MAX | ε <sub>r</sub> MIN | ε <sub>r</sub> MAX | I <sub>ec</sub> MIN | I <sub>ec</sub> MAX | I <sub>er</sub> MIN | I <sub>er</sub> MAX |
|---------------------|------------|---------|---------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| A.2.1               | DE         | C . 6   | R.Jordán de Urriés  | -                | -                | 6,39 lux      | 14,89 lux     | -                  | -                  | 5,14               | 4,78               | -                   | -                   | 0,37                | 0,55                |
| A.2.2               | DE         | B . 12  | Jussepe Martínez    | -                | -                | 5,91 lux      | 16,40 lux     | -                  | -                  | 5,51               | 5,16               | -                   | -                   | 0,40                | 0,61                |
| A.2.3               | DE         | B . 20  | San Félix           | -                | -                | 4,76 lux      | 13,97 lux     | -                  | -                  | 6,70               | 6,39               | -                   | -                   | 0,49                | 0,90                |
| A.2.4               | DE         | B . 11  | Don Pedro Atarés    | -                | -                | 9,51 lux      | 15,91 lux     | -                  | -                  | 7,32               | 7,66               | -                   | -                   | 0,59                | 0,64                |
| A.2.5               | DE         | F . 21  | Plaza San Carlos    | -                | -                | 5,33 lux      | 11,09 lux     | -                  | -                  | 8,13               | 8,25               | -                   | -                   | 0,66                | 0,99                |
| B.2.1               | DE         | F . 10  | San Cristobal       | -                | -                | 5,51 lux      | 17,93 lux     | -                  | -                  | 5,42               | 5,18               | -                   | -                   | 0,40                | 0,64                |
| B.2.2               | DE         | B . 29  | Estébanes           | -                | -                | 5,17 lux      | 16,27 lux     | -                  | -                  | 6,32               | 6,03               | -                   | -                   | 0,46                | 0,79                |
| B.2.3               | DE         | B . 16  | Torrenueva P.1      | -                | -                | 5,61 lux      | 13,97 lux     | -                  | -                  | 6,70               | 6,45               | -                   | -                   | 0,50                | 0,78                |
| B.2.4               | DE         | B . 8   | Temple              | -                | -                | 4,68 lux      | 21,07 lux     | -                  | -                  | 7,28               | 7,01               | -                   | -                   | 0,54                | 0,99                |
| B.2.5               | DE         | F . 4   | Universidad P.2     | -                | -                | 10,44 lux     | 12,52 lux     | -                  | -                  | 9,62               | 9,53               | -                   | -                   | 0,73                | 0,80                |
| C.2.1               | DE         | C . 9   | Diego Dormer        | 9,44 lux         | 24,67 lux        | 8,47 lux      | 21,56 lux     | 4,98               | 4,49               | 5,80               | 5,37               | 0,35                | 0,44                | 0,41                | 0,54                |
| C.2.2               | DE         | D . 3   | Hermanos Argensola  | 13,29 lux        | 42,55 lux        | 11,00 lux     | 34,64 lux     | 4,91               | 4,79               | 6,66               | 6,61               | 0,37                | 0,38                | 0,51                | 0,53                |
| C.2.3               | DE         | B . 10  | Contamina           | 12,00 lux        | 31,22 lux        | 8,91 lux      | 23,79 lux     | 4,95               | 4,84               | 7,54               | 7,19               | 0,37                | 0,38                | 0,55                | 0,68                |
| C.2.4               | DE         | D . 6   | San Andrés          | 8,24 lux         | 30,08 lux        | 7,90 lux      | 29,58 lux     | 3,54               | 3,60               | 7,96               | 7,90               | 0,28                | 0,33                | 0,61                | 0,77                |
| C.2.5               | DE         | A . 12  | Espoz y Mina        | 9,79 lux         | 39,82 lux        | 7,07 lux      | 30,17 lux     | 4,69               | 4,61               | 10,14              | 9,51               | 0,35                | 0,40                | 0,73                | 1,04                |
| A.1.1               | DE         | A . 3   | M.Calanda           | -                | -                | 35,01 lux     | 35,01 lux     | -                  | -                  | 13,25              | 13,25              | -                   | -                   | 1,02                | 1,02                |
| A.1.2               | DE         | C . 4   | José Palafox P.1    | -                | -                | 4,44 lux      | 7,56 lux      | -                  | -                  | 10,87              | 10,21              | -                   | -                   | 1,01                | 1,55                |
| B.1.1               | DE         | B . 31  | José Pellicer Ossau | -                | -                | 6,29 lux      | 19,33 lux     | -                  | -                  | 8,16               | 7,72               | -                   | -                   | 0,59                | 0,88                |
| B.1.2               | DE         | F . 3   | Martín Carrillo     | -                | -                | 10,68 lux     | 13,83 lux     | -                  | -                  | 11,94              | 12,29              | -                   | -                   | 0,95                | 0,98                |
| B.1.3               | DE         | A . 7.2 | Santiago P.2        | -                | -                | 11,79 lux     | 12,82 lux     | -                  | -                  | 8,85               | 8,82               | -                   | -                   | 0,68                | 0,68                |
| B.1.4               | DE         | F . 7   | Mayor P.4           | -                | -                | 13,29 lux     | 14,35 lux     | -                  | -                  | 12,39              | 12,43              | -                   | -                   | 0,95                | 0,96                |
| C.1.1               | DE         | C . 1   | Mundir I            | 43,12 lux        | 54,68 lux        | 31,96 lux     | 42,23 lux     | 4,33               | 4,97               | 7,81               | 8,60               | 0,33                | 0,38                | 0,60                | 0,66                |
| C.1.2               | DE         | B . 2   | Santa Isabel        | 19,19 lux        | 26,41 lux        | 16,67 lux     | 22,59 lux     | 7,09               | 7,09               | 13,87              | 14,07              | 0,55                | 0,55                | 1,07                | 1,08                |
| C.1.3               | DE         | D . 4   | San Lorenzo P.1     | 20,74 lux        | 44,73 lux        | 13,41 lux     | 29,82 lux     | 5,64               | 5,58               | 10,75              | 10,31              | 0,43                | 0,43                | 0,79                | 0,83                |
| C.1.4               | DE         | D . 7   | Verónica            | 9,03 lux         | 19,46 lux        | 9,21 lux      | 20,83 lux     | 5,24               | 5,32               | 12,01              | 11,61              | 0,41                | 0,47                | 0,89                | 1,07                |

## ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

|                     |            | PROPIEDADES DE CALLE |                 | ESTUDIO 0 (41% contaminación lumínica) |                    |                    |                  |                  |               |               |           |                           |                       |             |                           |                |            |
|---------------------|------------|----------------------|-----------------|--|--------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|----------------|------------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Anchura media        | Anchura calzada | Nº Luminarias                          | Interdistancia MIN | Interdistancia MAX | SC MIN (Calzada) | SC MAX (Calzada) | SC MIN (Real) | SC MAX (Real) | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | Disposición de luminarias | P/Sup. Cálculo | Potencia   |
| D1.1                | AB         | 28 m                 | 10 m            | 38                                     | 25                 | 46                 | 250 m²           | 460 m²           | 700 m²        | 1288 m²       | 270 W     | 53,99 W                   | 1                     | 323,99 W    | T                         | 648,0 W        | 12311,75 W |
| D1.2                | AB         | 28 m                 | 14 m            | 4                                      | 32                 | 35                 | 448 m²           | 490 m²           | 896 m²        | 980 m²        | 270 W     | 53,99 W                   | 1                     | 323,99 W    | T                         | 648,0 W        | 1295,97 W  |
| D1.3                | AB         | 20,5 m               | 10,5 m          | 4                                      | 29                 | 39                 | 304,5 m²         | 409,5 m²         | 594,5 m²      | 799,5 m²      | 270 W     | 53,99 W                   | 1                     | 323,99 W    | T                         | 648,0 W        | 1295,97 W  |
| D2                  | DE         | 28 m                 | x               | 35                                     | 23                 | 23                 | -                | -                | 644 m²        | 644 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 3                     | 624,45 W    | T                         | 1248,9 W       | 21855,75 W |
| D3                  | AB         | 12 m                 | 3,5 m           | 41                                     | 18                 | 28                 | 63 m²            | 98 m²            | 216 m²        | 336 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 2                     | 416,30 W    | T                         | 832,6 W        | 17068,30 W |
| D4                  | AB         | 15 m                 | 8 m             | 44                                     | 18                 | 28                 | 144 m²           | 224 m²           | 270 m²        | 420 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 3                     | 624,45 W    | T                         | 1248,9 W       | 27475,80 W |
| D5                  | DE         | 8 m                  | x               | 6                                      | 9                  | 12                 | -                | -                | 72 m²         | 96 m²         | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | T                         | 208,5 W        | 625,60 W   |
| D6                  | DE         | 15 m                 | 6 m             | 5                                      | 18                 | 30                 | 108 m²           | 180 m²           | 270 m²        | 450 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | T                         | 416,3 W        | 1040,75 W  |
| D7                  | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 10                                     | 9                  | 25                 | 31,5 m²          | 87,5 m²          | 90 m²         | 250 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | U                         | 208,2 W        | 2081,50 W  |
| D8                  | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 4                                      | 21                 | 29                 | 73,5 m²          | 101,5 m²         | 168 m²        | 232 m²        | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | T                         | 416,3 W        | 832,60 W   |

|                     |            |          |                             | ESTUDIO 0 (41% contaminación lumínica) |                              |                           |                           |                    |                    |                    |                    |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|------------|----------|-----------------------------|--|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Nº       | Nombre calle                | E <sub>m</sub> MIN (Calzada)           | E <sub>m</sub> MAX (Calzada) | E <sub>m</sub> MIN (Real) | E <sub>m</sub> MAX (Real) | ε <sub>c</sub> MIN | ε <sub>c</sub> MAX | ε <sub>r</sub> MIN | ε <sub>r</sub> MAX | I <sub>ec</sub> MIN | I <sub>ec</sub> MAX | I <sub>er</sub> MIN | I <sub>er</sub> MAX |
| D1.1                | AB         | 0 . 1.1  | Paseo Echegaray y Caballero | 21,83 lux                              | 40,71 lux                    | 14,47 lux                 | 26,77 lux                 | 15,71              | 15,50              | 28,92              | 28,77              | 0,70                | 0,71                | 1,31                | 1,46                |
| D1.2                | AB         | 0 . 1.2  |                             | 22,42 lux                              | 24,19 lux                    | 16,58 lux                 | 18,04 lux                 | 16,72              | 16,95              | 24,94              | 25,08              | 0,76                | 0,77                | 1,14                | 1,17                |
| D1.3                | AB         | 0 . 1.3  |                             | 26,26 lux                              | 35,11 lux                    | 19,59 lux                 | 32,85 lux                 | 16,50              | 16,59              | 30,14              | 24,17              | 0,75                | 0,75                | 1,10                | 1,37                |
| D2                  | DE         | 0 . 2    | de Alfonso I                | -                                      | -                            | 47,71 lux                 | 47,71 lux                 | -                  | -                  | 24,60              | 24,60              | -                   | -                   | 1,89                | 1,89                |
| D3                  | AB         | 0 . 3    | Don Jaime                   | 27,91 lux                              | 43,67 lux                    | 25,97 lux                 | 41,40 lux                 | 3,30               | 3,29               | 10,74              | 10,48              | 0,15                | 0,15                | 0,48                | 0,49                |
| D4                  | AB         | 0 . 4    | San Vicente de Paul         | 29,50 lux                              | 46,61 lux                    | 27,19 lux                 | 41,46 lux                 | 5,37               | 5,29               | 8,96               | 9,14               | 0,24                | 0,24                | 0,41                | 0,42                |
| D5                  | DE         | B . 25   | Galo Ponte                  | -                                      | -                            | 20,59 lux                 | 26,56 lux                 | -                  | -                  | 9,17               | 9,48               | -                   | -                   | 0,71                | 0,73                |
| D6                  | DE         | D . 8.2  | Pedro Joaquín Soler         | 7,08 lux                               | 11,80 lux                    | 8,34 lux                  | 19,06 lux                 | 3,06               | 3,06               | 12,36              | 9,02               | 0,24                | 0,31                | 0,69                | 1,16                |
| D7                  | DE         | E . 2    | Sepulcro P.2                | 13,43 lux                              | 37,45 lux                    | 8,80 lux                  | 24,36 lux                 | 5,67               | 5,64               | 10,53              | 10,58              | 0,43                | 0,44                | 0,81                | 0,96                |
| D8                  | DE         | B . 19.1 | Casto Méndez Núñez P1       | 20,89 lux                              | 27,81 lux                    | 18,05 lux                 | 22,40 lux                 | 4,91               | 5,09               | 9,04               | 10,06              | 0,38                | 0,39                | 0,70                | 0,77                |

Tabla 10- Rangos de eficiencia energética según tipología (41% pérdida de flujo) en el Estudio 0.

De nuevo se incluyen los valores de superficie de cálculo, potencia por superficie, iluminancia media, índice de eficiencia energética y, en fucsia, el intervalo generado de calificación energética que asegura acoger los resultados de todas las vías existentes en cada una de las tipologías. En rojo, nuevamente valores de iluminancia media que indican que en dicha tipología no se cumplen con los niveles mínimos requeridos debido posiblemente a otros factores como la iluminancia mínima por superficie. Si bien podría ser un incumplimiento dado en una acera (superficie que no se estima de gran importancia dado que el objeto de la luminaria es para con la iluminación de la calzada) se toman los valores de iluminancia media igualmente, aunque podrá verse al detalle en el Anexo VI. *Dialux*.

## 2- ESTUDIO I. INSTALACIÓN ACTUAL + LUMINARIA LED

### 2.1- Definición y caracterización

En este primer estudio comparativo se busca una solución a priori competitiva y equilibrada desde todos los puntos de vista que se contemplan en este proyecto. Su propia definición sería la de reutilizar la instalación actual modificando únicamente el factor de eficiencia energética, que quedaba algo pobre en el análisis de la instalación actual (Estudio 0). Esto se consigue básicamente proponiendo como solución instalar luminaria de tipo LED reemplazando la actual luminaria de vapor de sodio de alta presión (VSAP). Con dicho cambio es más que una realidad que se aumente el índice de eficiencia energética en la mayoría de las vías que componen este casco antiguo de Zaragoza, reafirmando la optimización que se persigue. Sin embargo, aun evitando realizar una modificación completa de la instalación habría que contemplar si la inversión inicial que se abordaría es suficientemente pequeña como para pensar en este estudio como una solución efectiva y aceptable.

Este estudio por tanto refleja una decisión de cambio algo austera limitada por el actual movimiento económico mundial.

Tal y como se hizo en el Estudio 0, las consideraciones, criterios y justificaciones oportunos que tengan que ver con la instalación se mantienen también aquí.

### 2.2- Proceso de cálculos

#### 2.2.1- Base del cálculo

Dado que la instalación no sufre modificación alguna, el criterio empleado para catalogar las vías en tipologías es el mismo que el seguido para el Estudio 0.

La tipología, de nuevo, sería la siguiente:

**A.1- Tipo peatonal I (a columna).**

**A.2- Tipo peatonal II (en brazo sobre fachada).**

**B.1- Tipo peatonal de tráfico restringido (a columna).**

**B.2- Tipo peatonal de tráfico restringido (en brazo sobre fachada).**

**C.1- Tipo tráfico lento I (a columna).**

**C.2- Tipo tráfico lento II (en brazo sobre fachada).**

**D- Tipo especial.**

La *Tabla 1* muestra las vías detalladas y la tipología a la que pertenecen, tal y como se ha definido para el Estudio 0.

#### *Distribución de las luminarias (Unilateral, Tresbolillo, Bilateral)*

La distribución, al ser una propiedad de la instalación al igual que las interdistancias halladas en el Estudio 0 (máxima y mínima por tipología), el número de luminarias y la posición de las mismas (a fachada o sobre columna), se mantendrá fija según lo descrito en el Estudio 0.

## 2.2.2- Interdistancia

Como ya se ha comentado, tanto las interdistancias mínima como la máxima de cada tipología se mantendrán con el mismo valor tal y como se detalla en la *Tabla 2* manteniendo las mismas consideraciones y criterios seguidos en el Estudio 0.

## 2.2.3- Desarrollo del cálculo en Dialux y consideraciones adicionales

Tras establecer todos los datos necesarios para el análisis del presente estudio, se procede a crear en el programa de cálculo luminotécnico **Dialux** los diferentes archivos que simbolizan los diferentes análisis según tipología. Es imperativo definir que las calles tipo elegidas en el Estudio 0 son las mismas con las que contarán los siguientes estudios, incluyendo éste mismo. El desarrollo a seguir es el mismo que el descrito en el anterior estudio de forma en el que se han mantenido los pasos que se describen a continuación:

### 2.2.3.1- Geometría

Se establecen las superficies que conforman la vía tales como las aceras (única si es peatonal), la calzada (si no es calle peatonal), aparcamientos laterales y otros. De cada una de las superficies se establecerá el tipo de vía según lo dispuesto en el *Real Decreto 1890/08* y especificado en la *Memoria*.

#### 2.2.3.1.1- Superficie de cálculo

De nuevo la superficie de cálculo mantiene los mismos criterios que en el Estudio 0 y los mismos valores obtenidos en el Estudio 0 (ver *1.2.3.1.1- Superficie de cálculo*).

#### 2.2.3.1.2- $\epsilon_{ref}$

De igual modo que en Estudio 0, todos los valores de iluminancia media hallados se emplearán en un cálculo en Excel por el cual se desarrollará una interpolación lineal en base a los valores de las tablas de la *ITC-EA-02* del *Real Decreto 1890/08* (tablas 4 y 5).

### 2.2.3.2- Luminaria

La luminaria a escoger en el programa para cada caso seguirá lo estipulado en el Estudio 0. Siempre se buscará la mínima potencia que permita cumplir con los valores mínimos exigidos por la *normativa vigente*. Dicha potencia será la dada por las luminarias LED escogidas del Catálogo Philips Lightning, ya sean *Jargeau 400 gen2 LED*, *farol Fernandino (LED)* o *IRIDIUM<sup>2</sup> LED Large* (Paseo Echegaray y Caballero).

Al no poseer los datos luminotécnicos del farol Fernandino (LED) se decide emplear la información de la luminaria Jargeau 400 gen2 LED de la que sí se conoce para realizar los cálculos oportunos referentes a las calles **0.2**(calle Alfonso), **0.3**(calle Don Jaime) y **0.4**(Calle San Vicente de Paúl).

Por tanto el rango de potencias sobre el cual realizar los cálculos oportunos será de 13.1W, 26.1W, 56W y 87W en todas las calles excepto en el Paseo Echegaray (105.7W y 207W).

### 2.2.3.3- Cálculo luminotécnico

Al igual que se veía en el Estudio 0, deberá introducirse los valores que corresponden con la caracterización de la vía tipo objeto de estudio y repetir el proceso para todas las tipologías. Toda su geometría, el tipo de vía, etc.

En el apartado luminotécnico se establecerá la luminaria elegida y con ello todas sus propiedades. La distribución será la misma que para el Estudio 0 al igual que las interdistancias con las que se lleve a cabo el análisis. Manteniendo todos esos datos fijos se buscará la potencia que consiga cumplir con la normativa vigente siempre en orden creciente de potencia, es decir, probando primero con la más baja.

Si existe una ligera modificación en comparación con el estudio anterior. Y es que en esta instalación se propone utilizar lámparas LED. Esta modificación afecta indudablemente a la eficiencia energética, pero entrando más en detalle la principal modificación surge en el equipo auxiliar. La luminaria instalada con vapor de sodio debía tener un equipo auxiliar algo anticuado y que aun siendo la reactancia más desarrollada y optimizada el caso es que no rivaliza con los equipos necesarios para el funcionamiento de LED. Dicho equipo auxiliar, también denominado *Driver*, se encarga de un encendido cuyo pico de arranque es de 20 A y dura unos 60μs (caso de luminaria *Jargeau 400 gen2 LED*). Dicho tiempo es despreciable frente a un arranque de vapor de sodio en el que de media suele durar unos 2-5 minutos hasta el 100% del flujo. Esto supone no sólo un ahorro en potencia, sino sobre todo un añadido importante a la hora de aumentar la eficiencia energética por vial.

A continuación se procede a realizar el cálculo de la potencia consumida por el equipo auxiliar. En las tablas de especificaciones técnicas de la luminaria *Jargeau 400 gen2 LED* se encuentra el factor de potencia de la lámpara LED. Concretamente lo descrito en la siguiente figura:

|                   |   |
|-------------------|---|
| Datos eléctricos: | Factor de potencia 0,9 del 100% al 30% de flujo, Pico de arranque 20 A, 60μs              |
| Aplicaciones      | Plazas, centros comerciales periféricos, aceras, zonas peatonales, parques, áreas urbanas |
| Peso              | Placa BGS981: 2.500kg<br>Farol Vacio HPB430 : 3 kg  |

11 Luminarias Philips de Exterior

*Ilustración 2- Tabla de características de luminaria HPB430, cortesía de PHILIPS.*

Puesto que a la hora de identificar la Potencia de cálculo en la **Ec.1** hay que tener en cuenta también la consumida por el equipo auxiliar se obtiene para las luminarias en uso los siguientes valores:

| POTENCIA DE LUMINARIA LED |                   |                |
|---------------------------|-------------------|----------------|
| P Lampara                 | P Equipo Auxiliar | POTENCIA TOTAL |
| 13,1 W                    | 1,5 W             | 14,56 W        |
| 26,1 W                    | 2,9 W             | 29,00 W        |
| 56,0 W                    | 6,2 W             | 62,22 W        |
| 87,0 W                    | 9,7 W             | 96,67 W        |
| 105,7 W                   | 11,7 W            | 117,44 W       |
| 207,0 W                   | 23,0 W            | 230,00 W       |

Tabla 11- Resumen de potencias de luminaria LED instalada.

Volviendo al ensayo global, ya se tienen los datos suficientes como para calcular la eficiencia energética de cada tipología. De esta forma se obtendrán los resultados de iluminancia media para cada interdistancia de cada una de las vías tipo. Además es importante puntualizar que, entre el caso de interdistancia mínima y el de interdistancia máxima, **se deberá considerar elegir una potencia que cumpla ambos casos en el programa de cálculo.**

En cuanto a la altura del punto de luz colocado a fachada, en cada caso se aproximará a una misma medida para todas las calles que son objeto de este estudio, estableciéndola en 5m, dado que la mayoría de la luminaria a fachada del casco antiguo se sitúa en torno a dicha altura.

Los resultados de iluminancia media se emplean para calcular, primero la eficiencia energética, y posteriormente el índice de calificación energética que determina el carácter de las vías como se ha explicado en el **apartado 2.2.3.1.2.**

Se obtiene así el rango de valores del índice de calificación energética, que se adjunta en la siguiente tabla junto con los demás datos del estudio.



# ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

|                     |            | PROPIEDADES DE CALLE |                 | ESTUDIO I     |                    |                    |                  |                  |               |               |           |                           |                       |             |                           |                |           |
|---------------------|------------|----------------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|----------------|-----------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Anchura media        | Anchura calzada | Nº Luminarias | Interdistancia MIN | Interdistancia MAX | SC MIN (Calzada) | SC MAX (Calzada) | SC MIN (Real) | SC MAX (Real) | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | Disposición de luminarias | P/Sup. Cálculo | Potencia  |
| A.2.1               | DE         | 3 m                  | x               | 4             | 12                 | 26                 | -                | -                | 36 m²         | 78 m²         | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 248,89 W  |
| A.2.2               | DE         | 3,5 m                | x               | 7             | 10                 | 26                 | -                | -                | 35 m²         | 91 m²         | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 435,56 W  |
| A.2.3               | DE         | 5 m                  | x               | 3             | 10                 | 28                 | -                | -                | 50 m²         | 140 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 186,67 W  |
| A.2.4               | DE         | 6 m                  | x               | 3             | 8                  | 14                 | -                | -                | 48 m²         | 84 m²         | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 186,67 W  |
| A.2.5               | DE         | 8,5 m                | x               | 5             | 9                  | 19                 | -                | -                | 76,5 m²       | 161,5 m²      | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 311,11 W  |
| B.2.1               | DE         | 3,5 m                | x               | 4             | 9                  | 28                 | -                | -                | 31,5 m²       | 98 m²         | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 248,89 W  |
| B.2.2               | DE         | 4,5 m                | x               | 11            | 9                  | 27                 | -                | -                | 40,5 m²       | 121,5 m²      | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 684,44 W  |
| B.2.3               | DE         | 5 m                  | x               | 5             | 10                 | 24                 | -                | -                | 50 m²         | 120 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 311,11 W  |
| B.2.4               | DE         | 6 m                  | x               | 5             | 6                  | 26                 | -                | -                | 36 m²         | 156 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 311,11 W  |
| B.2.5               | DE         | 10 m                 | x               | 4             | 16                 | 19                 | -                | -                | 160 m²        | 190 m²        | 87 W      | 9,666667 W                | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,6667 W      | 386,67 W  |
| C.2.1               | DE         | 4 m                  | 3 m             | 4             | 14                 | 33                 | 42 m²            | 99 m²            | 56 m²         | 132 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 248,89 W  |
| C.2.2               | DE         | 5 m                  | 3 m             | 3             | 8                  | 25                 | 24 m²            | 75 m²            | 40 m²         | 125 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 186,67 W  |
| C.2.3               | DE         | 6 m                  | 3 m             | 6             | 11                 | 28                 | 33 m²            | 84 m²            | 66 m²         | 168 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 373,33 W  |
| C.2.4               | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 8             | 7                  | 26                 | 24,5 m²          | 91 m²            | 56 m²         | 208 m²        | 87 W      | 9,666667 W                | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,6667 W      | 773,33 W  |
| C.2.5               | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 22            | 7                  | 28                 | 24,5 m²          | 98 m²            | 70 m²         | 280 m²        | 87 W      | 9,666667 W                | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,6667 W      | 2126,67 W |
| A.1.1               | DE         | 17,5 m               | x               | 16            | 9                  | 9                  | -                | -                | 157,5 m²      | 157,5 m²      | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | B                         | 124,4444 W     | 995,56 W  |
| A.1.2               | DE         | 10 m                 | x               | 5             | 15                 | 24                 | -                | -                | 150 m²        | 240 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 311,11 W  |
| B.1.1               | DE         | 8 m                  | x               | 4             | 11                 | 32                 | -                | -                | 88 m²         | 256 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | T                         | 124,4444 W     | 248,89 W  |
| B.1.2               | DE         | 10 m                 | x               | 8             | 9                  | 12                 | -                | -                | 90 m²         | 120 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,2222 W      | 497,78 W  |
| B.1.3               | DE         | 12 m                 | x               | 14            | 12                 | 13                 | -                | -                | 144 m²        | 156 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 2                     | 124,44 W    | U                         | 124,4444 W     | 1742,22 W |
| B.1.4               | DE         | 15 m                 | x               | 6             | 12                 | 13                 | -                | -                | 180 m²        | 195 m²        | 26 W      | 2,888889 W                | 1                     | 28,89 W     | B                         | 57,7778 W      | 173,33 W  |
| C.1.1               | DE         | 7 m                  | 3 m             | 10            | 11                 | 16                 | 33 m²            | 48 m²            | 77 m²         | 112 m²        | 26 W      | 2,888889 W                | 1                     | 28,89 W     | T                         | 57,7778 W      | 288,89 W  |
| C.1.2               | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 18            | 16                 | 22                 | 56 m²            | 77 m²            | 128 m²        | 176 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 2                     | 124,44 W    | U                         | 124,4444 W     | 2240,00 W |
| C.1.3               | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 8             | 15                 | 32                 | 52,5 m²          | 112 m²           | 150 m²        | 320 m²        | 56 W      | 6,222222 W                | 1                     | 62,22 W     | T                         | 124,4444 W     | 497,78 W  |
| C.1.4               | DE         | 15 m                 | 7 m             | 9             | 16                 | 35                 | 112 m²           | 245 m²           | 240 m²        | 525 m²        | 87 W      | 9,666667 W                | 1                     | 96,67 W     | T                         | 193,3333 W     | 870,00 W  |

# ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

| ESTUDIO I           |            |         |                     |                  |                  |               |               |                    |                    |                    |                    |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|------------|---------|---------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Nº      | Nombre calle        | Em MIN (Calzada) | Em MAX (Calzada) | Em MIN (Real) | Em MAX (Real) | ε <sub>c</sub> MIN | ε <sub>c</sub> MAX | ε <sub>r</sub> MIN | ε <sub>r</sub> MAX | I <sub>ec</sub> MIN | I <sub>ec</sub> MAX | I <sub>er</sub> MIN | I <sub>er</sub> MAX |
| A.2.1               | DE         | C . 6   | R.Jordán de Urriés  | -                | -                | 9,81 lux      | 21,44 lux     | -                  | -                  | 12,40              | 12,30              | -                   | -                   | 0,95                | 1,40                |
| A.2.2               | DE         | B . 12  | Jussepe Martínez    | -                | -                | 9,58 lux      | 24,59 lux     | -                  | -                  | 13,83              | 14,01              | -                   | -                   | 1,08                | 1,60                |
| A.2.3               | DE         | B . 20  | San Félix           | -                | -                | 8,35 lux      | 23,24 lux     | -                  | -                  | 18,68              | 18,79              | -                   | -                   | 1,45                | 2,43                |
| A.2.4               | DE         | B . 11  | Don Pedro Atarés    | -                | -                | 16,23 lux     | 27,93 lux     | -                  | -                  | 21,55              | 21,91              | -                   | -                   | 1,69                | 1,87                |
| A.2.5               | DE         | F . 21  | Plaza San Carlos    | -                | -                | 10,43 lux     | 22,04 lux     | -                  | -                  | 27,10              | 27,07              | -                   | -                   | 2,08                | 2,95                |
| B.2.1               | DE         | F . 10  | San Cristobal       | -                | -                | 8,89 lux      | 27,39 lux     | -                  | -                  | 13,87              | 14,00              | -                   | -                   | 1,08                | 1,71                |
| B.2.2               | DE         | B . 29  | Estébanes           | -                | -                | 8,92 lux      | 26,47 lux     | -                  | -                  | 17,23              | 17,42              | -                   | -                   | 1,34                | 2,12                |
| B.2.3               | DE         | B . 16  | Torrenueva P.1      | -                | -                | 9,76 lux      | 23,24 lux     | -                  | -                  | 18,68              | 18,82              | -                   | -                   | 1,45                | 2,12                |
| B.2.4               | DE         | B . 8   | Temple              | -                | -                | 8,66 lux      | 37,39 lux     | -                  | -                  | 21,63              | 21,71              | -                   | -                   | 1,67                | 2,73                |
| B.2.5               | DE         | F . 4   | Universidad P.2     | -                | -                | 13,54 lux     | 16,03 lux     | -                  | -                  | 26,53              | 26,61              | -                   | -                   | 2,33                | 2,55                |
| C.2.1               | DE         | C . 9   | Diego Dormer        | 10,13 lux        | 24,72 lux        | 9,98666 lux   | 24,08 lux     | 16,69              | 16,12              | 21,67              | 21,19              | 1,24                | 1,84                | 1,63                | 2,41                |
| C.2.2               | DE         | D . 3   | Hermanos Argensola  | 13,15 lux        | 40,88 lux        | 13,08 lux     | 40,35 lux     | 15,77              | 15,85              | 25,94              | 26,28              | 1,22                | 1,54                | 2,02                | 2,54                |
| C.2.3               | DE         | B . 10  | Contamina           | 7,93 lux         | 20,23 lux        | 7,98333 lux   | 20,0933 lux   | 10,73              | 10,71              | 21,31              | 21,55              | 0,82                | 1,46                | 1,66                | 2,89                |
| C.2.4               | DE         | D . 6   | San Andrés          | 10,05 lux        | 37,42 lux        | 10,25 lux     | 37,86 lux     | 9,48               | 9,46               | 21,93              | 22,06              | 0,69                | 0,81                | 1,55                | 1,81                |
| C.2.5               | DE         | A . 12  | Espoz y Mina        | 10,3 lux         | 41,5 lux         | 9,84666 lux   | 39,0167 lux   | 10,52              | 10,44              | 28,25              | 28,52              | 0,80                | 1,15                | 2,19                | 3,18                |
| A.1.1               | DE         | A . 3   | M.Calanda           | -                | -                | 33,01 lux     | 33,01 lux     | -                  | -                  | 41,78              | 41,78              | -                   | -                   | 3,21                | 3,21                |
| A.1.2               | DE         | C . 4   | José Palafox P.1    | -                | -                | 11,72 lux     | 18,8 lux      | -                  | -                  | 45,32              | 45,21              | -                   | -                   | 3,61                | 4,68                |
| B.1.1               | DE         | B . 31  | José Pellicer Ossau | -                | -                | 12,57 lux     | 36,73 lux     | -                  | -                  | 25,97              | 25,86              | -                   | -                   | 1,99                | 2,59                |
| B.1.2               | DE         | F . 3   | Martín Carrillo     | -                | -                | 15,52 lux     | 20,57 lux     | -                  | -                  | 29,75              | 29,93              | -                   | -                   | 2,30                | 2,65                |
| B.1.3               | DE         | A . 7.2 | Santiago P.2        | -                | -                | 19,38 lux     | 21,17 lux     | -                  | -                  | 24,50              | 24,29              | -                   | -                   | 1,87                | 1,92                |
| B.1.4               | DE         | F . 7   | Mayor P.4           | -                | -                | 10,98 lux     | 11,85 lux     | -                  | -                  | 36,92              | 37,06              | -                   | -                   | 3,80                | 3,93                |
| C.1.1               | DE         | C . 1   | Mundir I            | 12,51 lux        | 17,99 lux        | 12,0433 lux   | 17,4633 lux   | 10,28              | 10,39              | 23,27              | 23,35              | 0,85                | 1,03                | 1,95                | 2,37                |
| C.1.2               | DE         | B . 2   | Santa Isabel        | 14,27 lux        | 19,34 lux        | 13,5867 lux   | 18,41 lux     | 8,70               | 8,83               | 18,94              | 19,22              | 0,69                | 0,81                | 1,55                | 1,81                |
| C.1.3               | DE         | D . 4   | San Lorenzo P.1     | 14,23 lux        | 30,47 lux        | 12,4533 lux   | 27,0367 lux   | 12,85              | 12,81              | 32,59              | 32,02              | 0,99                | 1,20                | 2,46                | 3,26                |
| C.1.4               | DE         | D . 7   | Verónica            | 13,95 lux        | 30,29 lux        | 12,688 lux    | 28,246 lux    | 17,55              | 17,68              | 35,06              | 34,45              | 1,36                | 1,66                | 2,65                | 3,48                |

## ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

|                     |            | PROPIEDADES DE CALLE |                 | ESTUDIO I     |                    |                    |                  |                  |               |               |           |                           |                       |             |                           |                |           |
|---------------------|------------|----------------------|-----------------|---------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|---------------------------|----------------|-----------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Anchura media        | Anchura calzada | Nº Luminarias | Interdistancia MIN | Interdistancia MAX | SC MIN (Calzada) | SC MAX (Calzada) | SC MIN (Real) | SC MAX (Real) | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | Disposición de luminarias | P/Sup. Cálculo | Potencia  |
| D1.1                | AB         | 28 m                 | 10 m            | 38            | 25                 | 46                 | 250 m²           | 460 m²           | 700 m²        | 1288 m²       | 207 W     | 23,00 W                   | 1                     | 230,00 W    | T                         | 460,0 W        | 8740,00 W |
| D1.2                | AB         | 28 m                 | 14 m            | 4             | 32                 | 35                 | 448 m²           | 490 m²           | 896 m²        | 980 m²        | 207 W     | 23,00 W                   | 1                     | 230,00 W    | T                         | 460,0 W        | 920,00 W  |
| D1.3                | AB         | 20,5 m               | 10,5 m          | 4             | 29                 | 39                 | 304,5 m²         | 409,5 m²         | 594,5 m²      | 799,5 m²      | 207 W     | 23,00 W                   | 1                     | 230,00 W    | T                         | 460,0 W        | 920,00 W  |
| D2                  | DE         | 28 m                 | x               | 35            | 23                 | 23                 | -                | -                | 644 m²        | 644 m²        | 56 W      | 6,22 W                    | 3                     | 186,67 W    | T                         | 373,3 W        | 6533,33 W |
| D3                  | AB         | 12 m                 | 3,5 m           | 41            | 18                 | 28                 | 63 m²            | 98 m²            | 216 m²        | 336 m²        | 87 W      | 9,67 W                    | 2                     | 193,33 W    | T                         | 386,7 W        | 7926,67 W |
| D4                  | AB         | 15 m                 | 8 m             | 44            | 18                 | 28                 | 144 m²           | 224 m²           | 270 m²        | 420 m²        | 56 W      | 6,22 W                    | 3                     | 186,67 W    | T                         | 373,3 W        | 8213,33 W |
| D5                  | DE         | 8 m                  | x               | 6             | 9                  | 12                 | -                | -                | 72 m²         | 96 m²         | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | T                         | 29,1 W         | 87,33 W   |
| D6                  | DE         | 15 m                 | 6 m             | 5             | 18                 | 30                 | 108 m²           | 180 m²           | 270 m²        | 450 m²        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | T                         | 193,3 W        | 483,33 W  |
| D7                  | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 10            | 9                  | 25                 | 31,5 m²          | 87,5 m²          | 90 m²         | 250 m²        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,7 W         | 966,67 W  |
| D8                  | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 4             | 21                 | 29                 | 73,5 m²          | 101,5 m²         | 168 m²        | 232 m²        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | T                         | 124,4 W        | 248,89 W  |

|                     |            |          |                             | ESTUDIO I                    |                              |                           |                           |                    |                    |                    |                    |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|------------|----------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Nº       | Nombre calle                | E <sub>m</sub> MIN (Calzada) | E <sub>m</sub> MAX (Calzada) | E <sub>m</sub> MIN (Real) | E <sub>m</sub> MAX (Real) | ε <sub>c</sub> MIN | ε <sub>c</sub> MAX | ε <sub>r</sub> MIN | ε <sub>r</sub> MAX | I <sub>εc</sub> MIN | I <sub>εc</sub> MAX | I <sub>εr</sub> MIN | I <sub>εr</sub> MAX |
| D1.1                | AB         | 0 . 1.1  | Paseo Echegaray y Caballero | 29,00 lux                    | 53,00 lux                    | 18,11 lux                 | 33,24 lux                 | 28,80              | 29,00              | 50,59              | 50,71              | 1,32                | 1,33                | 2,30                | 3,06                |
| D1.2                | AB         | 0 . 1.2  |                             | 27,00 lux                    | 29,00 lux                    | 21,15 lux                 | 23,01 lux                 | 28,24              | 28,76              | 44,81              | 45,06              | 1,33                | 1,36                | 2,37                | 2,48                |
| D1.3                | AB         | 0 . 1.3  |                             | 28,00 lux                    | 38,00 lux                    | 23,90 lux                 | 32,20 lux                 | 25,15              | 24,93              | 41,62              | 41,53              | 1,13                | 1,19                | 1,89                | 2,14                |
| D2                  | DE         | 0 . 2    | de Alfonso I                | -                            | -                            | 42,26 lux                 | 42,26 lux                 | -                  | -                  | 72,90              | 72,90              | -                   | -                   | 5,61                | 5,61                |
| D3                  | AB         | 0 . 3    | Don Jaime                   | 30,43 lux                    | 45,98 lux                    | 27,96 lux                 | 42,01 lux                 | 7,49               | 7,71               | 23,47              | 24,29              | 0,34                | 0,35                | 1,10                | 1,11                |
| D4                  | AB         | 0 . 4    | San Vicente de Paul         | 27,00 lux                    | 41,00 lux                    | 26,29 lux                 | 39,75 lux                 | 15,81              | 16,20              | 28,75              | 29,58              | 0,74                | 0,76                | 1,34                | 1,40                |
| D5                  | DE         | B . 25   | Galo Ponte                  | -                            | -                            | 10,95 lux                 | 14,58 lux                 | -                  | -                  | 36,06              | 36,11              | -                   | -                   | 3,33                | 3,84                |
| D6                  | DE         | D . 8.2  | Pedro Joaquín Soler         | 14,00 lux                    | 24,00 lux                    | 14,54 lux                 | 25,26 lux                 | 13,41              | 13,03              | 35,28              | 33,83              | 1,00                | 1,26                | 2,60                | 3,26                |
| D7                  | DE         | E . 2    | Sepulcro P.2                | 14,61 lux                    | 41,58 lux                    | 14,46 lux                 | 40,71 lux                 | 13,55              | 13,22              | 37,90              | 37,41              | 1,02                | 1,25                | 2,88                | 3,51                |
| D8                  | DE         | B . 19.1 | Casto Méndez Núñez P1       | 16,67 lux                    | 22,27 lux                    | 16,24 lux                 | 21,90 lux                 | 13,15              | 13,60              | 29,57              | 30,28              | 1,05                | 1,13                | 2,33                | 2,57                |

Tabla 12- Rangos de eficiencia energética según tipología en el Estudio I.

Estos resultados parecen a priori mejores que los del Estudio 0. De nuevo, las celdas rojas indican que el programa de cálculo Dialux ha establecido que no se cumplen los niveles mínimos establecidos de iluminación vial. Los resultados se detallan en la *Memoria*.

### 3- ESTUDIO II: CAMBIO TOTAL DE INSTALACIÓN + LED

#### 3.1- Definición y caracterización

En este estudio se aborda lo que se denominaría la solución sencilla. Ante un problema de tal magnitud y ajeno a las limitaciones actuales, lo lógico para mejorar una instalación es partir desde una totalmente nueva que equie las mejoras necesarias para una optimización de la misma. Sin embargo no se pueden omitir limitaciones como son las del tipo económico, fundamentales durante estos años de recesión económica.

Este estudio surge motivado por la necesidad de asegurar que realizar una nueva instalación (casi completa) sería o no viable teniendo en cuenta cada uno de los factores que se analizan en este proyecto y despejar dudas.

En el Estudio I se buscaba cierto equilibrio entre todos los factores. Para mejorar la eficiencia se disponía de equipo LED, y para disminuir los costes de la inversión inicial se trataba de reutilizar la instalación completa (columnas, brazos, etc.) exceptuando la luminaria nueva a incorporar.

En este estudio se parte de la idea de mantener el cableado de la instalación y modificar únicamente la posición o el número de puntos de luz, las luminarias y otros. Para mantener un orden se han seguido los siguientes criterios:

- 1- Al igual que los anteriores estudios, todo el cableado, cuadros de mando y tanto por ciento de caída de tensión se mantienen invariantes y se presupone que cada una de las instalaciones que se estudian están correctamente dimensionadas dentro de los límites que marca el *Reglamento Eléctrico de Baja Tensión (REBT)*.
- 2- Al ser una instalación nueva la distribución y la potencia instalada dependerá del criterio oportuno y de los cálculos del programa Dialux como se explica en el párrafo siguiente.

Existen infinitas soluciones para una nueva instalación, pero por tiempo y por simplificación en este proyecto se trabajará con dos de ellas que podrían denominarse “opuestas”. El significado es sencillo; una opción que se manejaría en principio para buscar una optimización del Estudio 0 sería la de disminuir la potencia de la instalación y con ello aumentar tanto la eficiencia energética como el ahorro en factura eléctrica anual (todo ello de forma teórica). Sin embargo, como ya se había comentado, al considerar esta opción como una optimización de la instalación inicial habría que tener en cuenta el aspecto más negativo: la inversión inicial. Por ello nace la segunda opción del presente estudio, que sería equilibrar dicha desventaja buscando la mayor potencia (siempre dentro de las cuatro posibilidades que marcan la zona de estudio).

Las cuatro posibilidades de potencia pertenecen a la luminaria *Jargeau 400 LED* extraídas del *Catálogo Philips* (mencionadas en el apartado 2.2.3.2 y en *Memoria*) junto con las dos posibilidades de las luminarias IRIDIUM<sup>2</sup> LED Large empleadas en el Paseo Echegaray y Caballero y teniendo que estimar las farolas Fernandinas con las características de las *Jargeau 400 LED* (explicado en el Estudio I).



## 3.2- Proceso de cálculos

### 3.2.1- Base de cálculo

Una vez concluidos los criterios generales se procede a realizar una catalogación análoga a la descrita en el Estudio 0. La tipología sería la siguiente:

#### **E.1- Tipo peatonal:**

- E.1.1-E.1.7 → A brazo sobre fachada
- E.1.8-E.1.9 → A columna

#### **E.2- Tipo peatonal de tráfico restringido:**

- E.2.1-E.2.6 → A brazo sobre fachada
- E.2.7-E.2.10 → A columna

#### **D- Tipo tráfico reducido:**

- D.1-D.5 → A brazo sobre fachada
- D.6-D.10 → A columna

#### **P- Tipo especial**

Se ordenan las calles siempre siguiendo esta fórmula de prioridades: a brazo/sobre columna > tipología de calle > anchura de calle > anchura de calzada (si existe) > longitud de calle.

Las calles de tipo P son las calles más confluidas del casco antiguo más las especiales consideradas en el Estudio 0.

Las anteriores tipologías quedan reflejadas de acuerdo con la siguiente tabla:

| CLASIFICACION | ZONA . Nº | Nombre (C/)                    | Anchura media | Anchura calzada | Long. Calle |
|---------------|-----------|--------------------------------|---------------|-----------------|-------------|
| P             | 0 . 2     | de Alfonso I                   | 12 m          | x               | 410 m       |
|               | 0 . 3     | Don Jaime                      | 12 m          |                 | 550 m       |
|               | 0 . 1.1   | Paseo Echegaray y Caballero P1 | 28 m          | 10 m            | 8740 m      |
|               | 0 . 1.2   | Paseo Echegaray y Caballero P2 | 28 m          | 14 m            | 51 m        |
|               | 0 . 1.3   | Paseo Echegaray y Caballero P3 | 20,5 m        | 14 m            | 60 m        |
|               | 0 . 4     | San Vicente de Paul            | 15 m          |                 | 540 m       |
|               | B . 25    | Galo Ponte                     | 8,0 m         | x               | 70 m        |
|               | D . 8.2   | Pedro Joaquín Soler P1         | 15,0 m        | 7,0 m           | 40 m        |
|               | E . 2     | Sepulcro P.2                   | 10,0 m        | 3,5 m           | 120 m       |
|               | B . 19.1  | Casto Méndez Núñez P1          | 8,0 m         | 3,5 m           | 43,0 m      |
| E1.1          | C . 7     | José de la Hera                | 2,0 m         | x               | 57 m        |
|               | F . 1     | Torrejón                       | 2,5 m         | x               | 39 m        |
| E1.2          | C . 8     | Lucero                         | 3,0 m         | x               | 27 m        |
|               | F . 16    | Estudios P.2                   | 3,0 m         | x               | 27 m        |
|               | F . 2     | Órgano                         | 3,0 m         | x               | 32 m        |
|               | E . 9     | Gavin P.2                      | 3,0 m         | x               | 33 m        |
|               | F . 13    | San Lorenzo P.3                | 3,0 m         | x               | 36 m        |
|               | C . 6     | R.Jordán de Urriés             | 3,0 m         | x               | 59 m        |
|               | B . 12    | Jussepe Martínez               | 3,5 m         | x               | 134 m       |
| E1.3          | B . 34    | Cinegio                        | 4,0 m         | x               | 37 m        |
|               | B . 13    | Vírgenes                       | 4,0 m         | x               | 41 m        |
|               | B . 35    | Mártires                       | 4,0 m         | x               | 60 m        |
|               | A . 7.1   | Santiago P1                    | 4,0 m         | x               | 126 m       |
| E1.4          | B . 20    | San Félix                      | 5,0 m         | x               | 56 m        |
|               | C . 5     | Sn. Valero                     | 5,5 m         | x               | 36 m        |
|               | D . 11    | José Pardo Sastrón             | 5,5 m         | x               | 52 m        |
| E1.5          | B . 11    | Don Pedro Atarés               | 6,0 m         | x               | 35 m        |
| E1.6          | F . 11    | Pelegrín                       | 6,8 m         | x               | 46 m        |
| E1.7          | F . 21    | Plaza San Carlos               | 8,5 m         | x               | 69 m        |

| CLASIFICACION | ZONA . Nº     | Nombre (C/)            | Anchura media | Anchura calzada | Long. Calle  |
|---------------|---------------|------------------------|---------------|-----------------|--------------|
| E2.1          | F . 19        | Zarza                  | 2,5 m         | x               | 25 m         |
| E2.2          | F . 18        | Espino                 | 3,0 m         | x               | 30 m         |
|               | F . 15        | Estudios P.1           | 3,0 m         | x               | 40 m         |
|               | B . 4         | Callejón Once Esquinas | 3,5 m         | x               | 17 m         |
|               | A . 9         | Damián Forment         | 3,5 m         | x               | 43 m         |
|               | A . 10        | Francisco Bayeu        | 3,5 m         | x               | 43 m         |
|               | <b>F . 10</b> | <b>San Cristobal</b>   | <b>3,5 m</b>  | <b>x</b>        | <b>50 m</b>  |
|               | F . 14        | San Lorenzo P.4        | 3,5 m         | x               | 82 m         |
|               | B . 14        | Santa Cruz             | 3,5 m         | x               | 137 m        |
| E2.3          | A . 8         | Fray Luis Cebrián      | 4,0 m         | x               | 45 m         |
|               | B . 23        | Felipe Perena          | 4,0 m         | x               | 65 m         |
|               | B . 30        | Libertad               | 4,0 m         | x               | 108 m        |
|               | B . 33        | Cuatro de Agosto       | 4,0 m         | x               | 157 m        |
|               | B . 27        | Torresecas             | 4,5 m         | x               | 45 m         |
|               | B . 28        | Desengaño              | 4,5 m         | x               | 45 m         |
|               | <b>B . 29</b> | <b>Estébanes</b>       | <b>4,5 m</b>  | <b>x</b>        | <b>136 m</b> |
| E2.4          | B . 21        | Antón Trillo           | 5,0 m         | x               | 45 m         |
|               | F . 17        | Marqués de Lazan       | 5,0 m         | x               | 50 m         |
|               | A . 5         | Danzas / Virgen        | 5,0 m         | x               | 59 m         |
|               | B . 22        | Bureta - Paraíso       | 5,0 m         | x               | 70 m         |
|               | <b>B . 16</b> | <b>Torrenueva P.1</b>  | <b>5,0 m</b>  | <b>x</b>        | <b>98 m</b>  |
|               | B . 19.2      | Casto Méndez Núñez P2  | 5,0 m         | x               | 125,0 m      |
|               | B . 24        | Morata                 | 5,5 m         | x               | 85 m         |
| E2.5          | E . 4         | Gavin P.1              | 5,5 m         | x               | 88 m         |
|               | B . 6         | Olmo                   | 6,0 m         | x               | 34 m         |
|               | C . 2         | Sepulcro P.1           | 6,0 m         | x               | 38 m         |
|               | B . 1         | Buen Pastor            | 6,0 m         | x               | 47 m         |
|               | B . 15        | San Voto               | 6,0 m         | x               | 50 m         |
|               | B . 7         | Ciprés                 | 6,0 m         | x               | 92 m         |
|               | E . 6         | José Palafox P.3       | 6,0 m         | x               | 100 m        |
|               | <b>B . 8</b>  | <b>Temple</b>          | <b>6,0 m</b>  | <b>x</b>        | <b>125 m</b> |



| CLASIFICACION | ZONA . Nº     | Nombre (C/)                 | Anchura media | Anchura calzada | Long. Calle  |
|---------------|---------------|-----------------------------|---------------|-----------------|--------------|
| E2.6          | <b>F . 4</b>  | <b>Universidad P.2</b>      | <b>10,0 m</b> | <b>x</b>        | <b>47 m</b>  |
| D.1           | C . 11        | Cedro                       | 4,0 m         | 3,0 m           | 20 m         |
|               | B . 32        | Blasón Aragonés             | 4,0 m         | 3,0 m           | 55 m         |
|               | <b>C . 9</b>  | <b>Diego Dormer</b>         | <b>4,0 m</b>  | <b>3,0 m</b>    | <b>97 m</b>  |
| D.2           | B . 18        | El Pinar                    | 5,0 m         | 3,0 m           | 40 m         |
|               | E . 7         | Trinidad                    | 5,0 m         | 3,0 m           | 42 m         |
|               | B . 9         | Maestro Luna                | 5,0 m         | 3,0 m           | 44 m         |
|               | <b>D . 3</b>  | <b>Hermanos Argensola</b>   | <b>5,0 m</b>  | <b>3,0 m</b>    | <b>60 m</b>  |
|               | F . 22        | Santo Dominguito Val P.2    | 5,0 m         | 3,0 m           | 76 m         |
| D.3           | F . 9         | Cortesías                   | 6,0 m         | 3,0 m           | 36 m         |
|               | B . 3         | Francisco Loscos            | 6,0 m         | 3,0 m           | 41 m         |
|               | C . 3         | Arcedianos                  | 6,0 m         | 3,0 m           | 42 m         |
|               | E . 12        | Torrellas                   | 6,0 m         | 3,0 m           | 74 m         |
|               | <b>B . 10</b> | <b>Contamina</b>            | <b>6,0 m</b>  | <b>3,0 m</b>    | <b>126 m</b> |
|               | A . 6         | Prudencio                   | 6,0 m         | 3,0 m           | 190 m        |
| D.4           | B . 17        | Torrenueva P.2              | 8,0 m         | 3,5 m           | 66 m         |
|               | D . 2         | San Juan y San Pedro        | 8,0 m         | 3,5 m           | 70 m         |
|               | <b>D . 6</b>  | <b>San Andrés</b>           | <b>8,0 m</b>  | <b>3,5 m</b>    | <b>95 m</b>  |
|               | B . 5         | Miguel Molino - San Braulio | 8,0 m         | 3,5 m           | 97 m         |
|               | B . 26        | Agustines - Fuenclara       | 8,0 m         | 3,5 m           | 116 m        |
|               | D . 1         | Refugio                     | 8,0 m         | 3,5 m           | 130 m        |



| CLASIFICACION | ZONA . Nº | Nombre (C/)                | Anchura media | Anchura calzada | Long. Calle  |
|---------------|-----------|----------------------------|---------------|-----------------|--------------|
| D.5           | F . 8     | Pedro C. Ramirez           | 10,0 m        | 3,5 m           | 35 m         |
|               | F . 5     | Mayor P.2                  | 10,0 m        | 3,5 m           | 36 m         |
|               | F . 12    | San Lorenzo P.2            | 10,0 m        | 3,5 m           | 36 m         |
|               | D . 9     | Sto Dominguito de Val P.1  | 10,0 m        | 3,5 m           | 46 m         |
|               | D . 10    | Eusebio Blasco             | 10,0 m        | 3,5 m           | 48 m         |
|               | E . 10    | Universidad P.1            | 10,0 m        | 3,5 m           | 58 m         |
|               | E . 1     | Boterón                    | 10,0 m        | 3,5 m           | 62 m         |
|               | E . 3     | Don Teobaldo               | 10,0 m        | 3,5 m           | 82 m         |
|               | E . 11    | Don Juan de Aragón P.2     | 10,0 m        | 3,5 m           | 86 m         |
|               | D . 8.1   | Pedro Joaquín Soler P2     | 10,0 m        | 3,5 m           | 105 m        |
|               | C . 10    | Don Juan de Aragón P.1     | 10,0 m        | 3,5 m           | 115 m        |
|               | A . 11    | Manifestación              | 10,0 m        | 3,5 m           | 129 m        |
|               | C . 12    | Mayor P.1                  | 10,0 m        | 3,5 m           | 167 m        |
|               | D . 5     | San Jorge P.1              | 10,0 m        | 3,5 m           | 212 m        |
|               | A . 12    | <b>Espoz y Mina</b>        | <b>10,0 m</b> | 3,5 m           | <b>213 m</b> |
| E1.8          | C . 4     | <b>José Palafox P.1</b>    | <b>10,0 m</b> | <b>x</b>        | <b>75 m</b>  |
| E1.9          | A . 2     | Jardiel                    | 17,0 m        | x               | 69 m         |
|               | A . 4     | X.Embun                    | 17,5 m        | x               | 59 m         |
|               | A . 3     | <b>M.Calanda</b>           | <b>17,5 m</b> | <b>x</b>        | <b>69 m</b>  |
| E2.7          | E . 5     | José Palafox P.2           | 8,0 m         | x               | 31 m         |
|               | B . 31    | <b>José Pellicer Ossau</b> | <b>8,0 m</b>  | <b>x</b>        | <b>55 m</b>  |
| E2.8          | F . 6     | Mayor P.3                  | 10,0 m        | x               | 58 m         |
|               | F . 3     | <b>Martín Carrillo</b>     | <b>10,0 m</b> | <b>x</b>        | <b>65 m</b>  |
| E2.9          | A . 7.2   | <b>Santiago P2</b>         | <b>12,0 m</b> | <b>x</b>        | <b>80 m</b>  |
| E2.10         | F . 7     | <b>Mayor P.4</b>           | <b>15,0 m</b> | <b>x</b>        | <b>34 m</b>  |
| D.6           | E . 8     | Pedro Liñán                | 7,0 m         | 3,0 m           | 45 m         |
|               | C . 1     | <b>Mundir I</b>            | <b>7,0 m</b>  | <b>3,0 m</b>    | <b>83 m</b>  |
| D,7           | F . 20    | San Jorge P.2              | 8,0 m         | 3,5 m           | 123 m        |
|               | B . 2     | <b>Santa Isabel</b>        | <b>8,0 m</b>  | <b>3,5 m</b>    | <b>150 m</b> |
| D.8           | D . 4     | <b>San Lorenzo P.1</b>     | <b>10,0 m</b> | <b>3,5 m</b>    | <b>145 m</b> |
| D.9           | D . 7     | <b>Verónica</b>            | <b>15,0 m</b> | <b>7,0 m</b>    | <b>111 m</b> |
| D.10          | A . 1     | Salduba                    | 17,0 m        | 7,0 m           | 98 m         |

Tabla 13- Tipología según Estudio II.

Al igual que lo establecido en el Estudio I, las vías elegidas como tipo son las mismas en todos los estudios y han sido elegidas al establecer los criterios del Estudio 0. Aunque haya en este caso una tipología distinta no difiere la elección de las vías tipo, que siguen siendo las mismas. Como puede observarse en la tabla anterior dichas calles tipo han sido marcadas con color rojo y se ha mantenido el color de fondo para poder apreciar visualmente la tipología de la vía (ver *Memoria*).

#### Distribución de las luminarias (Unilateral, Tresbolillo, Bilateral)

El criterio que se sigue en el Estudio II es el de definir la distribución de las luminarias por vía según esta preferencia:

Unilateral > Tresbolillo > Bilateral

Esto es, la primera opción es la de instalar las luminarias con una distribución unilateral ahorrándose (teóricamente) el pasar cableado por ambos márgenes de la vía (este criterio sería más exacto si se calculara también la geometría de las líneas de suministro de baja tensión, tema que se escapa del alcance de este estudio) y consiguiendo una buena uniformidad. En el caso de tresbolillo la uniformidad es la peor de los tres casos, sin embargo es preferible dado que en la mayoría de las ocasiones se instalarían menos luminarias en esta distribución que con la bilateral. Además, para lo que son la mayoría de calles pertenecientes a este casco antiguo parece innecesario instalar las luminarias de forma bilateral, aunque se verá que en algún caso no pueda quedar otra opción que esa.

### 3.2.2- Desarrollo del cálculo en Dialux y consideraciones adicionales

Tras establecer todos los datos necesarios para el análisis del presente estudio, se siguen los pasos del anterior estudio para implementar toda la información necesaria en el archivo **Dialux** de cada una de las tipologías. En este estudio, a diferencia de los anteriores dos, no habrá nada fijado excepto la altura de luminaria a fachada de las calles peatonales, semi-peatonales y de tráfico reducido, establecida entre 4 y 5 metros los diferentes archivos que simbolizan los diferentes análisis según tipología. Es imperativo definir que las calles tipo elegidas en el Estudio 0 son las mismas con las que contarán los siguientes estudios, incluyendo éste mismo. El desarrollo a seguir es el mismo que el descrito en el anterior estudio de forma en el que se han mantenido los pasos que se describen a continuación:

#### 3.2.2.1- Geometría

Se establecen las superficies que conforman la vía tales como las aceras (única si es peatonal), la calzada (si no es calle peatonal), aparcamientos laterales y otros. De cada una de las superficies se establecerá el tipo de vía según lo dispuesto en el *Real Decreto 1890/2008* y especificado en el apartado 2.1.2 de *Memoria*.

##### 3.2.2.1.1- Superficie de cálculo

En este estudio no se establece un rango de interdistancias, sino que la interdistancia es el valor variable que define la superficie de cálculo de cada tipología.

##### 3.2.2.1.2- $\epsilon_{ref}$

De igual modo que en Estudio 0, todos los valores de iluminancia media hallados se emplearán en un cálculo en Excel por el cual se desarrollará una interpolación lineal en base a los valores de las tablas de la *ITC-EA-02* del *Real Decreto 1890/08* (tablas 4 y 5).

##### 3.2.2.2- Luminaria en Estudio II.I

El criterio a seguir es que siempre se buscará la mínima potencia que permita cumplir con los valores mínimos exigidos por la *normativa vigente* siempre y cuando:

- El nº de luminarias que salgan de dividir la longitud de la calle por la interdistancia no puede ser menor que 2.
- Si coinciden dos potencias con el mismo nº de luminarias instaladas en la vía se escogerá siempre la menor.
- El primer punto se anula si la interdistancia es menor que 10 metros. El criterio base es que no se seleccionarán potencias cuya interdistancia de menor que 10 metros puesto que no

sería una solución efectiva, sino una configuración exageradamente límite como para contemplarla siquiera. Además, en caso de duda, se justificará comparando con las luminarias actuales dispuestas y observando que muy pocas se establecen a menos de esos 10 metros de medida límite.

### 3.2.2.3- Luminaria en Estudio II.II

El criterio a seguir es que siempre se buscará la máxima potencia que permita cumplir con los valores exigidos por la *normativa vigente*, siguiendo los mismos criterios que para el Estudio II.I.

El rango de potencias sobre el cual realizar los cálculos oportunos será de 13.1W, 26.1W, 56W y 87W en todas las calles excepto en el Paseo Echegaray (105.7W y 207W).

### 3.2.2.4- Cálculo luminotécnico

Para el cálculo luminotécnico se realizan los mismos pasos que los que se han visto para los demás estudios. La diferencia entre el Estudio II.I y el Estudio II.II reside en tener en cuenta elegir la menor potencia posible o la mayor respectivamente.

Se introducen los datos geométricos de cada calle recordando los criterios establecidos en *Memoria (Justificaciones)*.

La luminaria se seleccionará para cada calle de menor potencia a mayor comprobando en los resultados si cumple con los niveles mínimos de iluminación. De ser así, se toma el dato de la iluminancia media (o si hubiera varias superficies se procede a realizar una media que se aproxime al valor real). Lo único que queda fija es la altura de la luminaria, establecida entre 4 metros y 5 a fachada y hasta los 6 metros sobre columna (9 metros en el Paseo Echegaray y Caballero). El programa se encarga de buscar la distribución más eficiente variando la interdistancia o en ocasiones la distancia a calzada. La luminaria también puede rotar un ángulo de hasta 5º como valor máximo indicado en la *Ordenanza Municipal de Zaragoza*.

Una vez obtenidos todos los valores de la iluminancia media se procede a obtener, primero el valor de eficiencia energética, y acto seguido la clasificación en energética asociada a dicha eficiencia energética y a la eficiencia de referencia  $\epsilon_{ref}$ , que depende directamente de la iluminancia media de la superficie de cálculo tal y como se ha visto en anteriores estudios (**Ec.12**).

Los valores obtenidos junto con el resto de información detallada por tipología vienen expresados en la siguiente tabla:

- Para el Estudio II.I :



|                     |            | PROPIEDADES DE CALLE |                 | ESTUDIO II.I  |                |                      |           |                       |             |                           |                |           |
|---------------------|------------|----------------------|-----------------|---------------|----------------|----------------------|-----------|-----------------------|-------------|---------------------------|----------------|-----------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Anchura media        | Anchura calzada | Nº Luminarias | Interdistancia | Superficie cálculo   | P/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | Disposición de luminarias | P/Sup. Cálculo | Potencia  |
| A.2.1               | DE         | 3 m                  | x               | 3             | 22             | 66 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | U                         | 14,56 W        | 43,67 W   |
| A.2.2               | DE         | 3,5 m                | x               | 7             | 22             | 77 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | U                         | 14,56 W        | 101,89 W  |
| A.2.3               | DE         | 5 m                  | x               | 5             | 12             | 60 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | U                         | 14,56 W        | 72,78 W   |
| A.2.4               | DE         | 6 m                  | x               | 4             | 11             | 66 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | U                         | 14,56 W        | 58,22 W   |
| A.2.5               | DE         | 8,5 m                | x               | 9             | 16             | 136 m <sup>2</sup>   | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | T                         | 29,11 W        | 131,00 W  |
| B.2.1               | DE         | 3,5 m                | x               | 3             | 22             | 77 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | U                         | 14,56 W        | 43,67 W   |
| B.2.2               | DE         | 4,5 m                | x               | 7             | 21             | 94,5 m <sup>2</sup>  | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | U                         | 14,56 W        | 101,89 W  |
| B.2.3               | DE         | 5 m                  | x               | 9             | 12             | 60 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | U                         | 14,56 W        | 131,00 W  |
| B.2.4               | DE         | 6 m                  | x               | 12            | 11             | 66 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | U                         | 14,56 W        | 174,67 W  |
| B.2.5               | DE         | 10 m                 | x               | 5             | 18             | 180 m <sup>2</sup>   | 26,10 W   | 1                     | 29,00 W     | T                         | 58,00 W        | 145,00 W  |
| C.2.1               | DE         | 4 m                  | 3 m             | 7             | 14             | 42 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | U                         | 14,56 W        | 101,89 W  |
| C.2.2               | DE         | 5 m                  | 3 m             | 6             | 11             | 33 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | U                         | 14,56 W        | 87,33 W   |
| C.2.3               | DE         | 6 m                  | 3 m             | 11            | 23             | 69 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | T                         | 29,11 W        | 160,11 W  |
| C.2.4               | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 11            | 17             | 59,5 m <sup>2</sup>  | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | T                         | 29,11 W        | 160,11 W  |
| C.2.5               | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 25            | 17             | 59,5 m <sup>2</sup>  | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | T                         | 29,11 W        | 363,89 W  |
| A.1.1               | DE         | 17,5 m               | x               | 12            | 13             | 227,5 m <sup>2</sup> | 56,00 W   | 1                     | 62,22 W     | B                         | 124,44 W       | 746,67 W  |
| A.1.2               | DE         | 10 m                 | x               | 8             | 10             | 100 m <sup>2</sup>   | 26,10 W   | 1                     | 29,00 W     | U                         | 29,00 W        | 232,00 W  |
| B.1.1               | DE         | 8 m                  | x               | 6             | 10             | 80 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | U                         | 14,56 W        | 87,33 W   |
| B.1.2               | DE         | 10 m                 | x               | 7             | 20             | 200 m <sup>2</sup>   | 26,00 W   | 1                     | 28,89 W     | T                         | 57,78 W        | 202,22 W  |
| B.1.3               | DE         | 12 m                 | x               | 9             | 10             | 120 m <sup>2</sup>   | 56,00 W   | 2                     | 124,44 W    | U                         | 124,44 W       | 1120,00 W |
| B.1.4               | DE         | 15 m                 | x               | 5             | 14             | 210 m <sup>2</sup>   | 26,10 W   | 1                     | 29,00 W     | T                         | 58,00 W        | 145,00 W  |
| C.1.1               | DE         | 7 m                  | 3 m             | 5             | 29             | 87 m <sup>2</sup>    | 13,10 W   | 1                     | 14,56 W     | T                         | 29,11 W        | 72,78 W   |
| C.1.2               | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 12            | 13             | 45,5 m <sup>2</sup>  | 26,10 W   | 1                     | 29,00 W     | U                         | 29,00 W        | 348,00 W  |
| C.1.3               | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 14            | 11             | 38,5 m <sup>2</sup>  | 26,10 W   | 1                     | 29,00 W     | U                         | 29,00 W        | 406,00 W  |
| C.1.4               | DE         | 15 m                 | 7 m             | 15            | 15             | 105 m <sup>2</sup>   | 56,00 W   | 1                     | 62,22 W     | T                         | 124,44 W       | 933,33 W  |

|                     |            | ESTUDIO II.I |                     |               |               |                    |                     |
|---------------------|------------|--------------|---------------------|---------------|---------------|--------------------|---------------------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Nº           | Nombre calle        | Em MIN (Real) | Em MAX (Real) | ε <sub>c</sub> MIN | I <sub>ec</sub> MIN |
| A.2.1               | DE         | C . 6        | R.Jordán de Urriés  | 5,17 lux      | -             | 23,44              | 4,56                |
| A.2.2               | DE         | B . 12       | Jussepe Martínez    | 5,03 lux      | -             | 26,61              | 5,30                |
| A.2.3               | DE         | B . 20       | San Félix           | 8,06 lux      | -             | 33,22              | 4,46                |
| A.2.4               | DE         | B . 11       | Don Pedro Atarés    | 7,76 lux      | -             | 35,19              | 4,88                |
| A.2.5               | DE         | F . 21       | Plaza San Carlos    | 7,84 lux      | -             | 36,63              | 5,04                |
| B.2.1               | DE         | F . 10       | San Cristobal       | 5,17 lux      | -             | 27,35              | 5,33                |
| B.2.2               | DE         | B . 29       | Estébanes           | 5,15 lux      | -             | 33,44              | 6,53                |
| B.2.3               | DE         | B . 16       | Torrenueva P.1      | 7,53 lux      | -             | 31,04              | 4,42                |
| B.2.4               | DE         | B . 8        | Temple              | 7,76 lux      | -             | 35,19              | 4,88                |
| B.2.5               | DE         | F . 4        | Universidad P.2     | 10,08 lux     | -             | 31,28              | 3,46                |
| C.2.1               | DE         | C . 9        | Diego Dormer        | 6,49 lux      | 6,27 lux      | 18,73              | 3,02                |
| C.2.2               | DE         | D . 3        | Hermanos Argensola  | 7,71 lux      | 7,30 lux      | 17,48              | 2,44                |
| C.2.3               | DE         | B . 10       | Contamina           | 7,71 lux      | 7,07 lux      | 18,27              | 2,55                |
| C.2.4               | DE         | D . 6        | San Andrés          | 7,66 lux      | 7,84 lux      | 15,66              | 2,20                |
| C.2.5               | DE         | A . 12       | Espoz y Mina        | 10,05 lux     | 10,11 lux     | 20,54              | 2,28                |
| A.1.1               | DE         | A . 3        | M.Calanda           | 24,49 lux     | -             | 44,77              | 3,44                |
| A.1.2               | DE         | C . 4        | José Palafox P.1    | 10,16 lux     | -             | 35,03              | 3,87                |
| B.1.1               | DE         | B . 31       | José Pellicer Ossau | 7,60 lux      | -             | 41,77              | 5,90                |
| B.1.2               | DE         | F . 3        | Martín Carrillo     | 10,09 lux     | -             | 34,93              | 3,87                |
| B.1.3               | DE         | A . 7.2      | Santiago P.2        | 29,19 lux     | -             | 28,15              | 2,17                |
| B.1.4               | DE         | F . 7        | Mayor P.4           | 10,55 lux     | -             | 38,20              | 4,14                |
| C.1.1               | DE         | C . 1        | Mundir I            | 9,55 lux      | 8,22 lux      | 28,54              | 3,30                |
| C.1.2               | DE         | B . 2        | Santa Isabel        | 7,86 lux      | 7,19 lux      | 12,33              | 1,69                |
| C.1.3               | DE         | D . 4        | San Lorenzo P.1     | 10,29 lux     | 9,21 lux      | 13,66              | 1,50                |
| C.1.4               | DE         | D . 7        | Verónica            | 20,05 lux     | 20,13 lux     | 16,92              | 1,30                |



|                     |            | PROPIEDADES DE CALLE |                 | ESTUDIO II.I  |                |                    |           |                       |             |                           |                |           |
|---------------------|------------|----------------------|-----------------|---------------|----------------|--------------------|-----------|-----------------------|-------------|---------------------------|----------------|-----------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Anchura media        | Anchura calzada | Nº Luminarias | Interdistancia | Superficie cálculo | P/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | Disposición de luminarias | P/Sup. Cálculo | Potencia  |
| D1.1                | AB         | 28 m                 | 10 m            | 65            | 22             | 220                | 105,7 m²  | 1                     | 117,44 W    | T                         | 234,89 W       | 7633,89 W |
| D1.2                | AB         | 28 m                 | 14 m            | 7             | 16             | 224                | 105,7 m²  | 1                     | 117,44 W    | T                         | 234,89 W       | 822,11 W  |
| D1.3                | AB         | 20,5 m               | 10,5 m          | 5             | 25             | 262,5              | 105,7 m²  | 1                     | 117,44 W    | T                         | 234,89 W       | 587,22 W  |
| D2                  | DE         | 28 m                 | x               | 69            | 12             | 336                | 13,1 m²   | 3                     | 43,67 W     | T                         | 87,333 W       | 3013,00 W |
| D3                  | AB         | 12 m                 | 3,5 m           | 101           | 11             | 38,5               | 26,1 m²   | 1                     | 29,00 W     | T                         | 58 W           | 2929,00 W |
| D4                  | AB         | 15 m                 | 8 m             | 55            | 20             | 160                | 56 m²     | 1                     | 62,22 W     | T                         | 124,44 W       | 3422,22 W |
| D5                  | DE         | 8 m                  | x               | 7             | 18             | 144                | 13,1 m²   | 1                     | 14,56 W     | T                         | 29,111 W       | 101,89 W  |
| D6                  | DE         | 15 m                 | 6 m             | 5             | 20             | 120                | 56 m²     | 1                     | 62,22 W     | T                         | 124,44 W       | 311,11 W  |
| D7                  | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 15            | 17             | 59,5               | 13,1 m²   | 1                     | 14,56 W     | T                         | 29,111 W       | 218,33 W  |
| D8                  | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 5             | 17             | 59,5               | 13,1 m²   | 1                     | 14,56 W     | T                         | 29,111 W       | 72,78 W   |

|                     |            |          |                             | ESTUDIO II.I                 |                           |                    |                     |
|---------------------|------------|----------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Nº       | Nombre calle                | E <sub>m</sub> MIN (Calzada) | E <sub>m</sub> MAX (Real) | ε <sub>c</sub> MIN | l <sub>εc</sub> MIN |
| D1.1                | AB         | 0 . 1.1  | Paseo Echegaray y Caballero | 28,00 lux                    | 19,04 lux                 | 26,23              | 1,24                |
| D1.2                | AB         | 0 . 1.2  |                             | 29,00 lux                    | 23,97 lux                 | 27,66              | 1,46                |
| D1.3                | AB         | 0 . 1.3  |                             | 27,50 lux                    | 19,98 lux                 | 30,73              | 1,46                |
| D2                  | DE         | 0 . 2    | de Alfonso I                | 24,91 lux                    | -                         | 95,84              | 7,37                |
| D3                  | AB         | 0 . 3    | Don Jaime                   | 20,58 lux                    | 11,84 lux                 | 13,66              | 0,77                |
| D4                  | AB         | 0 . 4    | San Vicente de Paul         | 16,00 lux                    | 14,77 lux                 | 20,57              | 1,33                |
| D5                  | DE         | B . 25   | Galo Ponte                  | 7,93 lux                     | -                         | 39,23              | 5,34                |
| D6                  | DE         | D . 8.2  | Pedro Joaquín Soler         | 15,00 lux                    | 15,50 lux                 | 14,46              | 1,31                |
| D7                  | DE         | E . 2    | Sepulcro P.2                | 10,37 lux                    | 7,89 lux                  | 21,20              | 2,32                |
| D8                  | DE         | B . 19.1 | Casto Méndez Núñez P1       | 7,66 lux                     | 7,84 lux                  | 15,66              | 2,20                |

Tabla 14- Eficiencia energética según tipología en el Estudio II.I.

- Para el Estudio II.II :

|                     |            | PROPIEDADES DE CALLE |                 | ESTUDIO II.II |                |                    |           |                       |             |                           |                |           |
|---------------------|------------|----------------------|-----------------|---------------|----------------|--------------------|-----------|-----------------------|-------------|---------------------------|----------------|-----------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Anchura media        | Anchura calzada | Nº Luminarias | Interdistancia | Superficie cálculo | P/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | Disposición de luminarias | P/Sup. Cálculo | Potencia  |
| A.2.1               | DE         | 3 m                  | x               | 3             | 25             | 75 m²              | 26,10 W   | 1                     | 29,00 W     | U                         | 29,00 W        | 87,00 W   |
| A.2.2               | DE         | 3,5 m                | x               | 4             | 37             | 129,5 m²           | 56,00 W   | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,22 W        | 248,89 W  |
| A.2.3               | DE         | 5 m                  | x               | 2             | 30             | 150 m²             | 56,00 W   | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,22 W        | 124,44 W  |
| A.2.4               | DE         | 6 m                  | x               | 2             | 29             | 174 m²             | 26,10 W   | 1                     | 29,00 W     | U                         | 29,00 W        | 58,00 W   |
| A.2.5               | DE         | 8,5 m                | x               | 3             | 27             | 229,5 m²           | 56,00 W   | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,22 W        | 186,67 W  |
| B.2.1               | DE         | 3,5 m                | x               | 3             | 25             | 87,5 m²            | 26,10 W   | 1                     | 29,00 W     | U                         | 29,00 W        | 87,00 W   |
| B.2.2               | DE         | 4,5 m                | x               | 6             | 25             | 112,5 m²           | 26,10 W   | 1                     | 29,00 W     | U                         | 29,00 W        | 174,00 W  |
| B.2.3               | DE         | 5 m                  | x               | 4             | 30             | 150 m²             | 26,10 W   | 1                     | 29,00 W     | U                         | 29,00 W        | 116,00 W  |
| B.2.4               | DE         | 6 m                  | x               | 5             | 29             | 174 m²             | 56,00 W   | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,22 W        | 311,11 W  |
| B.2.5               | DE         | 10 m                 | x               | 2             | 27             | 270 m²             | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,67 W        | 193,33 W  |
| C.2.1               | DE         | 4 m                  | 3 m             | 4             | 25             | 75 m²              | 26,10 W   | 1                     | 29,00 W     | U                         | 29,00 W        | 116,00 W  |
| C.2.2               | DE         | 5 m                  | 3 m             | 3             | 30             | 90 m²              | 56,00 W   | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,22 W        | 186,67 W  |
| C.2.3               | DE         | 6 m                  | 3 m             | 4             | 34             | 102 m²             | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,67 W        | 386,67 W  |
| C.2.4               | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 4             | 30             | 105 m²             | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,67 W        | 386,67 W  |
| C.2.5               | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 8             | 27             | 94,5 m²            | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,67 W        | 773,33 W  |
| A.1.1               | DE         | 17,5 m               | x               | 10            | 16             | 280 m²             | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | B                         | 193,33 W       | 966,67 W  |
| A.1.2               | DE         | 10 m                 | x               | 3             | 27             | 270 m²             | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,67 W        | 290,00 W  |
| B.1.1               | DE         | 8 m                  | x               | 2             | 28             | 224 m²             | 56,00 W   | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,22 W        | 124,44 W  |
| B.1.2               | DE         | 10 m                 | x               | 3             | 27             | 270 m²             | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,67 W        | 290,00 W  |
| B.1.3               | DE         | 12 m                 | x               | 8             | 11             | 132 m²             | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,67 W        | 773,33 W  |
| B.1.4               | DE         | 15 m                 | x               | 2             | 20             | 300 m²             | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,67 W        | 193,33 W  |
| C.1.1               | DE         | 7 m                  | 3 m             | 4             | 25             | 75 m²              | 56,00 W   | 1                     | 62,22 W     | U                         | 62,22 W        | 248,89 W  |
| C.1.2               | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 5             | 34             | 119 m²             | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,67 W        | 483,33 W  |
| C.1.3               | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 5             | 30             | 105 m²             | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,67 W        | 483,33 W  |
| C.1.4               | DE         | 15 m                 | 7 m             | 11            | 21             | 147 m²             | 87,00 W   | 1                     | 96,67 W     | T                         | 193,33 W       | 1063,33 W |

## ESTUDIO II.II

| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0 | TIPO<br>CALLE | Nº      | Nombre calle        | Em MIN<br>(Real) | Em MAX<br>(Real) | $\epsilon_{cMIN}$ | $\epsilon_{cMIN}$ |
|------------------------|---------------|---------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| A.2.1                  | DE            | C . 6   | R.Jordán de Urriés  | 5,34 lux         | -                | 13,81             | 2,62              |
| A.2.2                  | DE            | B . 12  | Jussepe Martínez    | 5,72 lux         | -                | 11,90             | 2,13              |
| A.2.3                  | DE            | B . 20  | San Félix           | 7,70 lux         | -                | 18,56             | 2,59              |
| A.2.4                  | DE            | B . 11  | Don Pedro Atarés    | 7,76 lux         | -                | 46,56             | 6,46              |
| A.2.5                  | DE            | F . 21  | Plaza San Carlos    | 8,36 lux         | -                | 30,83             | 4,01              |
| B.2.1                  | DE            | F . 10  | San Cristobal       | 5,34 lux         | -                | 16,11             | 3,06              |
| B.2.2                  | DE            | B . 29  | Estébanes           | 5,27 lux         | -                | 20,44             | 3,92              |
| B.2.3                  | DE            | B . 16  | Torrenueva P.1      | 7,58 lux         | -                | 39,21             | 5,55              |
| B.2.4                  | DE            | B . 8   | Temple              | 8,46 lux         | -                | 23,66             | 3,05              |
| B.2.5                  | DE            | F . 4   | Universidad P.2     | 10,03 lux        | -                | 28,01             | 3,11              |
| C.2.1                  | DE            | C . 9   | Diego Dormer        | 5,96 lux         | 5,77 lux         | 15,41             | 2,67              |
| C.2.2                  | DE            | D . 3   | Hermanos Argensola  | 7,60 lux         | 7,70 lux         | 10,99             | 1,55              |
| C.2.3                  | DE            | B . 10  | Contamina           | 9,18 lux         | 9,25 lux         | 9,69              | 1,16              |
| C.2.4                  | DE            | D . 6   | San Andrés          | 10,28 lux        | 9,98 lux         | 11,17             | 1,23              |
| C.2.5                  | DE            | A . 12  | Espoz y Mina        | 10,24 lux        | 9,97 lux         | 10,01             | 1,10              |
| A.1.1                  | DE            | A . 3   | M.Calanda           | 26,05 lux        |                  | 37,73             | 2,90              |
| A.1.2                  | DE            | C . 4   | José Palafox P.1    | 10,37 lux        | -                | 28,96             | 3,17              |
| B.1.1                  | DE            | B . 31  | José Pellicer Ossau | 7,71 lux         | -                | 27,76             | 3,87              |
| B.1.2                  | DE            | F . 3   | Martín Carrillo     | 10,37 lux        | -                | 28,96             | 3,17              |
| B.1.3                  | DE            | A . 7.2 | Santiago P.2        | 23,16 lux        | -                | 31,63             | 2,43              |
| B.1.4                  | DE            | F . 7   | Mayor P.4           | 10,09 lux        | -                | 31,31             | 3,47              |
| C.1.1                  | DE            | C . 1   | Mundir I            | 10,09 lux        | 9,50 lux         | 12,16             | 1,35              |
| C.1.2                  | DE            | B . 2   | Santa Isabel        | 9,42 lux         | 8,75 lux         | 11,60             | 1,36              |
| C.1.3                  | DE            | D . 4   | San Lorenzo P.1     | 10,09 lux        | 9,26 lux         | 10,96             | 1,21              |
| C.1.4                  | DE            | D . 7   | Verónica            | 20,14 lux        | 20,46 lux        | 15,31             | 0,85              |



|                     |            | PROPIEDADES DE CALLE |                 | ESTUDIO II.II |                |                    |           |                       |             |                           |                |           |
|---------------------|------------|----------------------|-----------------|---------------|----------------|--------------------|-----------|-----------------------|-------------|---------------------------|----------------|-----------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Anchura media        | Anchura calzada | Nº Luminarias | Interdistancia | Superficie cálculo | P/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | Disposición de luminarias | P/Sup. Cálculo | Potencia  |
| D1.1                | AB         | 28 m                 | 10 m            | 33            | 44             | 440                | 207 m²    | 1                     | 230,00 W    | T                         | 460 W          | 7590,00 W |
| D1.2                | AB         | 28 m                 | 14 m            | 3             | 34             | 476                | 207 m²    | 1                     | 230,00 W    | T                         | 460 W          | 690,00 W  |
| D1.3                | AB         | 20,5 m               | 10,5 m          | 3             | 46             | 483                | 207 m²    | 1                     | 230,00 W    | T                         | 460 W          | 690,00 W  |
| D2                  | DE         | 28 m                 | x               | 41            | 20             | 560                | 87 m²     | 1                     | 96,67 W     | T                         | 193,33 W       | 3963,33 W |
| D3                  | AB         | 12 m                 | 3,5 m           | 37            | 29             | 101,5              | 87 m²     | 1                     | 96,67 W     | T                         | 193,33 W       | 3576,67 W |
| D4                  | AB         | 15 m                 | 8 m             | 39            | 28             | 224                | 87 m²     | 1                     | 96,67 W     | T                         | 193,33 W       | 3770,00 W |
| D5                  | DE         | 8 m                  | x               | 3             | 31             | 248                | 87 m²     | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,667 W       | 290,00 W  |
| D6                  | DE         | 15 m                 | 6 m             | 3             | 28             | 168                | 87 m²     | 1                     | 96,67 W     | T                         | 193,33 W       | 290,00 W  |
| D7                  | DE         | 10 m                 | 3,5 m           | 5             | 29             | 101,5              | 87 m²     | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,667 W       | 483,33 W  |
| D8                  | DE         | 8 m                  | 3,5 m           | 2             | 30             | 105                | 87 m²     | 1                     | 96,67 W     | U                         | 96,667 W       | 193,33 W  |

|                     |            |          |                             | ESTUDIO II.II                |                           |                    |                     |
|---------------------|------------|----------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0 | TIPO CALLE | Nº       | Nombre calle                | E <sub>m</sub> MIN (Calzada) | E <sub>m</sub> MAX (Real) | ε <sub>c</sub> MIN | I <sub>ec</sub> MIN |
| D1.1                | AB         | 0 . 1.1  | Paseo Echegaray y Caballero | 25,00 lux                    | 18,74 lux                 | 23,91              | 1,20                |
| D1.2                | AB         | 0 . 1.2  |                             | 28,00 lux                    | 21,36 lux                 | 28,97              | 1,38                |
| D1.3                | AB         | 0 . 1.3  |                             | 27,50 lux                    | 21,16 lux                 | 28,88              | 1,38                |
| D2                  | DE         | 0 . 2    | de Alfonso I                | 26,39 lux                    | -                         | 76,44              | 5,88                |
| D3                  | AB         | 0 . 3    | Don Jaime                   | 20,95 lux                    | 18,19 lux                 | 11,00              | 0,61                |
| D4                  | AB         | 0 . 4    | San Vicente de Paul         | 16,00 lux                    | 14,87 lux                 | 18,54              | 1,20                |
| D5                  | DE         | B . 25   | Galo Ponte                  | 9,56 lux                     | -                         | 24,53              | 2,84                |
| D6                  | DE         | D . 8.2  | Pedro Joaquín Soler         | 15,00 lux                    | 15,20 lux                 | 13,03              | 1,18                |
| D7                  | DE         | E . 2    | Sepulcro P.2                | 10,91 lux                    | 9,71 lux                  | 11,46              | 1,22                |
| D8                  | DE         | B . 19.1 | Casto Méndez Núñez P1       | 9,59 lux                     | 9,34 lux                  | 10,42              | 1,20                |

Tabla 15- Eficiencia energética según tipología en el Estudio II.II.

## JUSTIFICACIONES PASEO ECHEGARAY Y CABALLERO

### Generalidades

La luminaria que se ha tenido en cuenta a la hora de realizar los cálculos luminotécnicos es únicamente aquella que es de uso puramente para iluminación de calzada. Esto no exime que existan otras luminarias instaladas en la calle. Como ocurre en este caso concreto, existe una luminaria, también al tresbolillo, instalada para uso peatonal, es decir, para el alumbrado de aceras y extensión de la acera que da al margen del río Ebro. Es obvio que parte del flujo luminoso que empleen dichas lámparas acabe superponiéndose al flujo de las luminarias viales, y por tanto exista un aumento en la iluminancia media con respecto a lo realizado en los análisis correspondientes. En lo que respecta al cálculo de iluminancia media en *Dialux*, en el Estudio I, tras construir la geometría y propiedades de la vía no se ha tenido en cuenta la luminaria dispuesta en la vía de uso peatonal, con intención de comprobar si la luminaria de vial cumplía con la normativa de iluminación.

Como puede observarse en la **tabla 12** la sección 2 del Paseo Echegaray y Caballero (D1.2) se obtiene una iluminancia media insuficiente. Todo lo comentado anteriormente podría solucionar incumplimientos de normativa en ese tramo y cumplir con los requisitos luminotécnicos. Además, otras calles también quedan con niveles de iluminancia que no alcanzan el nivel de iluminación mínimo requerido (D6 – **tabla 10**, A1.1 y D6 **tabla 12**).

### Estudio 0 y Estudio I

Con los datos aproximados de altura de luminaria de vial (9m) y de interdistancia dada por el archivo CAD facilitado por el Ayuntamiento de Zaragoza se busca la mínima potencia que permita cumplir con las características luminotécnicas acordes con el Real Decreto vigente.

Por ello, se llega a la conclusión de que se emplean actualmente potencias de luminaria en torno a los 250W. Sin embargo, como ya se ha indicado previamente, la potencia empleada para los cálculos será la potencia disponible en un tipo de luminaria vial del catálogo de Philips de 270W cuyas características vienen adjuntas en el *apartado 2.2.1 de Memoria*.

Hay que remarcar que las luminarias no son tan recientes como las utilizadas en el estudio y en los cálculos precisos, luego la solución no será nunca la real, pero si se tienen datos suficientes como para validar la aproximación.

Para el caso del Estudio 1 también se busca instalar una potencia que permita cumplir con el Reglamento. Para ello se escoge de nuevo al azar una luminaria vial LED facilitada por el catálogo Philips.

### Estudio II

Para dicho estudio hay que tener en cuenta una cosa esencial. La luminaria en este caso es vial, luego ya no sirve emplear la luminaria con la que se han calculado las demás calles que componen el casco antiguo. Por ello se atenderá siempre a los siguientes criterios:

- Se instalará la menor potencia con la que se cumplan las características necesarias para el correcto funcionamiento para el caso del Estudio II.I.





- Se instalará la mayor potencia con la que se cumplan las características necesarias para el correcto funcionamiento para el caso del Estudio II.II.
- Por lo anterior, dichas potencias no tendrán por qué coincidir con las expuestas en las cuatro posibilidades empleadas para las demás calles.
- Si los valores exigidos para la correcta iluminación se cumplieran para una altura de luminaria exorbitada, dicha potencia quedaría descartada.



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad** Zaragoza



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Estudio de viabilidad económica y eficiencia  
energética en una instalación de alumbrado público  
del Casco Antiguo de Zaragoza

Anexo II. Cálculo de potencias y factura eléctrica

Autor:

Gabriel Gallo Stampino Martínez-Berganza

Director:

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2015





## Tabla de contenido

|   |    |
|---|----|
| 1- INTRODUCCIÓN .....                         | 3  |
| 2- POTENCIA INSTALADA .....                   | 3  |
| 2.1- Estudio 0 .....                          | 3  |
| 2.2- Estudio I .....                          | 8  |
| 2.3- Estudio II.I .....                       | 12 |
| 2.4- Estudio II.II .....                      | 15 |
| 3- FACTURA ELÉCTRICA .....                    | 20 |
| 3.1- Consideraciones generales .....          | 20 |
| 3.2- Bases de cálculo .....                   | 20 |
| 3.2.1- Estimación temporal anual .....        | 20 |
| 3.2.2- Estimación temporal según tarifa ..... | 22 |
| 3.3- Facturas .....                           | 23 |
| 3.3.1- Estudio 0 .....                        | 23 |
| 3.3.2- Estudio I .....                        | 25 |
| 3.3.3- Estudio II.I .....                     | 26 |
| 3.3.4- Estudio II.II .....                    | 27 |
| 4- CONCLUSIONES .....                         | 28 |



## 1- INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se plantean los desarrollos seguidos y las consideraciones oportunas que se han empleado para obtener la potencia instalada y la factura eléctrica de cada uno de los estudios.

## 2- POTENCIA INSTALADA

Tras detallar toda la información referente a los cuatro estudios en el *Anexo I. Cálculos Luminotécnicos*, se empleará parte de dicha información para calcular la potencia estimada instalada para cada uno de los estudios.

### 2.1- Estudio 0

Gracias a la consecución y a las modificaciones del plano actual del casco antiguo de Zaragoza se ha podido extraer como se comentaba en *Memoria* el número de luminarias que se toman como base de cálculo. Se ha excluido sin embargo de dicha potencia instalada la existente dispuesta para la iluminación de plazas y jardines, es decir, teniendo en cuenta únicamente las luminarias empleadas en alumbrado de vías. Hay algún caso en el que un margen de la vía comparte iluminación con una plaza. En dicho caso tampoco se contabilizan dichas luminarias, pero sí el largo de la propia vía.

Además ya se han establecido las potencias por lámpara y el número de lámparas por luminaria al realizar los cálculos luminotécnicos y por lo tanto ya se conocen los datos suficientes como para estimar la potencia de la instalación.

La siguiente tabla muestra al detalle la información a la que se ha hecho referencia:



| ESTUDIO 0 |           |                           |                       |             |              |            |              |
|-----------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|------------|--------------|
| ZONA . Nº | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia   | P sin eq.aux |
| 0 . 1.1   | 270 W     | 53,99 W                   | 1                     | 323,99 W    | 38           | 12311,75 W | 10260 W      |
| 0 . 1.2   | 270 W     | 53,99 W                   | 1                     | 323,99 W    | 4            | 1295,97 W  | 1080 W       |
| 0 . 1.3   | 270 W     | 53,99 W                   | 1                     | 323,99 W    | 4            | 1295,97 W  | 1080 W       |
| 0 . 2     | 169 W     | 39,15 W                   | 3                     | 624,45 W    | 35           | 21855,75 W | 17745 W      |
| 0 . 3     | 169 W     | 39,15 W                   | 2                     | 416,30 W    | 41           | 17068,30 W | 13858 W      |
| 0 . 4     | 169 W     | 39,15 W                   | 3                     | 624,45 W    | 44           | 27475,80 W | 22308 W      |
| A . 2     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 12           | 1251,20 W  | 960 W        |
| A . 3     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 16           | 1668,27 W  | 1280 W       |
| A . 4     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 12           | 1251,20 W  | 960 W        |
| A . 5     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 5            | 521,33 W   | 400 W        |
| A . 6     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 14           | 2914,10 W  | 2366 W       |
| A . 7.1   | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 7            | 729,87 W   | 560 W        |
| A . 7.2   | 80 W      | 24,27 W                   | 2                     | 208,53 W    | 14           | 2919,47 W  | 2240 W       |
| A . 8     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2            | 208,53 W   | 160 W        |
| A . 9     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2            | 208,53 W   | 160 W        |
| A . 10    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2            | 208,53 W   | 160 W        |
| A . 11    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 29           | 6036,35 W  | 4901 W       |
| A . 12    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 22           | 4579,30 W  | 3718 W       |
| B . 1     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2            | 208,53 W   | 160 W        |
| B . 2     | 169 W     | 39,15 W                   | 2                     | 416,30 W    | 18           | 7493,40 W  | 6084 W       |
| B . 3     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 2            | 416,30 W   | 338 W        |
| B . 4     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 4            | 417,07 W   | 320 W        |
| B . 5     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 10           | 2081,50 W  | 1690 W       |
| B . 6     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2            | 208,53 W   | 160 W        |
| B . 7     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 8            | 834,13 W   | 640 W        |
| B . 8     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 5            | 521,33 W   | 400 W        |
| B . 9     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 2            | 416,30 W   | 338 W        |
| B . 10    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 5            | 1040,75 W  | 845 W        |



| ESTUDIO 0 |           |                           |                       |             |               |           |              |
|-----------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|---------------|-----------|--------------|
| ZONA . Nº | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | Nº Luminarias | Potencia  | P sin eq.aux |
| B . 11    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3             | 312,80 W  | 240 W        |
| B . 12    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 7             | 729,87 W  | 560 W        |
| B . 13    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2             | 208,53 W  | 160 W        |
| B . 14    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 6             | 625,60 W  | 480 W        |
| B . 15    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 4             | 417,07 W  | 320 W        |
| B . 16    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 5             | 521,33 W  | 400 W        |
| B . 17    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 7             | 1457,05 W | 1183 W       |
| B . 18    | 169 W     | 39,15 W                   | 2                     | 416,30 W    | 3             | 1248,90 W | 1014 W       |
| B . 19.1  | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 4             | 417,07 W  | 320 W        |
| B . 19.2  | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 10            | 1042,67 W | 800 W        |
| B . 20    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3             | 312,80 W  | 240 W        |
| B . 21    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3             | 312,80 W  | 240 W        |
| B . 22    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2             | 208,53 W  | 160 W        |
| B . 23    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 4             | 417,07 W  | 320 W        |
| B . 24    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 6             | 625,60 W  | 480 W        |
| B . 25    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 6             | 625,60 W  | 480 W        |
| B . 26    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 4             | 832,60 W  | 676 W        |
| B . 27    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3             | 312,80 W  | 240 W        |
| B . 28    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 1             | 104,27 W  | 80 W         |
| B . 29    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 11            | 1146,93 W | 880 W        |
| B . 30    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 8             | 834,13 W  | 640 W        |
| B . 31    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 4             | 417,07 W  | 320 W        |
| B . 32    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 3             | 624,45 W  | 507 W        |
| B . 33    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 10            | 1042,67 W | 800 W        |
| B . 34    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3             | 312,80 W  | 240 W        |
| B . 35    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3             | 312,80 W  | 240 W        |
| C . 1     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 10            | 2081,50 W | 1690 W       |
| C . 2     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 10            | 1042,67 W | 800 W        |



| ESTUDIO 0 |           |                           |                       |             |              |           |              |
|-----------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|-----------|--------------|
| ZONA . Nº | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia  | P sin eq.aux |
| C . 3     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 5            | 1040,75 W | 845 W        |
| C . 4     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 5            | 521,33 W  | 400 W        |
| C . 5     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 4            | 417,07 W  | 320 W        |
| C . 6     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 4            | 417,07 W  | 320 W        |
| C . 7     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3            | 312,80 W  | 240 W        |
| C . 8     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2            | 208,53 W  | 160 W        |
| C . 9     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 4            | 832,60 W  | 676 W        |
| C . 10    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 10           | 2081,50 W | 1690 W       |
| C . 11    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 3            | 624,45 W  | 507 W        |
| C . 12    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 21           | 4371,15 W | 3549 W       |
| D . 1     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 8            | 1665,20 W | 1352 W       |
| D . 2     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 5            | 1040,75 W | 845 W        |
| D . 3     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 3            | 624,45 W  | 507 W        |
| D . 4     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 8            | 1665,20 W | 1352 W       |
| D . 5     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 15           | 3122,25 W | 2535 W       |
| D . 6     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 5            | 1040,75 W | 845 W        |
| D . 7     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 9            | 1873,35 W | 1521 W       |
| D . 8.1   | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 7            | 1457,05 W | 1183 W       |
| D . 8.2   | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 5            | 1040,75 W | 845 W        |
| D . 9     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 5            | 1040,75 W | 845 W        |
| D . 10    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 3            | 624,45 W  | 507 W        |
| D . 11    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3            | 312,80 W  | 240 W        |
| E . 1     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 8            | 1665,20 W | 1352 W       |
| E . 2     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 10           | 2081,50 W | 1690 W       |
| E . 3     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 8            | 1665,20 W | 1352 W       |
| E . 4     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 6            | 625,60 W  | 480 W        |
| E . 5     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3            | 312,80 W  | 240 W        |
| E . 6     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 6            | 625,60 W  | 480 W        |

| ESTUDIO 0 |           |                           |                       |             |              |           |              |
|-----------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|-----------|--------------|
| ZONA . Nº | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia  | P sin eq.aux |
| E . 7     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 3            | 624,45 W  | 507 W        |
| E . 8     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 4            | 832,60 W  | 676 W        |
| E . 9     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2            | 208,53 W  | 160 W        |
| E . 10    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 5            | 1040,75 W | 845 W        |
| E . 11    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 8            | 1665,20 W | 1352 W       |
| E . 12    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 6            | 1248,90 W | 1014 W       |
| F . 1     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3            | 312,80 W  | 240 W        |
| F . 2     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2            | 208,53 W  | 160 W        |
| F . 3     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 8            | 834,13 W  | 640 W        |
| F . 4     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 4            | 417,07 W  | 320 W        |
| F . 5     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 3            | 624,45 W  | 507 W        |
| F . 6     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 9            | 938,40 W  | 720 W        |
| F . 7     | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 6            | 625,60 W  | 480 W        |
| F . 8     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 3            | 624,45 W  | 507 W        |
| F . 9     | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 5            | 1040,75 W | 845 W        |
| F . 10    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 4            | 417,07 W  | 320 W        |
| F . 11    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 4            | 417,07 W  | 320 W        |
| F . 12    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 3            | 624,45 W  | 507 W        |
| F . 13    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2            | 208,53 W  | 160 W        |
| F . 14    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 5            | 521,33 W  | 400 W        |
| F . 15    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2            | 208,53 W  | 160 W        |
| F . 16    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 2            | 208,53 W  | 160 W        |
| F . 17    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3            | 312,80 W  | 240 W        |
| F . 18    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 3            | 312,80 W  | 240 W        |
| F . 19    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 1            | 104,27 W  | 80 W         |
| F . 20    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 13           | 2705,95 W | 2197 W       |
| F . 21    | 80 W      | 24,27 W                   | 1                     | 104,27 W    | 5            | 521,33 W  | 400 W        |
| F . 22    | 169 W     | 39,15 W                   | 1                     | 208,15 W    | 7            | 1457,05 W | 1183 W       |

Tabla 1- Potencias por lámpara, luminaria, equipo auxiliar y por vía (Estudio 0).

Se ha añadido una última columna en la que no se ha tenido en cuenta, para el cálculo, la potencia consumida por el equipo auxiliar y que se empleará más adelante para hallar el consumo de potencia real de la instalación.

A continuación se suman los valores de potencia de las últimas dos columnas. La suma de la columna potencia, que tiene en cuenta también el consumo del equipo auxiliar, indica el valor total de la potencia de la instalación. Por tanto lo que determinará la potencia consumida de la instalación será la que salga de la suma de la columna de la derecha, aquella potencia que no incluye la potencia del equipo auxiliar y la contratada será la misma multiplicada por esa constante.

En este estudio se trata de estimar la potencia que necesita la instalación para funcionar a nivel nominal, siempre bajo la premisa de no poder conocer, y por tanto obviar, el número de cuadros de mando que existen actualmente en la instalación. Lo que sí se conoce es que las lámparas son de vapor de sodio de alta presión, y que por tanto, a expensas de lo recogido en el *Reglamento de Baja Tensión*, la potencia de la instalación deberá ir multiplicada por un factor de valor 1,8 como previsión del arranque de este tipo de lámparas. Por tanto se establece en la siguiente tabla, a modo

de esquema, las dos potencias descritas anteriormente y la potencia a contratar de la instalación previa multiplicación por el factor 1,8:

| ESTUDIO 0            |                  |                      |
|----------------------|------------------|----------------------|
| POTENCIA INSTALACIÓN | POTENCIA CONSUMO | POTENCIA A CONTRATAR |
| 188,56 kVA           | 151,90 kVA       | 273,42 kVA           |

Tabla 2- Resumen de potencias (Estudio 0).

## 2.2- Estudio I

A partir de este estudio en adelante se establece el cambio de vapor de sodio a LED. Por lo demás se siguen los mismos pasos que en el estudio anterior y se llega a la siguiente tabla de vías detallada como sigue:

| ESTUDIO I |           |                           |                       |             |              |          |              |
|-----------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|----------|--------------|
| ZONA . Nº | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia | P sin eq.aux |
| O . 1.1   | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| O . 1.2   | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| O . 1.3   | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| O . 2     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| O . 3     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| O . 4     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| A . 2     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| A . 3     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W | 224 W        |
| A . 4     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 7            | 435,56 W | 392 W        |
| A . 5     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| A . 6     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| A . 7.1   | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| A . 7.2   | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 7            | 435,56 W | 392 W        |
| A . 8     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| A . 9     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W | 224 W        |
| A . 10    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| A . 11    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| A . 12    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W | 224 W        |
| B . 1     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W | 280 W        |
| B . 2     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 1            | 62,22 W  | 56 W         |
| B . 3     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| B . 4     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 5     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W | 224 W        |
| B . 6     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 7     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 8     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W | 224 W        |
| B . 9     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W | 280 W        |
| B . 10    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 6            | 373,33 W | 336 W        |



| ESTUDIO I |           |                           |                       |             |              |          |              |
|-----------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|----------|--------------|
| ZONA . Nº | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia | P sin eq.aux |
| B . 11    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 12    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W | 224 W        |
| B . 13    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 8            | 497,78 W | 448 W        |
| B . 14    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 10           | 622,22 W | 560 W        |
| B . 15    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| B . 16    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 1            | 62,22 W  | 56 W         |
| B . 17    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 11           | 684,44 W | 616 W        |
| B . 18    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| B . 19.1  | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| B . 19.2  | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W | 280 W        |
| B . 20    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 21    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W | 280 W        |
| B . 22    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 10           | 622,22 W | 560 W        |
| B . 23    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 6            | 373,33 W | 336 W        |
| B . 24    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 6            | 373,33 W | 336 W        |
| B . 25    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 26    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 10           | 622,22 W | 560 W        |
| B . 27    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 28    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W | 224 W        |
| B . 29    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 8            | 497,78 W | 448 W        |
| B . 30    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 6            | 373,33 W | 336 W        |
| B . 31    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W | 280 W        |
| B . 32    | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 4            | 386,67 W | 348 W        |
| B . 33    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| B . 34    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| B . 35    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W | 224 W        |
| C . 1     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| C . 2     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |

| ESTUDIO I |           |                           |                       |             |              |           |              |
|-----------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|-----------|--------------|
| ZONA . Nº | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia  | P sin eq.aux |
| C . 3     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W  | 112 W        |
| C . 4     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W  | 168 W        |
| C . 5     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 7            | 435,56 W  | 392 W        |
| C . 6     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W  | 280 W        |
| C . 7     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W  | 112 W        |
| C . 8     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W  | 280 W        |
| C . 9     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 6            | 373,33 W  | 336 W        |
| C . 10    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W  | 280 W        |
| C . 11    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 14           | 871,11 W  | 784 W        |
| C . 12    | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 7            | 676,67 W  | 609 W        |
| D . 1     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 5            | 483,33 W  | 435 W        |
| D . 2     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 5            | 483,33 W  | 435 W        |
| D . 3     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 10           | 966,67 W  | 870 W        |
| D . 4     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 4            | 386,67 W  | 348 W        |
| D . 5     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 8            | 773,33 W  | 696 W        |
| D . 6     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W  | 261 W        |
| D . 7     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W  | 261 W        |
| D . 8.1   | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W  | 261 W        |
| D . 8.2   | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 5            | 483,33 W  | 435 W        |
| D . 9     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W  | 261 W        |
| D . 10    | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 5            | 483,33 W  | 435 W        |
| D . 11    | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 8            | 773,33 W  | 696 W        |
| E . 1     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 8            | 773,33 W  | 696 W        |
| E . 2     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 8            | 773,33 W  | 696 W        |
| E . 3     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 7            | 676,67 W  | 609 W        |
| E . 4     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 10           | 966,67 W  | 870 W        |
| E . 5     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 29           | 2803,33 W | 2523 W       |
| E . 6     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 21           | 2030,00 W | 1827 W       |

| ESTUDIO I |           |                           |                       |             |              |           |              |
|-----------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|-----------|--------------|
| ZONA . Nº | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia  | P sin eq.aux |
| E . 7     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 15           | 1450,00 W | 1305 W       |
| E . 8     | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 22           | 2126,67 W | 1914 W       |
| E . 9     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 12           | 746,67 W  | 672 W        |
| E . 10    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 16           | 995,56 W  | 896 W        |
| E . 11    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 12           | 746,67 W  | 672 W        |
| E . 12    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W  | 280 W        |
| F . 1     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W  | 168 W        |
| F . 2     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W  | 224 W        |
| F . 3     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 9            | 560,00 W  | 504 W        |
| F . 4     | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 8            | 497,78 W  | 448 W        |
| F . 5     | 56 W      | 6,22 W                    | 2                     | 124,44 W    | 14           | 1742,22 W | 1568 W       |
| F . 6     | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 6            | 174,00 W  | 156,6 W      |
| F . 7     | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 10           | 290,00 W  | 261 W        |
| F . 8     | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 4            | 116,00 W  | 104,4 W      |
| F . 9     | 56 W      | 6,22 W                    | 2                     | 124,44 W    | 13           | 1617,78 W | 1456 W       |
| F . 10    | 56 W      | 6,22 W                    | 2                     | 124,44 W    | 18           | 2240,00 W | 2016 W       |
| F . 11    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 8            | 497,78 W  | 448 W        |
| F . 12    | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 9            | 870,00 W  | 783 W        |
| F . 13    | 207 W     | 23,00 W                   | 1                     | 230,00 W    | 38           | 8740,00 W | 7866 W       |
| F . 14    | 207 W     | 23,00 W                   | 1                     | 230,00 W    | 4            | 920,00 W  | 828 W        |
| F . 15    | 207 W     | 23,00 W                   | 1                     | 230,00 W    | 4            | 920,00 W  | 828 W        |
| F . 16    | 56 W      | 6,22 W                    | 3                     | 186,67 W    | 35           | 6533,33 W | 5880 W       |
| F . 17    | 87 W      | 9,67 W                    | 2                     | 193,33 W    | 41           | 7926,67 W | 7134 W       |
| F . 18    | 56 W      | 6,22 W                    | 3                     | 186,67 W    | 44           | 8213,33 W | 7392 W       |
| F . 19    | 13 W      | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 6            | 87,33 W   | 78,6 W       |
| F . 20    | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 5            | 483,33 W  | 435 W        |
| F . 21    | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 10           | 966,67 W  | 870 W        |
| F . 22    | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W  | 224 W        |

Tabla 3- Potencias por lámpara, luminaria, equipo auxiliar y por vía (Estudio I).

Ahora, al ser LED, la potencia total a contratar será la que dé de sumar la columna de las potencias de cada luminaria (lámpara + equipo auxiliar). De nuevo se resumen los valores finales:

| ESTUDIO I            |                  |                      |
|----------------------|------------------|----------------------|
| POTENCIA INSTALACIÓN | POTENCIA CONSUMO | POTENCIA A CONTRATAR |
| 82,59 kVA            | 74,33 KW         | 82,59 kVA            |
| Cos phy = 0,90       |                  |                      |

Tabla 4- Resumen de potencias (Estudio I).

Además puede verificarse que los cálculos se han realizado correctamente puesto que la división entre la potencia de la instalación y la potencia de consumo da como resultado el factor de potencia de la luminaria LED escogida (valor de 0,9).

## 2.3- Estudio II.I

En esta instalación se pretendía dar un giro extremo a la posibilidad generada en el Estudio 1 para buscar la eficiencia energética óptima. Para ello se instaba a replantearse la instalación mediante la optimización de los cálculos luminotécnicos del programa de cálculo Dialux. Las consecuencias serían las de aumentar el volumen de luminarias para conseguir dichos óptimos, claro está a costa de un gran aumento previsto en la inversión inicial. De nuevo se reproducen los pasos seguidos en los anteriores estudios que quedan recogidos en la siguiente tabla:

| ESTUDIO II.I |           |                           |                       |             |              |           |              |
|--------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|-----------|--------------|
| ZONA . Nº    | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia  | P sin eq.aux |
| O . 1.1      | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 14           | 871,11 W  | 784 W        |
| O . 1.2      | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 12           | 746,67 W  | 672 W        |
| O . 1.3      | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 10           | 622,22 W  | 560 W        |
| O . 2        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 5            | 72,78 W   | 65,5 W       |
| O . 3        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 17           | 247,44 W  | 222,7 W      |
| O . 4        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 3            | 43,67 W   | 39,3 W       |
| A . 2        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W   | 26,2 W       |
| A . 3        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W   | 26,2 W       |
| A . 4        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 15           | 435,00 W  | 391,5 W      |
| A . 5        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 25           | 725,00 W  | 652,5 W      |
| A . 6        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 7            | 101,89 W  | 91,7 W       |
| A . 7.1      | 56 W      | 6,22 W                    | 2                     | 124,44 W    | 9            | 1120,00 W | 1008 W       |
| A . 7.2      | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 5            | 72,78 W   | 65,5 W       |
| A . 8        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 12           | 348,00 W  | 313,2 W      |
| A . 9        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 3            | 43,67 W   | 39,3 W       |
| A . 10       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 1            | 14,56 W   | 13,1 W       |
| A . 11       | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 8            | 232,00 W  | 208,8 W      |
| A . 12       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 4            | 58,22 W   | 52,4 W       |
| B . 1        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 9            | 131,00 W  | 117,9 W      |
| B . 2        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 12           | 174,67 W  | 157,2 W      |
| B . 3        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 5            | 72,78 W   | 65,5 W       |
| B . 4        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 11           | 160,11 W  | 144,1 W      |
| B . 5        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 8            | 232,00 W  | 208,8 W      |
| B . 6        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 4            | 58,22 W   | 52,4 W       |
| B . 7        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 9            | 131,00 W  | 117,9 W      |
| B . 8        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 12           | 174,67 W  | 157,2 W      |
| B . 9        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 5            | 72,78 W   | 65,5 W       |
| B . 10       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 11           | 160,11 W  | 144,1 W      |



| ESTUDIO II.I |           |                           |                       |             |              |          |              |
|--------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|----------|--------------|
| ZONA . Nº    | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia | P sin eq.aux |
| B . 11       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 4            | 58,22 W  | 52,4 W       |
| B . 12       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 7            | 101,89 W | 91,7 W       |
| B . 13       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| B . 14       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 7            | 101,89 W | 91,7 W       |
| B . 15       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 5            | 72,78 W  | 65,5 W       |
| B . 16       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 9            | 131,00 W | 117,9 W      |
| B . 17       | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 6            | 174,00 W | 156,6 W      |
| B . 18       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 4            | 58,22 W  | 52,4 W       |
| B . 19.1     | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 5            | 72,78 W  | 65,5 W       |
| B . 19.2     | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 4            | 58,22 W  | 52,4 W       |
| B . 20       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 6            | 87,33 W  | 78,6 W       |
| B . 21       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 4            | 58,22 W  | 52,4 W       |
| B . 22       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 8            | 116,44 W | 104,8 W      |
| B . 23       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 7            | 101,89 W | 91,7 W       |
| B . 24       | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 9            | 261,00 W | 234,9 W      |
| B . 25       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 3            | 43,67 W  | 39,3 W       |
| B . 26       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 3            | 43,67 W  | 39,3 W       |
| B . 27       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 7            | 101,89 W | 91,7 W       |
| B . 28       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 6            | 87,33 W  | 78,6 W       |
| B . 29       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 6            | 87,33 W  | 78,6 W       |
| B . 30       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 4            | 58,22 W  | 52,4 W       |
| B . 31       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 8            | 116,44 W | 104,8 W      |
| B . 32       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| B . 33       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 3            | 43,67 W  | 39,3 W       |
| B . 34       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 5            | 72,78 W  | 65,5 W       |
| B . 35       | 13,10 W   | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 11           | 160,11 W | 144,1 W      |
| C . 1        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 5            | 145,00 W | 130,5 W      |
| C . 2        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 4            | 58,22 W  | 52,4 W       |





| ESTUDIO II.I |           |                           |                       |             |              |          |              |
|--------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|----------|--------------|
| ZONA . Nº    | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia | P sin eq.aux |
| C . 3        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 3            | 43,67 W  | 39,3 W       |
| C . 4        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 8            | 232,00 W | 208,8 W      |
| C . 5        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 4            | 58,22 W  | 52,4 W       |
| C . 6        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 3            | 43,67 W  | 39,3 W       |
| C . 7        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 3            | 43,67 W  | 39,3 W       |
| C . 8        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| C . 9        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 7            | 101,89 W | 91,7 W       |
| C . 10       | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 13           | 377,00 W | 339,3 W      |
| C . 11       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| C . 12       | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 19           | 551,00 W | 495,9 W      |
| D . 1        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 11           | 319,00 W | 287,1 W      |
| D . 2        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 6            | 174,00 W | 156,6 W      |
| D . 3        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 6            | 87,33 W  | 78,6 W       |
| D . 4        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 14           | 406,00 W | 365,4 W      |
| D . 5        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 25           | 725,00 W | 652,5 W      |
| D . 6        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 8            | 232,00 W | 208,8 W      |
| D . 7        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 15           | 933,33 W | 840 W        |
| D . 8.1      | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 5            | 145,00 W | 130,5 W      |
| D . 8.2      | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 5            | 145,00 W | 130,5 W      |
| D . 9        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 5            | 72,78 W  | 65,5 W       |
| D . 10       | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 13           | 377,00 W | 339,3 W      |
| D . 11       | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W | 280 W        |
| E . 1        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 7            | 203,00 W | 182,7 W      |
| E . 2        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 11           | 319,00 W | 287,1 W      |
| E . 3        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 17           | 247,44 W | 222,7 W      |
| E . 4        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 8            | 116,44 W | 104,8 W      |
| E . 5        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 3            | 87,00 W  | 78,3 W       |
| E . 6        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 10           | 145,56 W | 131 W        |

| ESTUDIO II.I |           |                           |                       |             |              |          |              |
|--------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|----------|--------------|
| ZONA . Nº    | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia | P sin eq.aux |
| E . 7        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 4            | 58,22 W  | 52,4 W       |
| E . 8        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 5            | 72,78 W  | 65,5 W       |
| E . 9        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| E . 10       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 11           | 160,11 W | 144,1 W      |
| E . 11       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 17           | 247,44 W | 222,7 W      |
| E . 12       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 7            | 101,89 W | 91,7 W       |
| F . 1        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| F . 2        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| F . 3        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 7            | 203,00 W | 182,7 W      |
| F . 4        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 5            | 145,00 W | 130,5 W      |
| F . 5        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 5            | 145,00 W | 130,5 W      |
| F . 6        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 5            | 145,00 W | 130,5 W      |
| F . 7        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 5            | 145,00 W | 130,5 W      |
| F . 8        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 5            | 145,00 W | 130,5 W      |
| F . 9        | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 3            | 43,67 W  | 39,3 W       |
| F . 10       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 3            | 43,67 W  | 39,3 W       |
| F . 11       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 5            | 72,78 W  | 65,5 W       |
| F . 12       | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 5            | 145,00 W | 130,5 W      |
| F . 13       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| F . 14       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 4            | 58,22 W  | 52,4 W       |
| F . 15       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| F . 16       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| F . 17       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 5            | 72,78 W  | 65,5 W       |
| F . 18       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| F . 19       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 2            | 29,11 W  | 26,2 W       |
| F . 20       | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 10           | 290,00 W | 261 W        |
| F . 21       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 9            | 131,00 W | 117,9 W      |
| F . 22       | 13,1 W    | 1,46 W                    | 1                     | 14,56 W     | 7            | 101,89 W | 91,7 W       |

Tabla 5- Potencias por lámpara, luminaria, equipo auxiliar y por vía (Estudio II.I).

De nuevo, sumando la columna de potencia se obtiene los valores siguientes:

| ESTUDIO II.I         |                  |                      |
|----------------------|------------------|----------------------|
| POTENCIA INSTALACIÓN | POTENCIA CONSUMO | POTENCIA A CONTRATAR |
| 46,38 kVA            | 41,74 kVA        | 46,38 kVA            |
| Cos phy              | 0,90             |                      |

Tabla 6- Resumen de potencias (Estudio II.I).

## 2.4- Estudio II.II

La segunda opción del Estudio II contemplaba la idea de reducir los costes de la inversión proponiendo aumentar la potencia instalada a cambio de reducir el volumen de luminarias y disminuir así la inversión inicial a costa de perder cierta eficiencia energética. Como ya se ha detallado en los anteriores estudios, en la siguiente tabla se muestra la información por vía de la potencia instalada para el Estudio II.II:



| ESTUDIO II.II |           |                           |                       |             |              |            |              |
|---------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|------------|--------------|
| ZONA . Nº     | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia   | P sin eq.aux |
| 0 . 1.1       | 207 W     | 23,00 W                   | 1                     | 230,00 W    | 33           | 7590,00 W  | 6831 W       |
| 0 . 1.2       | 207 W     | 23,00 W                   | 1                     | 230,00 W    | 3            | 690,00 W   | 621 W        |
| 0 . 1.3       | 207 W     | 23,00 W                   | 1                     | 230,00 W    | 3            | 690,00 W   | 621 W        |
| 0 . 2         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 41           | 3963,33 W  | 3567 W       |
| 0 . 3         | 87 W      | 9,67 W                    | 2                     | 193,33 W    | 37           | 7153,33 W  | 6438 W       |
| 0 . 4         | 87 W      | 9,67 W                    | 3                     | 290,00 W    | 39           | 11310,00 W | 10179 W      |
| A . 2         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 10           | 966,67 W   | 870 W        |
| A . 3         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 10           | 966,67 W   | 870 W        |
| A . 4         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 8            | 773,33 W   | 696 W        |
| A . 5         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W   | 112 W        |
| A . 6         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 6            | 580,00 W   | 522 W        |
| A . 7.1       | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W    | 52,2 W       |
| A . 7.2       | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W    | 52,2 W       |
| A . 8         | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W    | 52,2 W       |
| A . 9         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 5            | 483,33 W   | 435 W        |
| A . 10        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 8            | 773,33 W   | 696 W        |
| A . 11        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W   | 224 W        |
| A . 12        | 87 W      | 9,67 W                    | 2                     | 193,33 W    | 8            | 1546,67 W  | 1392 W       |
| B . 1         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W   | 112 W        |
| B . 2         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 5            | 483,33 W   | 435 W        |
| B . 3         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 2            | 193,33 W   | 174 W        |
| B . 4         | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 1            | 29,00 W    | 26,1 W       |
| B . 5         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 4            | 386,67 W   | 348 W        |
| B . 6         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W   | 112 W        |
| B . 7         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W   | 224 W        |
| B . 8         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W   | 280 W        |
| B . 9         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W   | 112 W        |
| B . 10        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 4            | 386,67 W   | 348 W        |



| ESTUDIO II.II |           |                           |                       |             |              |          |              |
|---------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|----------|--------------|
| ZONA . Nº     | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia | P sin eq.aux |
| B . 11        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 12        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W | 224 W        |
| B . 13        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 14        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 6            | 174,00 W | 156,6 W      |
| B . 15        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 16        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W | 224 W        |
| B . 17        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W | 261 W        |
| B . 18        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 19.1      | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 19.2      | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 20        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| B . 21        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 3            | 87,00 W  | 78,3 W       |
| B . 22        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| B . 23        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W | 261 W        |
| B . 24        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 4            | 386,67 W | 348 W        |
| B . 25        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W  | 52,2 W       |
| B . 26        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W  | 52,2 W       |
| B . 27        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 6            | 174,00 W | 156,6 W      |
| B . 28        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 6            | 174,00 W | 156,6 W      |
| B . 29        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 30        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 3            | 87,00 W  | 78,3 W       |
| B . 31        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 7            | 203,00 W | 182,7 W      |
| B . 32        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 33        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| B . 34        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 2            | 193,33 W | 174 W        |
| B . 35        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 5            | 311,11 W | 280 W        |
| C . 1         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W | 224 W        |
| C . 2         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |

| ESTUDIO II.II |           |                           |                       |             |              |           |              |
|---------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|-----------|--------------|
| ZONA . Nº     | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia  | P sin eq.aux |
| C . 3         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 2            | 193,33 W  | 174 W        |
| C . 4         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W  | 261 W        |
| C . 5         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W  | 112 W        |
| C . 6         | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 3            | 87,00 W   | 78,3 W       |
| C . 7         | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 3            | 87,00 W   | 78,3 W       |
| C . 8         | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W   | 52,2 W       |
| C . 9         | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 4            | 116,00 W  | 104,4 W      |
| C . 10        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 5            | 483,33 W  | 435 W        |
| C . 11        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 1            | 29,00 W   | 26,1 W       |
| C . 12        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 7            | 676,67 W  | 609 W        |
| D . 1         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 5            | 483,33 W  | 435 W        |
| D . 2         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W  | 261 W        |
| D . 3         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W  | 168 W        |
| D . 4         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 5            | 483,33 W  | 435 W        |
| D . 5         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 8            | 773,33 W  | 696 W        |
| D . 6         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 4            | 386,67 W  | 348 W        |
| D . 7         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 11           | 1063,33 W | 957 W        |
| D . 8.1       | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 2            | 193,33 W  | 174 W        |
| D . 8.2       | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 2            | 193,33 W  | 174 W        |
| D . 9         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W  | 112 W        |
| D . 10        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 4            | 386,67 W  | 348 W        |
| D . 11        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W  | 261 W        |
| E . 1         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W  | 261 W        |
| E . 2         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 5            | 483,33 W  | 435 W        |
| E . 3         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 4            | 386,67 W  | 348 W        |
| E . 4         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W  | 224 W        |
| E . 5         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W  | 112 W        |
| E . 6         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 4            | 248,89 W  | 224 W        |

| ESTUDIO II.II |           |                           |                       |             |              |          |              |
|---------------|-----------|---------------------------|-----------------------|-------------|--------------|----------|--------------|
| ZONA . Nº     | P/Pto luz | P equipo auxiliar/Pto luz | Nº Ptos luz/Luminaria | P/Luminaria | NºLuminarias | Potencia | P sin eq.aux |
| E . 7         | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| E . 8         | 56,00 W   | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| E . 9         | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W  | 52,2 W       |
| E . 10        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W | 261 W        |
| E . 11        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 4            | 386,67 W | 348 W        |
| E . 12        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W | 261 W        |
| F . 1         | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W  | 52,2 W       |
| F . 2         | 26,10 W   | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W  | 52,2 W       |
| F . 3         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W | 261 W        |
| F . 4         | 87,00 W   | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 2            | 193,33 W | 174 W        |
| F . 5         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 2            | 193,33 W | 174 W        |
| F . 6         | 87,00 W   | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 3            | 290,00 W | 261 W        |
| F . 7         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 2            | 193,33 W | 174 W        |
| F . 8         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 2            | 193,33 W | 174 W        |
| F . 9         | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 2            | 193,33 W | 174 W        |
| F . 10        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 3            | 87,00 W  | 78,3 W       |
| F . 11        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| F . 12        | 87,00 W   | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 2            | 193,33 W | 174 W        |
| F . 13        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W  | 52,2 W       |
| F . 14        | 26,10 W   | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 4            | 116,00 W | 104,4 W      |
| F . 15        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W  | 52,2 W       |
| F . 16        | 26,10 W   | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W  | 52,2 W       |
| F . 17        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 2            | 124,44 W | 112 W        |
| F . 18        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W  | 52,2 W       |
| F . 19        | 26,1 W    | 2,90 W                    | 1                     | 29,00 W     | 2            | 58,00 W  | 52,2 W       |
| F . 20        | 87 W      | 9,67 W                    | 1                     | 96,67 W     | 4            | 386,67 W | 348 W        |
| F . 21        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |
| F . 22        | 56 W      | 6,22 W                    | 1                     | 62,22 W     | 3            | 186,67 W | 168 W        |

Tabla 7- Potencias por lámpara, luminaria, equipo auxiliar y por vía (Estudio II.II).

El resultado de las potencias se muestra en la siguiente tabla:

| ESTUDIO II.II        |                  |                      |
|----------------------|------------------|----------------------|
| POTENCIA INSTALACIÓN | POTENCIA CONSUMO | POTENCIA A CONTRATAR |
| 58,71 kVA            | 52,84 kVA        | 58,71 kVA            |
| Cos phy              |                  | 0,90                 |

Tabla 8- Resumen de potencias (Estudio II.II).

Por tanto la instalación necesitará una contratación de potencia de unos 58,71 KW para su correcto funcionamiento.

## 3- FACTURA ELÉCTRICA

### 3.1- Consideraciones generales

La problemática de cada uno de los resultados mostrados en los cuatro estudios reside en establecer el número de cuadros de mando, una tarea inalcanzable si no se dispone de información con la que contrastar dicha elección.

Como no se tiene información y en la Ordenanza Municipal solo se establecen los máximos de contratación de potencia por cuadro de mando, se evita cualquier hipótesis que pueda conducir a un valor demasiado alejado como para pensar en él como aproximación mediante la supuesta firma de un contrato con la entidad comercializadora por toda la potencia que se requiere contratar, evitando así el establecer un contrato por cuadro de mando. Este contrato único con la comercializadora, en este caso ERZ ENDESA, llevará una tarifa estándar que puede no asemejarse a la que existe actualmente o a la que se podría negociar. Pese al inconveniente creado por la desinformación el elegir la misma tarifa para cada uno de los estudios dará una visión de lo que ocurriría relativamente entre ellas y poder, mediante comparación, esclarecer cuál de ellas podría ser la mejor situación desde el punto de vista económico.

Partiendo de la premisa de que sí se puede asegurar que cada cuadro de mando contará con una potencia mayor que 15KW de una instalación de baja tensión se escogerá la tarifa 3.0.2 de la compañía ERZ ENDESA cuyos detalles de precios se recogen en la siguiente tabla:

**Tarifas para clientes con potencia contratada a partir de 15 kW**

| Tarifa                              | Término de potencia (€/kW/mes) | Término de energía €/kWh |          |          |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|----------|----------|
|                                     |                                | Punta                    | Llano    | Valle    |
| Tarifa 3.0.2 general potencia >15kW | 2,048996                       | 0,165604                 | 0,133798 | 0,090852 |

*Tabla 9- Precios de ATR de potencia y de energía de la tarifa 3.0.2 de Endesa.*

### 3.2- Bases de cálculo

Para calcular el coste de la factura eléctrica lo primero será establecer el número total de horas nocturnas anuales tomando como datos los disponibles de las salidas y puestas de sol del año 2014 en la ciudad de Zaragoza (*tutiempo, 2014*). Lo siguiente una vez conocidas las horas anuales y la tarifa a contratar se procede a realizar los cálculos oportunos del coste.

#### 3.2.1- Estimación temporal anual

En la página web <http://www.tutiempo.net/> se recogen datos sobre la salida y puesta del sol de cada día de 2014(último año entero disponible) y sobre el cual se realizará la estimación oportuna. Al ser demasiados datos se procede a realizar una aproximación mensual de la siguiente forma:

De cada mes se realiza la media entre la puesta de sol más temprana y la más tardía y otra media entre la salida de sol más temprana y la más tardía. Se apuntan junto a estos valores las horas de sol, las horas de noche y los días de cada mes en la siguiente tabla:

| 2014                |                          | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo  | Junio | Julio |
|---------------------|--------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Aragón:<br>ZARAGOZA | Número de horas de sol   | 9,57  | 10,53   | 11,85 | 13,23 | 14,43 | 15,06 | 14,84 |
|                     | Número de horas de noche | 14,43 | 13,47   | 12,15 | 10,77 | 9,58  | 8,94  | 9,16  |
|                     | Nº Días/mes              | 31    | 28      | 31    | 30    | 31    | 30    | 31    |
|                     | Salida Sol               | 8:29  | 8:02    | 7:20  | 7:28  | 6:46  | 6:29  | 6:40  |
|                     | Puesta Sol               | 17:56 | 18:34   | 19:07 | 20:42 | 21:14 | 21:39 | 21:38 |

| 2014                |                          | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total  |
|---------------------|--------------------------|--------|------------|---------|-----------|-----------|--------|
| Aragón:<br>ZARAGOZA | Número de horas de sol   | 13,88  | 12,57      | 11,19   | 9,97      | 9,30      | 146,41 |
|                     | Número de horas de noche | 10,13  | 11,43      | 12,81   | 14,03     | 14,70     | 141,59 |
|                     | Nº Días/mes              | 31     | 30         | 31      | 30        | 31        | 365    |
|                     | Salida Sol               | 7:10   | 7:41       | 8:13    | 7:50      | 8:22      |        |
|                     | Puesta Sol               | 21:07  | 20:17      | 19:26   | 17:45     | 17:34     |        |

■ Invierno  
■ Verano

Tabla 10- Cuantificación horaria con carácter mensual.

En el contexto de la contratación de energía eléctrica el periodo anual viene seccionado en dos *estaciones* que se definen como **invierno** y **verano**. Ambos periodos van desde finales de Octubre hasta finales de Marzo y desde finales de Marzo hasta finales de Octubre respectivamente. Sin embargo para facilitar los cálculos dispuestos mes a mes (sin tener que dividir dos meses como son Marzo y Octubre) se tomará el mes de Octubre como época de verano y el de Marzo como época de invierno, tal y como se indica en la **tabla 10**.

Para aplicar las tarifas eléctricas, y en este caso la seleccionada, hace falta conocer los periodos de coste en los que se divide la tarifa. En la 3.0.2 se tiene tres periodos de distinto coste llamados punta, llano y valle (**tabla 11**) que varían respecto a la hora del día según la siguiente gráfica extraída de la página web oficial de Endesa:

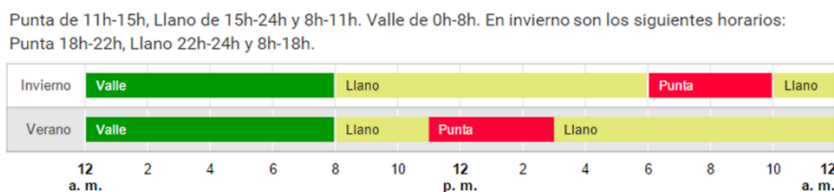


Tabla 11- Horario de tarifas para tres periodos tarifarios contratando con Endesa.

Puede verse la distinción entre invierno y verano, las horas punta (más caras) y las valle (horas más baratas). Además cabe recordar que según lo establecido en la *Ordenanza Municipal de Zaragoza* existe una reducción de flujo que se deberá efectuar a partir de las cero horas y que supondrá una disminución de entre el 45 y el 50% del flujo nominal (*Artículo 7*).

Con todo esto se puede realizar un promedio de horas sin luz respecto de cada periodo y dividir los datos según sea invierno o verano. Promedio de salida de sol y de puesta de sol quedan definidos en la siguiente tabla junto con una partición entre las horas antes de las 12 de la madrugada y después de las 12 quedando como sigue:

|                             | Promedio salida sol | Promedio puesta sol | Horas hasta las 00:00 | Horas tras las 00:00 | Horas hasta las 00:00 | Horas tras las 00:00 | Días/año noche | Potencia Nominal | Flujo reducido |
|-----------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------|------------------|----------------|
| Verano                      | 7:12                | 20:51               | 3:08                  | 7:12                 | 3,13 h                | 7,20 h               | 214            | 670,53 h/año     | 1.540,80 h/año |
| Invierno                    | 8:00                | 18:11               | 5:48                  | 8:00                 | 5,80 h                | 8,00 h               | 151            | 875,80 h/año     | 1.208,00 h/año |
| Promedio Verano h sin luz   | 10,40               |                     |                       |                      |                       |                      |                | 4295,13          |                |
| Promedio Invierno h sin luz | 13,76               |                     |                       |                      |                       |                      |                | Horas/año Total  |                |

Tabla 12- Distinción de horas según reducción de flujo.



### 3.2.2- Estimación temporal según tarifa

Como se veía anteriormente las ATR de la tarifa 3.0.2 son las siguientes:

| TARIFA 3.0.2 | TÉRMINO DE POTENCIA | TÉRMINO CONSUMO |
|--------------|---------------------|-----------------|
| P1 (punta)   | 24,587952           | 0,165604        |
| P2 (llano)   | 24,587952           | 0,133798        |
| P3 (valle)   | 24,587952           | 0,090852        |

Tabla 13- ATR de la tarifa 3.0.2 de Endesa.

Para poder establecer correctamente el término de energía en los costes totales hará falta dividir las horas nocturnas no solo por porcentaje de flujo que haya o por la época del año en la que se esté, sino además por la hora en la que se haga uso de dicha energía, diferenciando entre las tres tarifas del término de consumo de potencia o término de energía. Ya se vio en la **tabla 11** las horas en las que se activa una u otra tarifa según fuera invierno o verano. Por tanto habrá que emplear las horas anuales en las que de seguro la instalación hará su trabajo y dividir las según flujo y según periodo tarifario.

Se escoge como primer cálculo la partición diaria según el periodo tarifario únicamente en la franja horaria que afecta al funcionamiento del alumbrado público:

| Periodos a los que afecta el consumo en alumbrado público |       |       |       |      |      |
|---|-------|-------|-------|------|------|
|   | P1    |       | P2    |      | P3   |
| Verano  |       |       | 15:00 | 0:00 | 0:00 |
| Invierno  | 18:00 | 22:00 | 22:00 | 0:00 | 0:00 |

Tabla 14- Periodos tarifarios existentes a las horas de funcionamiento de la instalación en un día cualquiera.

Acto seguido se tiene en cuenta la reducción de flujo a partir de las 00:00, obteniendo:

|          | Antes de las 12 |       |      | Después de las 12 |
|----------|-----------------|-------|------|-------------------|
|          | 20:51           | 0:00  | 0:00 | 7:12              |
| Verano   | P2              | P2    | P2   | P3                |
|          | 18:11           | 22:00 | 0:00 | 8:00              |
| Invierno | P1              | P2    | P2   | P3                |

Tabla 15- Periodos tarifarios existentes antes de las 12 pm y después de las 12 pm.

En formato de h/min, se apuntan los intervalos horarios de cada periodo tarifario:

|          | POTENCIA NOMINAL |          |          | POTENCIA con REDUCCIÓN de FLUJO |          |          |
|----------|------------------|----------|----------|---------------------------------|----------|----------|
|          | Horas P1         | Horas P2 | Horas P3 | Horas P1                        | Horas P2 | Horas P3 |
| Verano   | 0:00             | 3:08     | 0:00     | 0:00                            | 0:00     | 7:12     |
| Invierno | 3:48             | 2:00     | 0:00     | 0:00                            | 0:00     | 8:00     |

Tabla 16- Periodos tarifarios existentes entre las horas de  $P_{NOMINAL}$  y las de reducción de flujo.

O lo que es lo mismo,

|          | POTENCIA NOMINAL |          |          | POTENCIA con REDUCCIÓN de FLUJO |          |          |
|----------|------------------|----------|----------|---------------------------------|----------|----------|
|          | Horas P1         | Horas P2 | Horas P3 | Horas P1                        | Horas P2 | Horas P3 |
| Verano   | 0 h              | 3,13 h   | 0 h      | 0 h                             | 0 h      | 7,20 h   |
| Invierno | 3,80 h           | 2,00 h   | 0 h      | 0 h                             | 0 h      | 8,00 h   |

Tabla 17- Horas al día por periodo tarifario y según % de flujo requerido.

Indica las horas en las que se consume potencia según el periodo tarifario que toque.

Estos resultados son referidos a un día (ya sea de verano o de invierno) habiendo hecho uso de las horas promedio de salida y puesta de sol. Ahora dicha tabla deberá escalarse a la totalidad de los días de un año para conocer las horas totales en la que existe consumo de potencia, la cantidad de flujo necesario para su funcionamiento y el periodo tarifario al que están sometidas dichas horas. Esto queda recogido en la siguiente tabla:

|          | POTENCIA NOMINAL |              |         | POTENCIA con REDUCCIÓN de FLUJO |         |                | TOTAL          |
|----------|------------------|--------------|---------|---------------------------------|---------|----------------|----------------|
|          | P1               | P2           | P3      | P1                              | P2      | P3             |                |
| VERANO   | 0 h/año          | 670,53 h/año | 0 h/año | 0 h/año                         | 0 h/año | 1.540,8 h/año  | 2.211,33 h/año |
| INVIERNO | 573,8 h/año      | 302 h/año    | 0 h/año | 0 h/año                         | 0 h/año | 1.208 h/año    | 2.083,80 h/año |
| TOTAL    | 573,80 h/año     | 972,53 h/año | 0 h/año | 0 h/año                         | 0 h/año | 2.748,80 h/año | 4.295,13 h/año |

Tabla 18- Horas anuales según periodo tarifario y según % de flujo requerido.

Ahora solo falta conocer las potencias a contratar de cada uno de los estudios y realizar los cálculos estipulados.

### 3.3- Facturas

#### 3.3.1- Estudio 0

Se procede a calcular la factura eléctrica de la instalación actual.

La potencia a contratar ya se halló y quedó recogida en la **tabla 2**. Esa será la estimación de la potencia a contratar que irá directamente multiplicada por los ATR de potencia para la parte de contratación de potencia. Ahora bien, los consumos de energía, distribuidos por periodo tarifario, seguirán la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo Energía en P1} = h_{\text{año}}^{P1} (P_{\text{Nominal}}) \cdot P_{\text{Nominal}} + h_{\text{año}}^{P1} (\text{flujo reducido}) \cdot P_{0,5} \quad \text{Ec.1}$$

Puede verse que se ha escogido la reducción de flujo como el 50% del flujo nominal.

Como se comentaba anteriormente se conocen los ATR que impone la comercializadora ERZ Endesa descritos en la **tabla 13**.

Tanto la potencia a contratar y el consumo de potencia por periodos tarifarios se recoge en la siguiente tabla:

|                   | P1             | P2             | P3             |                       |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------|
| Energía (kWh)     | 156.887,36 kWh | 265.908,31 kWh | 375.785,97 kWh | <b>798.581,65 kWh</b> |
| P Contratada (KW) | 273,42 KW      | 273,42 KW      | 273,42 KW      |                       |

Tabla 19- Consumo de energía anual y potencia a contratar (Estudio 0).

Por tanto el consumo de energía anual se estima en los aproximadamente **798,58 MW**.

Teniendo en cuenta el Impuesto Eléctrico siguiente:

| Impuesto Eléctrico |
|--------------------|
| 1,051127           |

Tabla 20- Impuesto Eléctrico, según el BOE.

Al calcular los costes de potencia únicamente se multiplicará la potencia contratada por los ATR de potencia del mismo periodo tarifario y por el Impuesto Eléctrico, y los costes de energía por periodo tarifario saldrán de multiplicar la energía consumida por los ATR de energía y el Impuesto Eléctrico.

Todo ello queda recogido en la siguiente tabla:

|                           | P1          | P2          | P3          |                     |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
| COSTE ATR ENERGIA con IE  | 27.309,51 € | 37.397,00 € | 35.886,43 € | <b>100.592,94 €</b> |
| COSTE ATR POTENCIA con IE | 7.066,51 €  | 7.066,51 €  | 7.066,51 €  | <b>21.199,53 €</b>  |

Tabla 21- Costes de Energía y de Potencia (Estudio 0) incluido el Impuesto Eléctrico.

Por tanto, la factura eléctrica del Estudio 0 asciende a:

| ESTUDIO 0                   |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| FACTURA ANUAL ESTIMADA      |                     |
| PRECIO ANUAL NETO (21% IVA) | <b>147.368,89 €</b> |

Tabla 22- Coste total de la factura anual estimada (Estudio 0).

Ese valor indica el gasto anual en factura eléctrica y que más adelante servirá para comparar con los demás estudios y con los costes globales poder establecer una solución al problema.

### 3.3.2- Estudio I

De la misma forma que en el Estudio 0 se prosigue a realizar la estimación de la factura eléctrica de este estudio. Al haber decidido cambiar las lámparas a LED se espera un evidente ahorro en la factura anual.

En la siguiente tabla se muestran los valores ya calculados de consumo de energía según periodo tarifario y la potencia a contratar (**tabla 6**):

|                   | P1            | P2            | P3             |                       |
|-------------------|---------------|---------------|----------------|-----------------------|
| Energía (kWh)     | 47.387,97 kWh | 80.317,85 kWh | 113.506,50 kWh | <b>241.212,33 kWh</b> |
| P Contratada (KW) | 82,59 KW      | 82,59 KW      | 82,59 KW       |                       |

Tabla 23- Consumo de energía anual y potencia a contratar (Estudio I).

El consumo de energía anual se situaría en los **217,1 MW**, afirmando la gran disminución del consumo de energía. Con esto y utilizando las mismas ecuaciones que en el caso anterior se obtiene lo siguiente:

|                           | P1         | P2          | P3          |             |
|---------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| COSTE ATR ENERGIA con IE  | 8.248,86 € | 11.295,80 € | 10.839,53 € | 30.384,19 € |
| COSTE ATR POTENCIA con IE | 2.134,45 € | 2.134,45 €  | 2.134,45 €  | 6.403,34 €  |

Tabla 24- Costes de Energía y de Potencia (Estudio I) incluido el Impuesto Eléctrico.

Y por tanto, la factura eléctrica asciende a:

| ESTUDIO I                   |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| FACTURA ANUAL ESTIMADA      |                    |
| PRECIO ANUAL NETO (21% IVA) | <b>44.512,91 €</b> |

Tabla 25- Coste total de la factura anual estimada (Estudio I).

Como puede comprobarse, los resultados hacen buenas las previsiones según el cambio de tipo de lámpara.

### 3.3.3- Estudio II.I

En este estudio se tenía en cuenta la menor potencia posible para hallar la máxima eficiencia energética posible. En principio se espera la menor factura, aunque esto también depende del aumento del volumen de luminarias respecto al caso actual (Estudio 0).

De nuevo se emplean las mismas ecuaciones vistas en el Estudio 0. Los valores de energía consumida y de potencia a contratar (**tabla 6**) según periodo tarifario se recogen en la siguiente tabla:

|                   | P1            | P2            | P3            |                       |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|
| Energía (kWh)     | 26.612,14 kWh | 45.104,91 kWh | 63.742,99 kWh | <b>135.460,04 kWh</b> |
| P Contratada (KW) | 46,38 KW      | 46,38 KW      | 46,38 KW      |                       |

Tabla 26- Consumo de energía anual y potencia a contratar (Estudio II.I).

El consumo de energía anual sería de aproximadamente **121,91 MW**.

Los costes de energía y de potencia se adjuntan en la siguiente tabla:

|                           | P1         | P2         | P3         |             |
|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|
| COSTE ATR ENERGIA con IE  | 4.632,40 € | 6.343,50 € | 6.087,26 € | 17.063,16 € |
| COSTE ATR POTENCIA con IE | 1.198,66 € | 1.198,66 € | 1.198,66 € | 3.595,99 €  |

Tabla 27- Costes de Energía y de Potencia (Estudio II.I) incluido el Impuesto Eléctrico.

Por tanto la factura ascenderá a:

| ESTUDIO II.I                        |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| FACTURA ANUAL ESTIMADA              |                    |
| PRECIO FACTURA ANUAL NETO (21% IVA) | <b>24.997,56 €</b> |

Tabla 28- Coste total de la factura anual estimada (Estudio II.I).

Como puede comprobarse, por ahora se cumplen las predicciones y es el caso con menor factura eléctrica, lo que supone un claro factor positivo.

### 3.3.4- Estudio II.II

En este estudio se busca nivelar los costes debidos a la inversión inicial que se esperan en el Estudio II.I aumentando la potencia y reduciendo así el volumen de luminarias a instalar.

Así, siguiendo los mismos pasos que los estudios anteriores, se halla primero el consumo de energía y la potencia a contratar (**tabla 8**):

|                   | P1            | P2            | P3            |                       |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|
| Energía (kWh)     | 33.687,67 kWh | 57.097,22 kWh | 80.690,72 kWh | <b>171.475,60 kWh</b> |
| P Contratada (KW) | 58,71 KW      | 58,71 KW      | 58,71 KW      |                       |

Tabla 29- Consumo de energía anual y potencia a contratar (Estudio II.II).

Como es lógico, el consumo de energía anual ha aumentado respecto del caso anterior, hasta la cifra de aproximadamente **154,33 MW**.

Los costes de ambas partes sería el siguiente:

|                           | P1         | P2         | P3         |             |
|---------------------------|------------|------------|------------|-------------|
| COSTE ATR ENERGIA con IE  | 5.864,04 € | 8.030,08 € | 7.705,72 € | 21.599,84 € |
| COSTE ATR POTENCIA con IE | 1.517,36 € | 1.517,36 € | 1.517,36 € | 4.552,07 €  |

Tabla 30- Costes de Energía y de Potencia (Estudio II.II) incluido el Impuesto Eléctrico.

Y por tanto, la factura eléctrica asciende a:

| ESTUDIO II.II                              |                    |
|--|--------------------|
| FACTURA ANUAL ESTIMADA                     |                    |
| <b>PRECIO FACTURA ANUAL NETO (21% IVA)</b> | <b>31.643,81 €</b> |

Tabla 31- Coste total de la factura anual estimada (Estudio II.II).

Respecto al Estudio II.I, la diferencia de costes no es muy alta, lo cual podría hacer de este estudio una posibilidad con más fuerza a expensas de conocer los presupuestos y con ello las inversiones iniciales de cada uno de los estudios.



## 4- CONCLUSIONES

Brevemente, teniendo en cuenta como datos únicamente los de factura eléctrica de cada uno de los estudios, la mejor opción sería establecer el Estudio II.I como el más adecuado por el ahorro que supone respecto al coste estimado de la instalación actual.



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad** Zaragoza



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Estudio de viabilidad económica y eficiencia  
energética en una instalación de alumbrado público  
del Casco Antiguo de Zaragoza

Anexo III. Costes de mantenimiento y limpieza

Autor:

Gabriel Gallo Stampino Martínez-Berganza

Director:

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2015







## Tabla de contenido

|   |   |
|---|---|
| 1- INTRODUCCIÓN .....                       | 2 |
| 2- FACTOR DE MANTENIMIENTO.....             | 2 |
| 3- COSTES DE MANTENIMIENTO .....            | 5 |
| 3.1- Costes por reposición .....            | 5 |
| 3.1.1- Estudio 0.....                       | 5 |
| 3.1.2- Estudios I, II.I y II.II.....        | 5 |
| 3.2- Costes de limpieza .....               | 7 |
| 3.3- Costes por avería y reposiciones ..... | 8 |
| 4- CONCLUSIONES.....                        | 9 |

## 1- INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se calculan los costes existentes necesarios para mantener la luminaria en un correcto funcionamiento, para evitar averías o para subsanarlas.

## 2- FACTOR DE MANTENIMIENTO

El factor de mantenimiento es la relación entre la iluminancia media en la zona iluminada después de un determinado período de funcionamiento de la instalación de alumbrado exterior (Iluminancia media en servicio,  $E_{servicio}$ ), y la iluminancia media obtenida al inicio de su funcionamiento como instalación nueva (Iluminación media inicial,  $E_{inicial}$ ).

$$f_m = \frac{E_{servicio}}{E_{inicial}} = \frac{E}{E_i} \quad \text{Ec.1}$$

Siendo  $E_i$  la iluminancia media inicial y  $E$  la iluminancia media en servicio.

El factor de mantenimiento será siempre menor que la unidad ( $<1$ ), e interesará que resulte lo más elevado posible para una frecuencia de mantenimiento lo más baja que pueda llevarse a cabo.

El factor de mantenimiento será función fundamentalmente de:

- El tipo de lámpara, depreciación del flujo luminoso y su supervivencia en el transcurso del tiempo.
- La estanqueidad del sistema óptico de la luminaria mantenida a lo largo de su funcionamiento.
- La naturaleza y modalidad de cierre de la luminaria.
- La calidad y frecuencia de las operaciones de mantenimiento.
- El grado de contaminación de la zona donde se instale la luminaria.

El factor de mantenimiento será el producto de los factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas, de su supervivencia y de depreciación de la luminaria, tal y como se detalla en la **ecuación 2**.

$$f_m = FDFL \cdot FSL \cdot FDLU \quad \text{Ec.2}$$

Siendo:

*FDFL: factor de depreciación del flujo luminoso de la lámpara.*

*FSL: factor de supervivencia de la lámpara.*

*FDLU: factor de depreciación de la luminaria.*

Los factores de depreciación y supervivencia máximos admitidos se indican en las *tablas 1,2 y 3*.

| Tipo de lámpara                  | Período de funcionamiento en horas |         |         |          |          |
|----------------------------------|------------------------------------|---------|---------|----------|----------|
|                                  | 4.000 h                            | 6.000 h | 8.000 h | 10.000 h | 12.000 h |
| Sodio alta presión               | 0,98                               | 0,97    | 0,94    | 0,91     | 0,90     |
| Sodio baja presión               | 0,98                               | 0,96    | 0,93    | 0,90     | 0,87     |
| Halogenuros metálicos            | 0,82                               | 0,78    | 0,76    | 0,76     | 0,73     |
| Vapor de mercurio                | 0,87                               | 0,83    | 0,80    | 0,78     | 0,76     |
| Fluorescente tubular Trifósforo  | 0,95                               | 0,94    | 0,93    | 0,92     | 0,91     |
| Fluorescente tubular Halofosfato | 0,82                               | 0,78    | 0,74    | 0,72     | 0,71     |
| Fluorescente compacta            | 0,91                               | 0,88    | 0,86    | 0,85     | 0,84     |

Tabla 1. Factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas (FDFL).

| Tipo de lámpara                  | Período de funcionamiento en horas |         |         |          |          |
|----------------------------------|------------------------------------|---------|---------|----------|----------|
|                                  | 4.000 h                            | 6.000 h | 8.000 h | 10.000 h | 12.000 h |
| Sodio alta presión               | 0,98                               | 0,96    | 0,94    | 0,92     | 0,89     |
| Sodio baja presión               | 0,92                               | 0,86    | 0,80    | 0,74     | 0,62     |
| Halogenuros metálicos            | 0,98                               | 0,97    | 0,94    | 0,92     | 0,88     |
| Vapor de mercurio                | 0,93                               | 0,91    | 0,87    | 0,82     | 0,76     |
| Fluorescente tubular Trifósforo  | 0,99                               | 0,99    | 0,99    | 0,98     | 0,96     |
| Fluorescente tubular Halofosfato | 0,99                               | 0,98    | 0,93    | 0,86     | 0,70     |
| Fluorescente compacta            | 0,98                               | 0,94    | 0,90    | 0,78     | 0,50     |

Tabla 2. Factores de supervivencia de las lámparas (FSL).

| Grado protección sistema<br>óptico | Grado de<br>contaminación | Intervalo de limpieza en años |          |        |          |        |
|------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------|--------|----------|--------|
|                                    |                           | 1 año                         | 1,5 años | 2 años | 2,5 años | 3 años |
| IP 2X                              | Alto                      | 0,53                          | 0,48     | 0,45   | 0,43     | 0,42   |
|                                    | Medio                     | 0,62                          | 0,58     | 0,56   | 0,54     | 0,53   |
|                                    | Bajo                      | 0,82                          | 0,80     | 0,79   | 0,78     | 0,78   |
| IP 5X                              | Alto                      | 0,89                          | 0,87     | 0,84   | 0,80     | 0,76   |
|                                    | Medio                     | 0,90                          | 0,88     | 0,86   | 0,84     | 0,82   |
|                                    | Bajo                      | 0,92                          | 0,91     | 0,90   | 0,89     | 0,88   |
| IP 6X                              | Alto                      | 0,91                          | 0,90     | 0,88   | 0,85     | 0,83   |
|                                    | Medio                     | 0,92                          | 0,91     | 0,89   | 0,88     | 0,87   |
|                                    | Bajo                      | 0,93                          | 0,92     | 0,91   | 0,90     | 0,90   |

A los efectos del cálculo del factor de mantenimiento, 1 año equivale a 4.000 h de funcionamiento.

Tabla 3. Factores de depreciación de las luminarias (FDLU).

El grado de contaminación atmosférica que respecta a este emplazamiento y al que se hace referencia en las **tablas 3 y 4**, tal y como se detalla en la *ITC-EA-06 del RD 1890/08*, es el siguiente:

Se propone establecer un **grado de contaminación medio** por ser una zona de vías urbanas sometidas a una intensidad de tráfico medio (exceptuando calles como San Vicente de Paúl o Paseo Echegaray que serían de densidad de tráfico alta o aquellas calles de pequeña longitud y escasa circulación de vehículos). Además sería catalogada como una zona residencial, de actividad u ocio, con unas condiciones de tráfico de vehículos similar en la mayoría de las vías.

Se va a calcular el factor de mantenimiento tanto para la lámpara VSAP como para la lámpara LED.

Teniendo en cuenta una vida útil de unas 12.000 horas para la lámpara de sodio de alta presión y apoyándose en la **tabla 1**, se obtiene un factor de 0,90 (FDFL). En cuanto al factor de supervivencia de las lámparas, con dicha vida útil, resulta un valor de 0,89 (**tabla 2**). Por otro lado, en lo que respecta a la lámpara LED, la menor de las vidas útiles es de 59300 horas, por lo que se excede en un alto rango de horas de los factores de depreciación y de supervivencia. La aparición de fallos en las

lámparas Led también es muy baja. Esto ha permitido seleccionar, tanto para FDFL y para FSL, un valor de uno. Por último, según lo establecido en la **tabla 3** y suponiendo que la luminaria de la instalación actual tenga una IP5x existiendo un grado de contaminación medio como se explicaba anteriormente, el intervalo de limpieza se sitúa en un año y medio.

Para poder observar con mayor claridad los resultados se facilita la siguiente tabla resumen:

|                                | <b>VSAP</b> | <b>LED</b>  |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| FDFL                           | 0,90        | 1           |
| FSL                            | 0,89        | 1           |
| FDLU                           | 0,88        | 0,87        |
| <b>FACTOR DE MANTENIMIENTO</b> | <b>0,70</b> | <b>0,87</b> |

*Tabla 4- Factor de mantenimiento según tipo de lámpara.*

La justificación de que el factor de mantenimiento supere los 0,85 es debido a que se ha tenido que elegir entre un grado de contaminación medio y alto, pese a que se encuentran ambos casos como válidos. Por ello el factor podría tener ese nivel de 0,85, aunque la normativa exige elegir el grado de contaminación. Para mejorar la aproximación se tendría que realizar un análisis exhaustivo de la contaminación en la zona.

### 3- COSTES DE MANTENIMIENTO

Como se ha hecho con los demás factores que se incluyen en este proyecto, se realizará un desglose de los costes de mantenimiento por estudio y un resumen final global. Se conoce el funcionamiento anual de la luminaria, dato extraído del *Anexo II. Cálculos de potencia y factura eléctrica* y los precios de las lámparas (se ha estimado precios comparando las lámparas del *Catálogo Osram*).

#### 3.1- Costes por reposición

La reposición de las lámparas se programará con el objeto de mantener las instalaciones de alumbrado al nivel óptimo llevando a cabo dicha reposición una vez que se **haya excedido el 70% de la vida de la lámpara**. Para el Estudio 0 se sabe que la instalación la componen lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP) y para los demás estudios se emplean LEDs.

##### 3.1.1- Estudio 0

Al no tener información alguna que detalle la vida útil de las lámparas actuales que componen la instalación se procede a establecer un valor propio de una lámpara de tales características, estableciendo el valor medio en 12.000h (ver *lámparas de VSAP de Catálogo Osram* o *Catálogo Luminotecnia Indalux, Capítulo 8*).

Se seguirá la siguiente ecuación:

$$\text{Coste Reposición} = \frac{1}{\text{Vida útil} / \text{Funcionamiento anual}} \cdot \text{Precio lámpara} \cdot N^{\circ} \text{ lámparas} \quad \text{Ec.3}$$

Se detalla toda la información en la **tabla 4**:

| ESTUDIO 0            |  |  |  |
|----------------------|--|--|--|
| MODELO               | Napoleón 2000<br>HPB700 IP66 ACC ROT 1xSON-<br>TPP70W HB_220 | Napoleón 2000<br>HPB700 IP66 ACC 1xCDO-<br>TT150W HB_828 | Iridium <sup>2</sup> Large<br>SGP353 1xSON-TPP250W<br>EB FX1 P1H1V_220 |
| Núm. Lámparas        | 312  | 451  | 46   |
| Vida útil            | 12000,00 h   | 12000,00 h   | 12000,00 h   |
| Funcionamiento anual | 4295,13 h  | 4295,13 h  | 4295,13 h  |
| Precio Lámpara       | 32,50 €  | 35,50 €  | 50,00 €  |
| Costes               | 3.629,39 €   | 5.730,60 €   | 823,23 €   |
| <b>TOTAL COSTES</b>  | <b>10.183,22 €</b>   |  |  |

Tabla 5- Costes por reposición (Estudio 0).

##### 3.1.2- Estudios I, II.I y II.II

La vida de las lámparas LED se incluye en la **tabla 4** junto con el número de horas de funcionamiento anual y los precios de dichas lámparas.

El número de lámparas según modelo se realiza con las tablas de potencia por tipología vistas en el *Anexo II. Cálculos de potencia y factura eléctrica*.

De esta forma se incluyen todos los detalles de los tres estudios en las siguientes tablas:

| ESTUDIO I            |  |  |  |  |
|----------------------|--|--|--|--|
| MODELO               | Jargeau 400 gen2 LED<br>BGP641 FG<br>12xGRN14/830 OFR4 | Jargeau 400 gen2 LED<br>BGP641 FG<br>12xECO25/830 OFR6 | Jargeau 400 gen2 LED<br>BGP641 FG<br>36xGRN57/830 OFR6 | Jargeau 400 gen2 LED<br>BGP641 FG<br>40xECO80/830 OFR6 |
| Núm.Lamparas         | 6  | 20   | 400  | 217  |
| Vida útil            | 80100,00 h   | 59300,00 h   | 80100,00 h   | 59300,00 h   |
| Funcionamiento anual | 4295,13 h  | 4295,13 h  | 4295,13 h  | 4295,13 h  |
| Precio Lámpara       | 50,00 €  | 66,00 €  | 88,00 €  | 150,00 €   |
| Costes               | 16,09 €  | 95,61 €  | 1.887,50 €   | 2.357,62 €   |
| <b>TOTAL COSTES</b>  |  |  |  |  |

| ESTUDIO I            |                                    |                                    |  |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|--|
| MODELO               | Farol Fernandino<br>HPB455 ECO 56W | Farol Fernandino<br>HPB455 ECO 87W | Iridium <sup>2</sup> LED Large<br>BGP353 T35<br>1xECO212-2S/740 DW |
| Núm.Lamparas         | 79                                 | 41                                 | 46   |
| Vida útil            | 59300,00 h                         | 59300,00 h                         | 70000,00 h   |
| Funcionamiento anual | 4295,13 h                          | 4295,13 h                          | 4295,13 h  |
| Precio Lámpara       | 88,00 €                            | 150,00 €                           | 360,00 €   |
| Costes               | 503,54 €                           | 445,45 €                           | 1.016,11 €   |
| <b>TOTAL COSTES</b>  | <b>6.321,90 €</b>                  |                                    |  |

Tabla 6- Costes por reposición (Estudio I).

| ESTUDIO II.I         |  |  |  |                                      |
|----------------------|--|--|--|--------------------------------------|
| MODELO               | Jargeau 400 gen2 LED<br>BGP641 FG<br>12xGRN14/830 OFR4 | Jargeau 400 gen2 LED<br>BGP641 FG<br>12xECO25/830 OFR6 | Jargeau 400 gen2 LED<br>BGP641 FG<br>36xGRN57/830 OFR6 | Farol Fernandino<br>HPB455 ECO 13,1W |
| Núm.Lamparas         | 386  | 275  | 65   | 69                                   |
| Vida útil            | 80100,00 h   | 59300,00 h   | 80100,00 h   | 59300,00 h                           |
| Funcionamiento anual | 4295,13 h  | 4295,13 h  | 4295,13 h  | 4295,13 h                            |
| Precio Lámpara       | 50,00 €  | 66,00 €  | 88,00 €  | 50,00 €                              |
| Costes               | 1.034,91 €   | 1.314,62 €   | 306,72 €   | 249,89 €                             |
| <b>TOTAL COSTES</b>  |  |  |  |                                      |

| ESTUDIO II.I         |                                      |                                    |   |
|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---|
| MODELO               | Farol Fernandino<br>HPB455 ECO 26,1W | Farol Fernandino<br>HPB455 ECO 56W | Iridium <sup>2</sup> LED Large<br>BGP353 T15<br>1xECO104-2S/830 |
| Núm.Lamparas         | 101                                  | 55                                 | 77  |
| Vida útil            | 59300,00 h                           | 59300,00 h                         | 100000,00 h   |
| Funcionamiento anual | 4295,13 h                            | 4295,13 h                          | 4295,13 h   |
| Precio Lámpara       | 66,00 €                              | 88,00 €                            | 182,00 €  |
| Costes               | 482,82 €                             | 350,56 €                           | 601,92 €  |
| <b>TOTAL COSTES</b>  | <b>4.341,43 €</b>                    |                                    |   |

Tabla 7- Costes por reposición (Estudio II.I).

| ESTUDIO II.II        |  |  |  |
|----------------------|--|--|--|
| MODELO               | Jargeau 400 gen2 LED<br>BGP641 FG 12xECO25/830<br>OFR6 | Jargeau 400 gen2 LED<br>BGP641 FG<br>36xGRN57/830 OFR6 | Jargeau 400 gen2 LED<br>BGP641 FG 40xECO80/830<br>OFR6 |
| Núm.Lamparas         | 78   | 95   | 190  |
| Vida útil            | 59300,00 h   | 80100,00 h   | 59300,00 h   |
| Funcionamiento anual | 4295,13 h  | 4295,13 h  | 4295,13 h  |
| Precio Lámpara       | 66,00 €  | 88,00 €  | 150,00 €   |
| Costes               | 372,87 €   | 448,28 €   | 2.064,27 €   |
| <b>TOTAL COSTES</b>  |  |  |  |

| ESTUDIO II.II        |                                    |   |
|----------------------|------------------------------------|---|
| MODELO               | Farol Fernandino<br>HPB455 ECO 87W | Iridium <sup>2</sup> LED Large<br>BGP353 T35 1xECO212-<br>2S/740 DW |
| Núm.Lamparas         | 117                                | 39  |
| Vida útil            | 59300,00 h                         | 100000,00 h   |
| Funcionamiento anual | 4295,13 h                          | 4295,13 h   |
| Precio Lámpara       | 150,00 €                           | 360,00 €  |
| Costes               | 1.271,16 €                         | 603,04 €  |
| <b>TOTAL COSTES</b>  | <b>4.759,62 €</b>                  |   |

Tabla 8- Costes por reposición (Estudio II.II).

### 3.2- Costes de limpieza

Se procederá a limpiar las luminarias tanto dentro como fuera de las mismas de forma que se consiga recuperar hasta un rendimiento mínimo del 80% inicial. La comprobación de este rendimiento podrá ser efectuada mediante una medición de la iluminancia tras la ejecución de la correspondiente limpieza.

Los costes de limpieza se han elaborado con los datos de la **tabla 3** y estimando el salario de un peón para la limpieza de las luminarias mediante la base de datos *Construmática*.

| Código   | U.M. | Definición                     | €     | Más Info |
|----------|------|--------------------------------|-------|----------|
| A017Y000 | h    | Peon especializado en limpieza | 11,81 |          |

Figura 1- Precio unitario de un peón para trabajos de limpieza.

Estableciendo en una hora el tiempo estimado en realizar la limpieza de una luminaria, multiplicando por el nº de luminarias y dividiendo por el intervalo de limpieza los costes quedan según la **tabla 5**.



| COSTES DE LIMPIEZA  | Intervalo de limpieza | Precio por hora y año | Total                 |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ESTUDIO 0 (VSAP)    | 1,5 años              | 11,81 €/año           | <b>6.369,53 €/año</b> |
| ESTUDIO I (LED)     | 3 años                | 11,81 €/año           | <b>3.184,76 €/año</b> |
| ESTUDIO II.I (LED)  | 3 años                | 11,81 €/año           | <b>4.046,89 €/año</b> |
| ESTUDIO II.II (LED) | 3 años                | 11,81 €/año           | <b>2.043,13 €/año</b> |

Tabla 9- Costes de limpieza según estudios.

### 3.3- Costes por avería y reposiciones

Existirá un sistema de detección de averías que identifique aquellas luminarias o elementos que deben ser evaluados o reemplazados. Este sistema estará supervisado por un técnico con experiencia y credenciales que apoyen su trabajo, que se encargará de realizar las operaciones oportunas para mantener la instalación de la forma más óptima posible.

Para evaluar este coste, se ha tenido en cuenta antecedentes, documentos y recomendaciones del IDAE, estableciéndose un precio por avería y reposición de 8,45 euros por punto de luz y año.

$$\text{Costes por avería y reposición} = 8,45 \frac{\text{€}}{\text{luminaria}} \cdot N^{\circ} \text{ luminarias} \quad \text{Ec.4}$$

| COSTES POR AVERÍA   | Precio avería | Total                 |
|---------------------|---------------|-----------------------|
| ESTUDIO 0 (VSAP)    | 6,50 €/año    | <b>5.258,50 €/año</b> |
| ESTUDIO I (LED)     | 6,50 €/año    | <b>5.258,50 €/año</b> |
| ESTUDIO II.I (LED)  | 6,50 €/año    | <b>6.682,00 €/año</b> |
| ESTUDIO II.II (LED) | 6,50 €/año    | <b>3.373,50 €/año</b> |

Tabla 10- Costes por avería y reposición según estudios.

## 4- CONCLUSIONES

A continuación se facilita la tabla de costes de mantenimiento para poder realizar la comparación entre estudios.

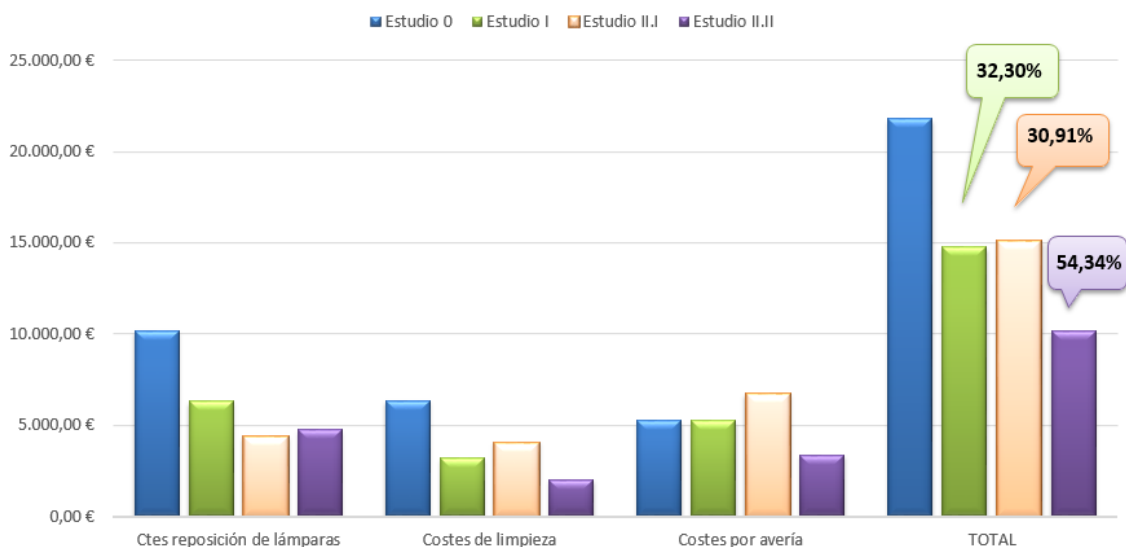


Tabla 11- Comparativa de costes de mantenimiento según estudio.

Se puede ver cómo se igualan los costes de mantenimiento del Estudio I con los del Estudio II.I. Sin duda el II.I es el que conlleva mayor gasto por avería y mayores costes de limpieza dada la gran diferencia entre volúmenes de luminaria de cada estudio (no se contabiliza el Estudio 0). Sin embargo los costes debidos a la reposición de luminarias son mayores en el Estudio I dado que dicha instalación lleva mayor número de luminarias de la más alta potencia según las posibilidades tenidas en cuenta, lo que encarece el coste.

Finalmente, evaluando las distintas proposiciones con respecto al Estudio 0, se pueden ver (en los bocadillos de la **tabla 11**) los porcentajes de ahorro que se genera respecto de la instalación actual, que llegan a ser de hasta un 54,34% en el caso más favorable (Estudio II.II). Es por tanto este el estudio que menos costes anuales supondría en el aspecto económico referente al mantenimiento anual.

Esta evaluación, no obstante, deberá ser comparada y sumada a los demás factores para determinar una conclusión final.



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad** Zaragoza



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Estudio de viabilidad económica y eficiencia  
energética en una instalación de alumbrado público  
del Casco Antiguo de Zaragoza

## Anexo IV. Presupuestos

Autor:

Gabriel Gallo Stampino Martínez-Berganza

Director:

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2015



## Tabla de contenido

|  |    |
|--|----|
| 1- INTRODUCCIÓN .....  | 2  |
| 2- PRESUPUESTO I (ESTUDIO I) .....                           | 3  |
| CUADRO DE MANO DE OBRA .....                                 | 3  |
| CUADRO DE MATERIALES .....                                   | 4  |
| CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS .....                        | 5  |
| CUADRO DE PRECIOS Nº 1 .....                                 | 8  |
| CUADRO DE PRECIOS Nº 2 .....                                 | 9  |
| PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO .....    | 11 |
| RESUMEN POR CAPITULOS .....                                  | 12 |
| Proyecto: INSTALACIÓN ALUMBRADO PÚBLICO (ESTUDIO I) .....    | 12 |
| 3- PRESUPUESTO II (ESTUDIO II.I) .....                       | 13 |
| CUADRO DE MANO DE OBRA .....                                 | 13 |
| CUADRO DE MATERIALES .....                                   | 14 |
| CUADRO DE PRECIOS MAQUINARIA .....                           | 16 |
| CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES .....                           | 17 |
| CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS .....                        | 19 |
| CUADRO DE PRECIOS Nº 1 .....                                 | 26 |
| CUADRO DE PRECIOS Nº 1 .....                                 | 27 |
| CUADRO DE PRECIOS Nº 2 .....                                 | 30 |
| PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO .....    | 35 |
| PRESUPUESTO PARCIAL Nº 2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....      | 36 |
| PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 OBRA PÚBLICA .....                  | 37 |
| Proyecto: INSTALACIÓN ALUMBRADO PÚBLICO (ESTUDIO II.I) ..... | 39 |
| 4- PRESUPUESTO III (ESTUDIO II.II) .....                     | 40 |
| CUADRO DE MANO DE OBRA .....                                 | 40 |
| CUADRO DE MATERIALES .....                                   | 41 |
| CUADRO DE PRECIOS MAQUINARIA .....                           | 43 |
| CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES .....                           | 44 |
| CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS .....                        | 46 |
| CUADRO DE PRECIOS Nº 1 .....                                 | 54 |
| CUADRO DE PRECIOS Nº 2 .....                                 | 58 |
| PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO .....    | 63 |
| PRESUPUESTO PARCIAL Nº 2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS .....      | 64 |
| PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 OBRA PÚBLICA .....                  | 65 |



## 1- INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se plantean los desarrollos seguidos y las consideraciones oportunas que se han empleado para obtener la potencia instalada y la factura eléctrica de cada uno de los estudios.

Los presupuestos correspondientes con el Estudio II.I y II.II se han calculado sin la necesidad de incluir todos los costes y partidas necesarios para un proyecto técnico. Por lo tanto, los valores que de ellos deriven podrán ser valorados siempre y cuando se tenga en cuenta que no se corresponden con el valor total de los mismos.



## 2- PRESUPUESTO I (ESTUDIO I)

### CUADRO DE MANO DE OBRA

| Nº | Designación              | Importe           |                     |                  |
|----|--------------------------|-------------------|---------------------|------------------|
|    |                          | Precio<br>(euros) | Cantidad<br>(Horas) | Total<br>(euros) |
| 1  | Oficial 1ª electricista. | 19,280            | 157,95 h            | 3.045,28         |
| 2  | Ayudante electricista.   | 17,330            | 157,95 h            | 2.737,27         |
|    |                          |                   | Importe total:      | 5.782,55         |



## CUADRO DE MATERIALES

| Nº             | Designación   | Importe           |                      |                  |
|----------------|---|-------------------|----------------------|------------------|
|                |   | Precio<br>(euros) | Cantidad<br>Empleada | Total<br>(euros) |
| 1              | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12XGRN14/830 13,1W    | 540,000           | 6,00 Ud              | 3.240,00         |
| 2              | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xE025/830 26,1W     | 560,000           | 20,00 Ud             | 11.200,00        |
| 3              | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W      | 560,000           | 445,00 Ud            | 249.200,00       |
| 4              | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xE080/830 87W       | 590,000           | 217,00 Ud            | 128.030,00       |
| 5              | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 56W                         | 971,000           | 237,00 Ud            | 230.127,00       |
| 6              | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W                         | 1.048,000         | 82,00 Ud             | 85.936,00        |
| 7              | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T35 1xE0212-2S/740 DW | 1.374,000         | 46,00 Ud             | 63.204,00        |
| 8              | Material de fijación de luminaria en Fachada                        | 3,500             | 471,00 Ud            | 1.648,50         |
| Importe total: |   |                   |                      | 772.585,50       |



## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

| Nº CÓDIGO    | Unidad   | Descripción   | Total          |
|--------------|----------|---|----------------|
|              |          | <b>1.INSTALACIONES DE ALUMBRADO</b>   |                |
|              |          | <b>1.1 Luminarias con un punto de luz</b>   |                |
| <b>1.1.1</b> |          | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12XGRN14/830 13,1W sobre columna    |                |
|              | JRG1     | 1,000 Ud PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641...                                | 540,000 540,00 |
|              | A012H000 | 0,150 h Oficial 1º electricista   | 19,280 2,89    |
|              | A013H000 | 0,150 h Ayudante electricista   | 17,330 2,60    |
|              |          | 3,000 % Costes indirectos   | 545,49 16,36   |
|              |          | Precio total redondeado por Ud....  | 561,85         |
|              |          | Son quinientos sesenta y un euros y ochenta y cinco céntimos                          |                |
| <b>1.1.2</b> |          | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xE025/830 26,1W sobre columna     |                |
|              | JRG2     | 1,000 Ud PHILIPS Jargeau LED modelo BGP641 ...  | 560,000 560,00 |
|              | A012H000 | 0,150 h Oficial 1º electricista   | 19,280 2,89    |
|              | A013H000 | 0,150 h Ayudante electricista   | 17,330 2,60    |
|              |          | 3,000 % Costes indirectos   | 565,49 16,96   |
|              |          | Precio total redondeado por Ud....  | 582,45         |
|              |          | Son quinientos ochenta y dos euros y cuarenta y cinco céntimos                        |                |
| <b>1.1.3</b> |          | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna      |                |
|              | JRG3     | 1,000 Ud Jargeau LED BGP641 ...   | 560,000 560,00 |
|              | A012H000 | 0,150 h Oficial 1º electricista   | 19,280 2,89    |
|              | A013H000 | 0,150 h Ayudante electricista   | 17,330 2,60    |
|              |          | 3,000 % Costes indirectos   | 565,49 16,96   |
|              |          | Precio total redondeado por Ud....  | 582,45         |
|              |          | Son mil doscientos sesenta y un euros y treinta y nueve céntimos                      |                |
| <b>1.1.4</b> |          | Ud PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xE080/830 87W sobre columna        |                |
|              | JRG4     | 1,000 Ud PHILIPS Jargeau LED BGP641 ...   | 590,000 590,00 |
|              | A012H000 | 0,150 h Oficial 1º electricista   | 19,280 2,89    |
|              | A013H000 | 0,150 h Ayudante electricista   | 17,330 2,60    |
|              |          | 3,000 % Costes indirectos   | 595,49 17,86   |
|              |          | Precio total redondeado por Ud....  | 613,35         |
|              |          | Son seiscientos trece euros con treinta y cinco céntimos                              |                |
| <b>1.1.5</b> |          | Ud. PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T35 1xE0212-2S/740 DW sobre columna |                |

|              |          |          |  |           |          |
|--------------|----------|----------|--|-----------|----------|
|              | I2LED    | 1,000 Ud | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP ...   | 1.374,000 | 1.374,00 |
|              | A013H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista  | 19,280    | 2.892    |
|              | A012H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista  | 17,330    | 2,599    |
|              |          | 3,000 %  | Costes indirectos  | 1.379,49  | 41,38    |
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud...  |           | 1.420,88 |
|              |          |          | Son mil cuatrocientos veinte euros y ochenta y ocho céntimos                                       |           |          |
|              |          |          | <b>1.2 Luminarias con dos puntos de luz</b>  |           |          |
| <b>1.2.1</b> |          |          | Ud. PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna                                      |           |          |
|              | FF4      | 2,000 Ud | PHILIPS Farol Fernandino...  | 1.048,000 | 2.096,00 |
|              | A012H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista  | 19,280    | 2,892    |
|              | A013H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista  | 17,330    | 2,599    |
|              |          | 3,000 %  | Costes indirectos  | 2.101,49  | 63,04    |
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud...  |           | 2.164,54 |
|              |          |          | Son dos mil ciento sesenta y cuatro euros y cincuenta y cuatro céntimos                            |           |          |
| <b>1.2.2</b> |          |          | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna                   |           |          |
|              | JRG3     | 2,000 Ud | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED...  | 560,000   | 1.120,00 |
|              | A012H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista  | 19,280    | 2,892    |
|              | A013H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista  | 17,330    | 2,599    |
|              |          | 3,000 %  | Costes indirectos  | 1.125,49  | 33,76    |
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud...  |           | 1.159,25 |
|              |          |          | Son mil ciento cincuenta y nueve euros y veinticinco céntimos                                      |           |          |
|              |          |          | <b>1.3 Luminarias con tres puntos de luz</b>   |           |          |
| <b>1.3.1</b> |          |          | Ud. PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 56W sobre columna                                      |           |          |
|              | FF3      | 3,000 Ud | PHILIPS Farol Fernandino...  | 971,000   | 2.913,00 |
|              | A013H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista  | 19,280    | 2,892    |
|              | A012H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista  | 17,330    | 2,599    |
|              |          | 3,000 %  | Costes indirectos  | 2.918,49  | 87,55    |
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud...  |           | 3.006,05 |
|              |          |          | Son cuatro mil trescientos siete euros y cincuenta y cuatro céntimos                               |           |          |
|              |          |          | <b>1.4 Luminarias posadas en fachada</b>   |           |          |
| <b>1.4.1</b> |          |          | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W con brazo de fijación a fachada |           |          |
|              | JRG3     | 1,000 Ud | PHILIPS Jargeau LED modelo BGP641...   | 560,000   | 560,00   |
|              | MSPF     | 1,000 Ud | Material de fijación de luminaria  | 3,500     | 3,500    |
|              | A012H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista  | 19,280    | 2,892    |
|              | A013H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista  | 17,330    | 2,599    |



|       |          |          |  |         |        |
|-------|----------|----------|--|---------|--------|
|       |          | 3,000 %  | Costes indirectos  | 568,99  | 17,07  |
|       |          |          |  |         |        |
|       |          |          | Precio total redondeado por Ud...  |         | 586,06 |
|       |          |          | Son seiscientos noventa y siete euros y sesenta y cinco céntimos                                 |         |        |
| 1.4.2 |          |          | Ud PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xE080/830 87W con brazo de fijación a fachada |         |        |
|       | JRG4     | 1,000 Ud | PHILIPS Jargeau LED modelo BGP641...   | 590,000 | 590,00 |
|       | MSPF     | 1,000 Ud | Material de fijación de luminaria  | 3,500   | 3,500  |
|       | A012H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista  | 19,280  | 2,892  |
|       | A013H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista  | 17,330  | 2,599  |
|       |          | 3,000 %  | Costes indirectos  | 598,99  | 17,97  |
|       |          |          |  |         |        |
|       |          |          | Precio total redondeado por Ud...  |         | 616,96 |
|       |          |          | Son seiscientos dieciséis euros y noventa y seis céntimos  |         |        |

## CUADRO DE PRECIOS Nº 1

| Nº                                    | Designación  | Importe          |   |
|---------------------------------------|--|------------------|---|
|                                       |  | En cifra (euros) | En letra (euros)  |
| 1.INSTALACIONES DE ALUMBRADO          |  |                  |   |
| 1.1 Luminarias con un punto de luz    |  |                  |   |
| 1.1.1                                 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12XGRN14/830 13,1W sobre columna                 | 561,85           | QUINIENTOS SESENTA Y UN EUROS Y OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS            |
| 1.1.2                                 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xE025/830 26,1W sobre columna                  | 582,45           | QUINIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS Y CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS          |
| 1.1.3                                 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna                   | 582,45           | QUINIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS Y CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS          |
| 1.1.4                                 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xE080/830 87W sobre columna                    | 613,35           | SEISCIENTOS TRECE EUROS CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS                |
| 1.1.5                                 | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T35 1xE0212-2S/740 DW sobre columna troncocónica | 1.420,88         | MIL CUATROCIENTOS VEINTE EUROS Y OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS            |
| 1.2 Luminarias con dos puntos de luz  |  |                  |   |
| 1.2.1                                 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna                                      | 2.164,54         | DOS MIL CIENTO SESENTA Y CUATRO EUROS Y CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS |
| 1.2.2                                 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna                   | 1.159,25         | MIL CIENTO CINCUENTA Y NUEVE EUROS Y VEINTICINCO CÉNTIMOS           |
| 1.3 Luminarias con tres puntos de luz |  |                  |   |
| 1.3.1                                 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 56W sobre columna                                      | 3.006,05         | CUATRO MIL TRESCIENTOS SIETE EUROS Y CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS    |
| 1.4 Luminarias posadas en fachada     |  |                  |   |
| 1.4.1                                 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W con brazo de fijación a fachada | 586,06           | SEISCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS Y SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS        |
| 1.4.2                                 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xE080/830 87W con brazo de fijación a fachada  | 616,96           | SEISCIENTOS DIECISÉIS EUROS Y NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS               |



## CUADRO DE PRECIOS Nº 2

| Nº                                   | Designación   | Importe         |               |
|--------------------------------------|---|-----------------|---------------|
|                                      |   | Parcial (euros) | Total (euros) |
| 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO         |   |                 |               |
| 1.1 Luminarias con un punto de luz   |   |                 |               |
| 1.1.1                                | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12XGRN14/830 13,1W sobre columna      |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 540,000         |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 16,36           |               |
|                                      |   |                 | 561,85        |
| 1.1.2                                | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xE025/830 26,1W sobre columna       |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 560,000         |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 16,96           |               |
|                                      |   |                 | 582,45        |
| 1.1.3                                | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna    |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 560,000         |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 16,96           |               |
|                                      |   |                 | 582,45        |
| 1.1.4                                | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xE080/830 87W sobre columna Savigny |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 590,000         |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 17,86           |               |
|                                      |   |                 | 613,35        |
| 1.1.5                                | PHILIPS Iridium² LED Large BGP353 T35 1xE0212-2S/740 DW sobre columna troncocónica  |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 1.374,000       |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 41,38           |               |
|                                      |   |                 | 1.420,88      |
| 1.2 Luminarias con dos puntos de luz |   |                 |               |
| 1.2.1                                | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna                           |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 2.096,000       |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 63,04           |               |
|                                      |   |                 | 2.164,54      |
| 1.2.2                                | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna    |                 |               |



|                              |          |
|------------------------------|----------|
| <i>Mano de obra</i>          | 5,491    |
| <i>Materiales</i>            | 1120,000 |
| <i>3 % Costes Indirectos</i> | 33,76    |
|                              | 1.159,25 |

### 1.3 Luminarias con tres puntos de luz

#### 1.3.1 Ud. PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 56W sobre columna

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| <i>Mano de obra</i>          | 5,491     |
| <i>Materiales</i>            | 2.913,000 |
| <i>3 % Costes Indirectos</i> | 87,55     |
|                              | 3.006,05  |

### 1.4 Luminarias posadas en fachada

#### 1.4.1 PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W con brazo de fijación a fachada

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| <i>Mano de obra</i>          | 5,491   |
| <i>Materiales</i>            | 564,000 |
| <i>3 % Costes Indirectos</i> | 17,07   |
|                              | 586,06  |

#### 1.4.2 PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xECO80/830 87W con brazo de fijación a fachada

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| <i>Mano de obra</i>          | 5,491   |
| <i>Materiales</i>            | 593,499 |
| <i>3 % Costes Indirectos</i> | 17,97   |
|                              | 616,96  |



## PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO

| Nº                                | DESCRIPCION   | UNIDADES | PRECIO   | IMPORTE    |
|-----------------------------------|---|----------|----------|------------|
|                                   | <i>1.1 Luminarias con un punto de luz</i>   |          |          |            |
| 1.1.1                             | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12XGRN14/830 13,1W sobre columna                  | 6,00     | 561,85   | 3.371,10   |
| 1.1.2                             | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xECO25/830 26,1W sobre columna                  | 20,00    | 582,45   | 11.649,00  |
| 1.1.3                             | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna                    | 77,00    | 582,45   | 44.848,65  |
| 1.1.4                             | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xECO80/830 87W sobre columna                    | 24,00    | 613,35   | 14.720,40  |
| 1.1.5                             | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T35 1xECO212-2S/740 DW sobre columna troncocónica | 46,00    | 1.420,88 | 65.360,48  |
|                                   | <i>1.2 Luminarias con dos puntos de luz</i>   |          |          |            |
| 1.2.1                             | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna                                       | 41,00    | 2.164,54 | 88.746,14  |
| 1.2.2                             | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna                    | 45,00    | 1.159,25 | 52.166,25  |
|                                   | <i>1.3 Luminarias con tres puntos de luz</i>  |          |          |            |
| 1.3.1                             | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 56W sobre columna                                       | 79,00    | 3.006,05 | 237.477,95 |
|                                   | <i>1.4 Luminarias posadas en fachada</i>  |          |          |            |
| 1.4.1                             | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W con brazo de fijación a fachada  | 278,00   | 586,06   | 162.924,68 |
| 1.4.2                             | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xECO80/830 87W con brazo de fijación a fachada  | 193,00   | 616,96   | 119.073,28 |
| Total del Presupuesto parcial Nº1 |   |          |          | 800.307,93 |



RESUMEN POR CAPITULOS

CAPITULO INSTALACIONES DE ALUMBRADO

800.307,93

PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL.....

**800.307,93**

EL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL ASCIENDE A UN TOTAL DE **OCHOCIENTOS MIL TRESCIENTOS SIETE EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS**

## Proyecto: INSTALACIÓN ALUMBRADO PÚBLICO (ESTUDIO I)

|  | Importe             |
|--|---------------------|
| Capítulo 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO  | 800.307,93          |
| Capítulo 1.1 Luminarias con un punto de luz  | 139.949,23          |
| Capítulo 1.2 Luminarias con dos puntos de luz  | 140.912,39          |
| Capítulo 1.3 Luminarias con tres puntos de luz   | 237.477,95          |
| Capítulo 1.4 Luminarias posadas en fachada   | 281.997,96          |
| Presupuesto de ejecución material  | 748.141,68          |
| 13% de gastos generales  | 128.049,27          |
| 6% de beneficio industrial   | 48.018,48           |
| Suma   | 976.375,68          |
| 21% IVA  | 205.038,89          |
| Presupuesto de ejecución por contrata  | <b>1.181.414,57</b> |
| Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de <b>UN MILLÓN CIENTO OCHENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS CATORCE EUROS CON CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS</b> |                     |





### 3- PRESUPUESTO II (ESTUDIO II.I)

#### CUADRO DE MANO DE OBRA

| Nº             | Designación              | Importe           |                     |                  |
|----------------|--------------------------|-------------------|---------------------|------------------|
|                |                          | Precio<br>(euros) | Cantidad<br>(Horas) | Total<br>(euros) |
| 1              | Oficial 1ª electricista. | 19,280            | 239,52 h            | 4.617,95         |
| 2              | Oficial 1ª obra pública. | 18,650            | 404,15 h            | 7.537,38         |
| 3              | Ayudante electricista.   | 17,330            | 154,20 h            | 2.672,29         |
| 4              | Peón ordinario.          | 16,460            | 175,79 h            | 2.893,45         |
| 5              | Ayudante                 | 17,360            | 340,50 h            | 5.911,08         |
| 6              | Peón ordinario.          | 16,460            | 167,98 h            | 2.764,95         |
| Importe total: |                          |                   |                     | 26.397,10        |

## CUADRO DE MATERIALES

| Nº | Designación  | Importe           |                       |                  |
|----|--|-------------------|-----------------------|------------------|
|    |  | Precio<br>(euros) | Cantidad<br>Empleada  | Total<br>(euros) |
| 1  | Conos para garantizar la estanqueidad 91910.   | 0,0023            | 7.196,00 Ud           | 16,55            |
| 2  | Caja estanca plexo cuadrada IP 55 IK 07 en fachada   | 1,310             | 1.028,00 Ud           | 1.346,68         |
| 3  | Prensaestopas para garantizar la Estanqueidad  | 1,000             | 7.196,00 Ud           | 7.196,00         |
| 4  | Borna de paso LEGRAND 037163 1 entrada/1 salida  | 0.062             | 2.056,00 Ud           | 127,47           |
| 5  | Fusible cilíndrico cerámico 2 A, talla 00  | 3,000             | 1.028,00 Ud           | 3.084,00         |
| 6  | Portafusible seccionador unipolar  | 27,300            | 1.028,00 Ud           | 28.064,40        |
| 7  | Brazo de fijación en fachada o sobre columna tipo mural de 0,6 metros  | 104,000           | 592,00 Ud             | 61.568,00        |
| 8  | Brazo de fijación a columna tipo Fernandino de 0,65 metros   | 183,000           | 450,00 Ud             | 82.350,00        |
| 9  | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12XGRN14/830 13,1W   | 540,000           | 386,00 Ud             | 208.440,00       |
| 10 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xECO25/830 26,1W   | 560,000           | 275,00 Ud             | 154.000,00       |
| 11 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W   | 560,000           | 74,00 Ud              | 41.440,00        |
| 12 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 13,1W  | 946,000           | 207,00 Ud             | 195.822,00       |
| 13 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 26,1W  | 947,000           | 202,00 Ud             | 191.294,00       |
| 14 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 56W  | 971,000           | 165,00 Ud             | 160.215,00       |
| 15 | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T15 1xECO104-2S/830 DC   | 1.263,000         | 77,00 Ud              | 97.251,00        |
| 16 | Columna Savigny PHILIPS de 3,3 a 3,85m de altura   | 630,000           | 152,00 Ud             | 95.760,00        |
| 17 | Columna Avaray PHILIPS de 3,8m de altura   | 681,250           | 225,00 Ud             | 153.281,25       |
| 18 | Columna troncocónica de 9 m de altura  | 2.003,500         | 77,00 Ud              | 154.269,50       |
| 19 | Material de fijación de luminaria en Fachada   | 3,500             | 574,00 Ud             | 2.009,00         |
| 20 | Juego de 4 pernos de anclaje M18 x 500 mm, con tuercas y arandelas   | 10,20             | 377,00 Ud             | 3.845,40         |
| 21 | Juego de 4 pernos de anclaje M24 x 700 mm, con tuercas y arandelas   | 21,000            | 77,00 Ud              | 1.617,00         |
| 22 | Plantilla de 500x500mm M18   | 7,500             | 377,00 Ud             | 2.827,50         |
| 23 | Plantilla de 700x700mm M24   | 15,250            | 77,00 Ud              | 1.174,25         |
| 24 | Arena sin lavar.   | 11,580            | 17,252 Tn             | 199,78           |
| 25 | Arena de 0 a 5 mm de diámetro, para relleno de zanjas.   | 8,950             | 165,44 Tn             | 1.480,69         |
| 26 | Grava de cantera, de 22 mm de diámetro.  | 7,230             | 263,77 Tn             | 1.907,09         |
| 27 | Cinta plastificada.  | 0,140             | 1.034,04 m            | 144,77           |
| 28 | Encofrado con panel metálico en cimentaciones.   | 4,600             | 259,57 m <sup>2</sup> | 1.194,04         |
| 29 | Fleje para encofrado metálico.   | 0,290             | 227,00 m              | 65,83            |
| 30 | Apuntalamiento y entibación cuajada de zanjas y pozos de 2 m de ancho como máximo, para una protección del 100%. | 27,590            | 413,62 m <sup>2</sup> | 11.411,67        |



|                       |  |        |                        |           |
|-----------------------|--|--------|------------------------|-----------|
| 31                    | Apuntalamiento y entibación metálica deslizante de zanjias de dimensiones 70x40cm, para una protección del 100%, mediante paneles de chapa de acero y codales extensibles metálicos (20 usos). | 16,330 | 155,106 m <sup>2</sup> | 2.532,88  |
| 32                    | Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.   | 1,330  | 340,50 kg              | 452,87    |
| 33                    | Puntas de acero de 20x100 mm.  | 7,000  | 340,50 kg              | 2.383,50  |
| 34                    | Hormigón HM-30, fabricado en central, vertido con cubilote.  | 68,630 | 55,388 m <sup>3</sup>  | 3.801,28  |
| 35                    | Hormigón HM-20, fabricado en central, vertido con cubilote   | 68,630 | 90,80 m <sup>3</sup>   | 6.231,60  |
| 36                    | Hormigón no estructural HNE-12,5/B/20, fabricado en central.   | 66,000 | 99,268 m <sup>3</sup>  | 6.551,68  |
| 37                    | Marco y tape de fundición nodular de grafito esferoidal tipo FGE 50-7 según Norma UNE 36.118-73, de 13,6 kg de tape.   | 30,810 | 454,00 Ud              | 13.987,74 |
| 38                    | Arqueta con fondo, registrable, prefabricada de hormigón, de 60x60x81 cm de medidas interiores, preparada para derivaciones a luminarias.  | 77,010 | 454,00 Ud              | 34.962,54 |
| 39                    | Material auxiliar para instalaciones eléctricas posadas en fachada.  | 1,480  | 205,60 Ud              | 304,288   |
| 40                    | Tubo curvable protector de PE, de marca REVI, de 63 mm de diámetro y 3 mm de espesor, para canalización enterrada.   | 2,370  | 908,00 m               | 2.151,96  |
| <b>Importe total:</b> |  |        | <b>1.736.763,208</b>   |           |



## CUADRO DE PRECIOS MAQUINARIA

| Nº             | Designación   |        |          | Importe<br>(euros) |
|----------------|---|--------|----------|--------------------|
| 1              | Tractor grúa hasta 1,5 t.   | 6,560  | 340,50 h | 2.233,68           |
| 2              | Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos 100 CV.                 | 15,450 | 138,56 h | 2.140,77           |
| 3              | Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos 100 CV.                 | 26,050 | 258,51 h | 6.734,19           |
| 5              | Retrocargadora sobre neumáticos 75 CV.                              | 36,980 | 113,50 h | 4.197,23           |
| 6              | Camión con cuba de agua.  | 35,980 | 10,34 h  | 372,05             |
| 7              | Pisón vibrante de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.          | 8,460  | 258,51 h | 2.186,99           |
| 8              | Dumper autocargable de 2 t de carga útil, con mecanismo hidráulico. | 9,250  | 104,44 h | 966,05             |
| 9              | Bomba autoaspirante eléctrica de aguas limpias alta presión 3 kW.   | 2,410  | 258,51 h | 623,01             |
| Importe total: |   |        |          | <b>19.454,96</b>   |

## CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

| Nº | Designación  |     |                                    |        |          | Importe<br>(euros) |
|----|--|-----|------------------------------------|--------|----------|--------------------|
| 1  | m² de Montaje de encofrado recuperable metálico para cimentación, formado por paneles metálicos, y desencofrado posterior. Incluso p/p de elementos de sustentación, fijación y acodalamientos necesarios para su estabilidad y aplicación de líquido desencofrante. Incluye: Replanteo. Encofrado lateral metálico. Desencofrado.   |     |                                    |        |          |                    |
|    | Código   | Ud  | Descripción                        | Precio | Cantidad |                    |
|    | mt08eme050   | m²  | Encofrado con panel metálico en... | 4,600  | 0,500    | 2,300              |
|    | mt08eme051   | m   | Fleje para encofrado metálico.     | 0,290  | 0,500    | 0,145              |
|    | a  |     |                                    |        |          |                    |
|    | mt08var050   | kg  | Alambre galvanizado para atar, ... | 1,330  | 0,750    | 0,997              |
|    | mt08var060   | kg  | Puntas de acero de 20x100 mm.      | 7,000  | 0,750    | 5,250              |
|    | A012N000   | h   | Oficial 1ª obra pública.           | 18,650 | 0,500    | 9,325              |
|    | A0140000   | h   | Peón ordinario.                    | 16,460 | 0,500    | 8,230              |
|    | Importe:   |     |                                    |        |          | 26,247             |
| 2  | m³ de Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas para cimentaciones, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión. Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de paneles y codales metálicos, para la formación de la entibación. Fijación de todos los elementos. Desmontaje gradual de la entibación. Carga a camión de las tierras excavadas. |     |                                    |        |          |                    |
|    | Código   | Ud  | Descripción                        | Precio | Cantidad |                    |
|    | mt08ett010b  | m²  | Apuntalamiento y entibación cua... | 27,590 | 0,400    | 11,036             |
|    | mq01exn020a  | h   | Retroexcavadora hidráulica sobr... | 26,050 | 0,250    | 6,5125             |
|    | A0140000   | h   | Peón ordinario.                    | 16,460 | 0,167    | 2,415              |
|    | Importe:   |     |                                    |        |          | 19,964             |
| 3  | Ud. de Nivelación y hormigonado de la cimentación y colocación todo para columnas de 4 a 5 metros  |     |                                    |        |          |                    |
|    | Código   | Ud  | Descripción                        | Precio | Cantidad |                    |
|    | mt10hmf010   | m³  | Hormigón HM-20, fabricado en ce... | 68,630 | 0,200    | 13,726             |
|    | ...  |     |                                    |        |          |                    |
|    | PNO500   | Ud. | Juego de 4 pernos F-111 de ancl... | 10,200 | 4,000    | 40,800             |
|    | PTA500   | Ud. | Plantilla de 500x500mm M18         | 7,500  | 1,000    | 7,500              |
|    | T21263R2   | m   | Tubo curvable protector de PE...   | 2,370  | 1,000    | 2,370              |
|    | M02T010  | h.  | Tractor grúa hasta 1,5 t.          | 6,560  | 0,750    | 4,920              |
|    | A012N000   | h   | Oficial 1ª obra pública.           | 18,650 | 0,750    | 13,988             |
|    | A0140000   | h   | Peón ordinario.                    | 16,460 | 0,750    | 12,345             |
|    | A013N000   | h.  | Ayudante                           | 17,360 | 0,750    | 13,020             |
|    | Importe:   |     |                                    |        |          | 108,669            |
| 4  | Ud. de Nivelación y hormigonado de la cimentación y colocación todo para columnas de 9 metros  |     |                                    |        |          |                    |
|    | Código   | Ud  | Descripción                        | Precio | Cantidad |                    |
|    | mt10hmf010...  | m³  | Hormigón HM-20, fabricado en ce... | 68,630 | 0,200    | 13,726             |



|          |     |                                    |        |                 |                |
|----------|-----|------------------------------------|--------|-----------------|----------------|
| PN0700   | Ud. | Juego de 4 pernos F-111 de ancl... | 21,000 | 4,000           | 84,000         |
| PTA700   | Ud. | Plantilla de 700x700mm M24         | 15,250 | 1,000           | 15,250         |
|          |     |                                    |        |                 |                |
| T21263R2 | m   | Tubo curvable protector de PE...   | 2,370  | 1,000           | 2,370          |
| M02T010  | h.  | Tractor grúa hasta 1,5 t.          | 6,560  | 0,750           | 4,920          |
| A012N000 | h   | Oficial 1ª obra pública.           | 18,650 | 0,750           | 13,988         |
| A0140000 | h   | Peón ordinario.                    | 16,460 | 0,750           | 12,345         |
| A013N000 | h.  | Ayudante                           | 17,360 | 0,750           | 13,020         |
|          |     |                                    |        | <b>Importe:</b> | <b>159,619</b> |

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

| Nº CÓDIGO | Unidad   | Descripción                        |   |          | Total    |
|-----------|--|------------------------------------|---|----------|----------|
|           |  | 1.INSTALACIONES DE ALUMBRADO       |   |          |          |
|           |  | 1.1 Luminarias con un punto de luz |   |          |          |
| 1.1.1     | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12XGRN14/830 13,1W sobre columna Savigny |                                    |   |          |          |
|           | JRG1   | 1,000 Ud                           | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641... | 540,000  | 540,00   |
|           | COL S  | 1,000 Ud                           | Columna Savigny ...                           | 630,000  | 630,00   |
|           | 20045255   | 12,00 m                            | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                      | 0,542    | 6,504    |
|           | 20045255   | 12,00 m                            | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                      | 0,542    | 6,504    |
|           | 20046373   | 12,00 m                            | Con 450/750 V 16 mm² para tierra              | 3,083    | 37,00    |
|           | A012H000   | 0,150 h                            | Oficial 1º electricista                       | 19,280   | 2,892    |
|           | A013H000   | 0,150 h                            | Ayudante electricista                         | 17,330   | 2,599    |
|           |  | 3,000 %                            | Costes indirectos                             | 1.225,50 | 36,77    |
|           | Precio total redondeado por Ud....   |                                    |   |          | 1.262,26 |
|           | Son mil doscientos sesenta y dos euros y veintiséis céntimos                               |                                    |   |          |          |
| 1.1.2     | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xECO25/830 26,1W sobre columna Savigny |                                    |   |          |          |
|           | JRG2   | 1,000 Ud                           | PHILIPS Jargeau LED modelo BGP641 ...         | 560,000  | 560,00   |
|           | COL S  | 1,000 Ud                           | Columna Savigny...                            | 630,000  | 630,00   |
|           | 20045255   | 7,00 m                             | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                      | 0,542    | 3,790    |
|           | 20045255   | 7,00 m                             | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                      | 0,542    | 3,790    |
|           | 20046373   | 7,00 m                             | Con 450/750 V 16 mm² para tierra              | 3,083    | 21,581   |
|           | A012H000   | 0,150 h                            | Oficial 1º electricista                       | 19,280   | 2,892    |
|           | A013H000   | 0,150 h                            | Ayudante electricista                         | 17,330   | 2,599    |
|           |  | 3,000 %                            | Costes indirectos                             | 1.224,65 | 36,74    |
|           | Precio total redondeado por Ud....   |                                    |   |          | 1.261,39 |
|           | Son mil doscientos sesenta y un euros y treinta y nueve céntimos                           |                                    |   |          |          |
| 1.1.3     | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny   |                                    |   |          |          |
|           | JRG3   | 1,000 Ud                           | Jargeau LED BGP641 ...                        | 560,000  | 560,000  |
|           | COL S  | 1,000 Ud                           | Columna Savigny... PHILIPS                    | 630,000  | 630,000  |
|           | 20045255   | 7,00 m                             | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                      | 0,542    | 3,790    |
|           | 20045255   | 7,00 m                             | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                      | 0,542    | 3,790    |
|           | 20046373   | 7,00 m                             | Con 450/750 V 16 mm² para tierra              | 3,083    | 21,581   |
|           | A012H000   | 0,150 h                            | Oficial 1º electricista                       | 19,280   | 2,892    |
|           | A013H000   | 0,150 h                            | Ayudante electricista                         | 17,330   | 2,599    |

|              |          |          |   |           |                 |
|--------------|----------|----------|---|-----------|-----------------|
|              |          | 3,000 %  | Costes indirectos   | 1.224,65  | 36,74           |
|              |          |          |   |           |                 |
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud....  |           | <b>1.261,39</b> |
|              |          |          | Son mil doscientos sesenta y un euros y treinta y nueve céntimos                                |           |                 |
|              |          |          |   |           |                 |
| <b>1.1.4</b> |          |          | <b>Ud. PHILIPS Iridium<sup>2</sup> LED Large BGP353 T15 1xECO104-2S/830</b>                     |           |                 |
|              |          |          | <b>DC sobre columna troncocónica de 9 metros</b>  |           |                 |
|              |          |          |   |           |                 |
|              | I2LED1   | 1,000 Ud | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP  | 1.374,000 | 1.374,00        |
|              |          |          | ...   |           |                 |
|              | COL T    | 1,000 Ud | Columna troncocónica...   | 2.003,500 | 2.003,50        |
|              | 20045255 | 7,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 3,790           |
|              | 20045255 | 7,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 3,790           |
|              | 20046373 | 7,00 m   | Con 450/750 V 16 mm <sup>2</sup> para tierra  | 3.083     | 21,581          |
|              | A013H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista   | 19,280    | 2,892           |
|              | A012H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista   | 17,330    | 2,599           |
|              |          | 3,000 %  | Costes indirectos   | 3.514,50  | 105,44          |
|              |          |          |   |           |                 |
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud...   |           | <b>3.619,94</b> |
|              |          |          | Son tres mil seiscientos diecinueve euros y noventa y cuatro céntimos                           |           |                 |
|              |          |          |   |           |                 |
|              |          |          | <b>1.2 Luminarias con dos puntos de luz</b>   |           |                 |
| <b>1.2.1</b> |          |          | <b>Ud. PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 26,1W sobre columna Avaray</b>                   |           |                 |
|              | FF2      | 2,000 Ud | PHILIPS Farol Fernandino...   | 1.048,000 | 2.096,00        |
|              | COL A    | 1,000 Ud | Columna Avaray PHILIPS...   | 681,250   | 681,25          |
|              | 71859700 | 2,000 Ud | Brazo de fijación a columna tipo Fernandino...  | 183,000   | 366,00          |
|              | 20045255 | 8,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 4,336           |
|              | 20045255 | 8,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 4,336           |
|              | 20046373 | 8,00 m   | Con 450/750 V 16 mm <sup>2</sup> para tierra  | 3.083     | 24,664          |
|              | A012H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista   | 19,280    | 2,892           |
|              | A013H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista   | 17,330    | 2,599           |
|              |          | 3,000 %  | Costes indirectos   | 3.182,08  | 95,46           |
|              |          |          |   |           |                 |
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud...   |           | <b>3.277,54</b> |
|              |          |          | Son tres mil doscientos setenta y siete euros y cincuenta y cuatro céntimos                     |           |                 |
|              |          |          |   |           |                 |
| <b>1.2.2</b> |          |          | <b>Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny</b> |           |                 |
|              | JRG3     | 2,000 Ud | Jargeau LED BGP641 ...  | 560,000   | 1.120,000       |
|              | COL S    | 1,000 Ud | Columna Savigny... PHILIPS  | 630,000   | 630,000         |
|              | 71860300 | 2,000 Ud | Brazo de fijación en fachada tipo mural de 0,6 metros   | 104,000   | 208,000         |
|              | 20045255 | 7,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 3,790           |
|              | 20045255 | 7,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 3,790           |
|              | 20046373 | 7,00 m   | Con 450/750 V 16 mm <sup>2</sup> para tierra  | 3,083     | 21,581          |
|              | A012H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista   | 19,280    | 2,892           |
|              | A013H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista   | 17,330    | 2,599           |
|              |          | 3,000 %  | Costes indirectos   | 1.992,65  | 59,78           |
|              |          |          |   |           |                 |
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud...   |           | <b>2.052,43</b> |



Son dos mil cincuenta y dos euros y cuarenta y tres céntimos

### 1.3 Luminarias con tres puntos de luz

|              |   |          |  |           |                 |
|--------------|---|----------|--|-----------|-----------------|
| <b>1.3.1</b> | <b>Ud. PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 56W sobre columna Avaray</b> |          |  |           |                 |
|              | FF3   | 3,000 Ud | PHILIPS Farol Fernandino...                    | 971,000   | 2.913,00        |
|              | COL A   | 1,000 Ud | Columna Avaray...                              | 681,250   | 681,25          |
|              | 71859700  | 3,000 Ud | Brazo de fijación a columna tipo Fernandino... | 183,000   | 549,00          |
|              | 20045255  | 8,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu           | 0,542     | 4,336           |
|              | 20045255  | 8,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu           | 0,542     | 4,336           |
|              | 20046373  | 8,00 m   | Con 450/750 V 16 mm <sup>2</sup> para tierra   | 3.083     | 24,664          |
|              | A013H000  | 0,150 h  | Oficial 1º electricista                        | 19,280    | 2,892           |
|              | A012H000  | 0,150 h  | Ayudante electricista                          | 17,330    | 2,599           |
|              |   | 3,000 %  | Costes indirectos                              | 1.245,577 | 37,367          |
|              |   |          |  | 4.182,08  | 125,46          |
|              | <b>Precio total redondeado por Ud...</b>                                    |          |  |           | <b>4.307,54</b> |
|              | <b>Son cuatro mil trescientos siete euros y cincuenta y cuatro céntimos</b> |          |  |           |                 |

|              |   |          |  |          |                 |
|--------------|---|----------|--|----------|-----------------|
| <b>1.3.2</b> | <b>Ud. PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 13,1W sobre columna Avaray</b> |          |  |          |                 |
|              | FF1   | 3,000 Ud | PHILIPS Farol Fernandino...                    | 946,000  | 2.838,000       |
|              | COL A   | 1,000 Ud | Columna Avaray...                              | 681,250  | 681,250         |
|              | 71859700  | 3,000 Ud | Brazo de fijación a columna tipo Fernandino... | 183,000  | 549,000         |
|              | 20045255  | 8,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu           | 0,542    | 4,336           |
|              | 20045255  | 8,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu           | 0,542    | 4,336           |
|              | 20046373  | 8,00 m   | Con 450/750 V 16 mm <sup>2</sup> para tierra   | 3.083    | 24,664          |
|              | A013H000  | 0,150 h  | Oficial 1º electricista                        | 19,280   | 2,892           |
|              | A012H000  | 0,150 h  | Ayudante electricista                          | 17,330   | 2,599           |
|              |   | 3,000 %  | Costes indirectos                              | 4.107,08 | 123,21          |
|              | <b>Precio total redondeado por Ud...</b>                                      |          |  |          | <b>4.230,29</b> |
|              | <b>Son cuatro mil doscientos treinta euros y veintinueve céntimos</b>         |          |  |          |                 |

### 1.4 Luminarias posadas en fachada

|              |   |          |   |         |         |
|--------------|---|----------|---|---------|---------|
| <b>1.4.1</b> | <b>Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xGRN14/830 13,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m</b> |          |   |         |         |
|              | JRG1  | 1,000 Ud | PHILIPS Jargeau LED modelo BGP641...                  | 540,000 | 540,00  |
|              | 71860300  | 1,000 Ud | Brazo de fijación en fachada tipo mural de 0,6 metros | 104,000 | 104,000 |
|              | 20045255  | 4,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu                  | 0,542   | 2,168   |
|              | 20045255  | 4,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu                  | 0,542   | 2,168   |
|              | MSPF  | 1,000 Ud | Material de fijación de luminaria                     | 3,500   | 3,500   |
|              | A012H000  | 0,150 h  | Oficial 1º electricista                               | 19,280  | 2,892   |
|              | A013H000  | 0,150 h  | Ayudante electricista                                 | 17,330  | 2,599   |



|       |          |          |  |         |         |
|-------|----------|----------|--|---------|---------|
|       |          | 3,000 %  | Costes indirectos  | 657,33  | 19,72   |
|       |          |          |  |         |         |
|       |          |          | Precio total redondeado por Ud...  |         | 677,05  |
|       |          |          | Son seiscientos setenta y siete euros y cinco céntimos   |         |         |
| 1.4.2 |          |          | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xECO25/830 26,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m |         |         |
|       | JRG2     | 1,000 Ud | PHILIPS Jargeau LED modelo BGP641...   | 560,000 | 560,00  |
|       | 71860300 | 1,000 Ud | Brazo de fijación en fachada tipo mural de 0,6 metros  | 104,000 | 104,000 |
|       | 20045255 | 4,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu   | 0,542   | 2,168   |
|       | 20045255 | 4,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu   | 0,542   | 2,168   |
|       | MSPF     | 1,000 Ud | Material de fijación de luminaria  | 3,500   | 3,500   |
|       | A012H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista  | 19,280  | 2,892   |
|       | A013H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista  | 17,330  | 2,599   |
|       |          | 3,000 %  | Costes indirectos  | 667,33  | 20,32   |
|       |          |          |  |         |         |
|       |          |          | Precio total redondeado por Ud...  |         | 697,65  |
|       |          |          | Son seiscientos noventa y siete euros y sesenta y cinco céntimos   |         |         |

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

| Nº CÓDIGO | Unidad   | Descripción  | Total              |
|-----------|----------|--|--------------------|
|           |          | 2.INSTALACIONES ELÉCTRICAS   |                    |
|           |          | 2.1 Cajas de derivación  |                    |
| 2.1.1     | CDPL     | Ud. Cajas de derivación a un punto de luz, marca LEGRAND referencia 92126<br>Caja estanca plexo cuadrada IP 55 - IK 07, 80 x80 x 45 mm.<br>Fabricadas en poliestireno . Tapa: Polietileno. Color gris.<br>Temperatura de utilización: -25 ° a +40 ° C(Prueba de 7 días a 70 ° C según CEI 998-2-5). Autoextinguible 650 . Bornes de fabricante LEGRAND para secciones de cable máximas de 10 mm2.<br>Incluyen fusibles 2 A, portafusibles, conos prensaestopas y tramo de conductor correspondiente. |                    |
|           | 92166    | 1,000 Ud      Caja estanca plexo cuadrada...   | 1,310      1,310   |
|           | COND026  | 1,000 m      Cable RETENAX FLEX 1x2,5 mm²...   | 0,542      0,542   |
|           | COND026  | 1,000 m      Cable RETENAX FLEX 1x2,5 mm²...   | 0,542      0,542   |
|           | 91910    | 7,000 Ud      Conos para garantizar estanqueidad...  | 0,0023      0,016  |
|           | 037163   | 2,000 Ud      Borna de paso de 1 entrada/1 salida  | 0,062      0,124   |
|           | 2PES     | 7,000 Ud      Prensaestopas para garantizar la estan...  | 1,000      7,000   |
|           | 011304   | 1,000 Ud      Fusible cilíndrico 2A  | 3,000      3,000   |
|           | 005810   | 1,000 Ud      Portafusible seccionador unipolar  | 27,300      27,300 |
|           | mt354x4  | 0,200 Ud      Material auxiliar para instalaciones eléct...  | 1,480      0,296   |
|           | A013H000 | 0,083 h      Oficial 1ª electricista   | 19,280      1,600  |
|           |          | 3,00%      Costes indirectos   | 41,730      1,252  |
|           |          | Precio total redondeado por Ud...  | 42,98              |
|           |          | Son cuarenta y dos euros y noventa y ocho céntimos   |                    |

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

| Nº CÓDIGO | Unidad       | Descripción  | Total                                       |         |       |
|-----------|--------------|--|---|---------|-------|
|           |              | 3.OBRA PÚBLICA   |   |         |       |
|           |              | 3.1 Zanjas   |   |         |       |
|           |              | 3.1.1 Excavaciones de zanjas   |   |         |       |
| 3.1.1.1   | EXAZJ70X40   | m³ Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas de dimensiones de 70x40 cm en instalaciones eléctricas, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, bajo nivel freático, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso entibación metálica deslizante para una protección del 100%, mediante paneles de chapa de acero y codales extensibles metálicos, transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.   |   |         |       |
|           | mt08ett10ac  | 0,150 m²   | Apuntalamiento y entibación metálica d...   | 16,330  | 2,450 |
|           | mq01exn020c  | 0,134 h  | Retroexcavadora hidráulica sobre neum...    | 15,450  | 2,070 |
|           | mq12bau030   | 0,250 h  | Bomba autoaspirante eléctrica de agua...    | 2,410   | 0,600 |
|           | A012N000     | 0,095 h  | Oficial 1ª obra pública.                    | 18,65   | 1,772 |
|           | A0140000     | 0,095 h  | Peón ordinario                              | 16,460  | 1,567 |
|           |              | 3,00 %   | Costes indirectos                           | 8,459   | 0,254 |
|           |              | Precio total redondeado por m³...  |   |         | 8,71  |
|           |              | Son ocho euros y setenta y un céntimos   |   |         |       |
|           |              | 3.1.2 Relleno de zanjas  |   |         |       |
| 3.1.2.1   | REAZJ70X40   | m³ Formación de relleno con hormigón HM-12.5, fabricado en central y vertido desde camión. Resto con arena 0/5 mm, en zanjas en las que previamente se han alojado las instalaciones eléctricas y compactación en tongadas sucesivas mediante equipo manual formado por pisón vibrante manual tipo rana, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación, carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos. Incluye: Colocación de cinta o distintivo indicador de la instalación colocada en el fondo de la zanja. Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación. |   |         |       |
|           | mt10hmf011nb | 0,096 m³   | Hormigón no estructural HNE-12,5/B/20, f... | 66,000  | 6,340 |
|           | au00auh020   | 0,001 h  | Canaleta para vertido del hormigón.         | 125,000 | 0,130 |
|           | mt01var010   | 1,000 m  | Cinta plastificada.                         | 0,140   | 0,140 |
|           | mt01ara030   | 0,160 t  | Arena de 0 a 5 mm de diámetro, para re...   | 8,950   | 1,430 |
|           | mq04dua020b  | 0,101 h  | Dumper autocargable de 2 t de carga út...   | 9,250   | 0,930 |
|           | mq02rop020   | 0,250 h  | Pisón vibrante de 80 kg, con placa de 3...  | 8,460   | 2,120 |
|           | mq02cia020   | 0,010 h  | Camión con cuba de agua.                    | 35,980  | 0,360 |
|           | A012N000     | 0,075 h  | Oficial 1ª obra pública.                    | 18,650  | 1,399 |
|           | A014000      | 0,075 h  | Peón ordinario                              | 16,460  | 1,234 |
|           |              | 3,00 %   | Costes indirectos                           | 14,083  | 0,422 |
|           |              | Precio total redondeado por m³...  |   |         | 14,51 |

Son catorce euros con cincuenta y uno céntimos

### 3.2 Arquetas

|       |              |  |  |         |               |
|-------|--------------|--|--|---------|---------------|
| 3.2.1 | A60X60       | Ud Arqueta de derivación al punto de luz, de dimensiones interiores 60x60x81 cm, prefabricada de hormigón armado sobre solera de hormigón en masa HM-30 de 15 cm de espesor, con marco y tape de fundición nodular de grafito esferoidal tipo FGE 50-7 y cierre hermético al paso de los olores mefíticos. Incluso excavación mecánica y relleno del trasdós con material granular, conexiones de conducciones y remates. Totalmente montada, conexionada y probada mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).<br>Incluye: Replanteo de la arqueta. Excavación con medios mecánicos. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido y compactación del hormigón en formación de solera. Colocación de la arqueta prefabricada. Formación de agujeros para conexionado de tubos. Empalme y rejuntado de los colectores a la arqueta. Colocación de la tapa y los accesorios. Relleno del trasdós. Eliminación de restos, limpieza final y retirada de escombros. Carga de escombros sobre camión o contenedor. Realización de pruebas de servicio. |  |         |               |
|       | mt10hmf010ag | 0,122 m <sup>3</sup>   | Hormigón HM-30, fabricado en central, ...              | 68,630  | 8,370         |
|       | mt11arh010c  | 1,000 Ud   | Arqueta con fondo, registrable, prefabric...           | 77,010  | 77,010        |
|       | mt11arh020d  | 1,000 Ud   | Marco y tape de fundición nodular de gr...             | 30,810  | 30,810        |
|       | mt01arr010a  | 0,581 t  | Grava de cantera, de 22 mm de diámetro                 | 7,230   | 4,200         |
|       | T00CA0005    | 0,038 Tn   | Arena sin lavar.                                       | 11,580  | 0,440         |
|       | T21263R2     | 2,000 m  | Tubo curvable protector de PE liso, ...                | 2,370   | 4,740         |
|       | mq01ret020a  | 0,250 h  | Retrocargadora sobre neumáticos 75 CV.                 | 36,980  | 9,250         |
|       | A012N000     | 0,503 h  | Oficial 1ª obra pública                                | 18,650  | 9,381         |
|       | A014000      | 0,370 h  | Peón ordinario   | 16,460  | 6,090         |
|       |              | 3,00 %   | Costes indirectos                                      | 150,291 | 4,509         |
|       |              |  | Precio total redondeado por Ud...                      |         | <b>154,80</b> |
|       |              |  | Son ciento cincuenta y cuatro euros y ochenta céntimos |         |               |

### 3.3 Cimentaciones

|       |          |  |   |         |         |        |
|-------|----------|--|---|---------|---------|--------|
|       |          |  |   |         |         |        |
| 3.3.1 | CIMC9    | Ud Cimentación para columna de 9 metros              |   |         |         |        |
|       |          |  |   |         |         |        |
|       | EXC      | 0,972 m³   | Excavación para cimentaciones para co...  | 19,964  | 19,405  |        |
|       | CSL020   | 0,972 m³   | Encofrado recuperable metálico para ci... | 26,247  | 25,512  |        |
|       | RECIMC08 | 1,000 Ud   | Nivelación y hormigonado de la cimenta... | 159,619 | 159,619 |        |
|       |          | 3,00 %   | Costes indirectos                         | 204,536 | 6,136   |        |
|       |          |  |   |         |         |        |
|       |          | Precio total redondeado por Ud...                    |   |         |         | 210,67 |
|       |          | Son doscientos diez euros y sesenta y siete céntimos |   |         |         |        |
|       |          |  |   |         |         |        |
| 3.3.2 | CIMC4/5  | Ud Cimentación para columna de 4 a 5 metros          |   |         |         |        |
|       |          |  |   |         |         |        |
|       | EXC      | 0,490 m³   | Excavación para cimentaciones para co...  | 19,964  | 9,782   |        |
|       | CSL020   | 0,490 m³   | Encofrado recuperable metálico para ci... | 26,247  | 12,861  |        |
|       | RECIMC08 | 1,000 Ud   | Nivelación y hormigonado de la cimenta... | 108,669 | 108,669 |        |

|  |        |  |         |               |
|--|--------|--|---------|---------------|
|  | 3,00 % | Costes indirectos  | 154,880 | 4,646         |
|  |        | Precio total redondeado por Ud...                              |         | <b>159,53</b> |
|  |        | Son ciento cincuenta y nueve euros y cincuenta y tres céntimos |         |               |

## CUADRO DE PRECIOS Nº 1

| Nº    | Designación  | Importe          |   |
|-------|--|------------------|---|
|       |  | En cifra (euros) | En letra (euros)  |
|       | 1.INSTALACIONES DE ALUMBRADO   |                  |   |
|       | 1.1 Luminarias con un punto de luz   |                  |   |
| 1.1.1 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12XGRN14/830 13,1W sobre columna Savigny                               | 1.262,26         | MIL DOSCIENTOS SESENTA Y DOS EUROS Y VEINTISÉIS CÉNTIMOS                |
| 1.1.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xE025/830 26,1W sobre columna Savigny                                | 1.261,39         | MIL DOSCIENTOS SESENTA Y UN EUROS Y TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS            |
| 1.1.3 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny                                 | 1.261,39         | MIL DOSCIENTOS SESENTA Y UN EUROS Y TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS            |
| 1.1.4 | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T15 1xE0104-2S/830 DC sobre columna troncocónica de 9 metros           | 3.619,94         | TRES MIL SEISCIENTOS DIECINUEVE EUROS Y NOVENTA Y CUATRO CÉNTIMOS       |
|       | 1.2 Luminarias con dos puntos de luz   |                  |   |
| 1.2.1 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 26,1W sobre columna Avaray   | 3.277,54         | TRES MIL DOSCIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS Y CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS |
| 1.2.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny                                 | 2.052,43         | DOS MIL CINCUENTA Y DOS EUROS Y CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS                |
|       | 1.3 Luminarias con tres puntos de luz  |                  |   |
| 1.3.1 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 56W sobre columna Avaray   | 4.307,54         | CUATRO MIL TRESCIENTOS SIETE EUROS Y CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS        |
| 1.3.2 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 13,1W sobre columna Avaray   | 4.230,29         | CUATRO MIL DOSCIENTOS TREINTA EUROS Y VEINTINUEVE CÉNTIMOS              |
|       | 1.4 Luminarias posadas en fachada  |                  |   |
| 1.4.1 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xGRN14/830 13,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m | 677,05           | SEISCIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS Y CINCO CÉNTIMOS                      |
| 1.4.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xE025/830 26,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m  | 697,65           | SEISCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS Y SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS            |



## CUADRO DE PRECIOS Nº 1

| Nº                         | Designación  | Importe             |  |
|----------------------------|--|---------------------|--|
|                            |  | En cifra<br>(euros) | En letra<br>(euros)                            |
| 2.INSTALACIONES ELÉCTRICAS |  |                     |  |
| 2.2 Cajas de derivación    |  |                     |  |
| 2.2.1                      | Ud. Cajas de derivación a un punto de luz, marca LEGRAND referencia 92126<br><br>Caja estanca plexo cuadrada IP 55 - IK 07, 80 x 80 x 45 mm. Fabricadas en poliestireno . Tapa: Polietileno. Color gris. Temperatura de utilización: -25 ° a +40 ° C(Prueba de 7 días a 70 ° C según CEI 998-2-5). Autoextinguible 650 . Bornes de fabricante LEGRAND para secciones de cable máximas de 10 mm2.<br><br>Incluyen fusibles 2ª, portafusibles, conos prensaestopas y tramo de conductor correspondiente. | 42,98               | CUARENTA Y DOS EUROS Y NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS |



## CUADRO DE PRECIOS Nº 1

| Nº                           | Designación   | Importe             |  |
|------------------------------|---|---------------------|--|
|                              |   | En cifra<br>(euros) | En letra<br>(euros)                      |
| 3.OBRA PÚBLICA               |   |                     |  |
| 3.1 Zanjas                   |   |                     |  |
| 3.1.1 Excavaciones de zanjas |   |                     |  |
| 3.1.1.1                      | m³ Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas de dimensiones de 70x40 cm en instalaciones eléctricas, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, bajo nivel freático, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso entibación metálica deslizante para una protección del 100%, mediante paneles de chapa de acero y codales extensibles metálicos, transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.  | 8,71                | OCHO EUROS Y SETENTA Y UN CÉNTIMOS       |
| 3.1.2 Relleno de zanjas      |   |                     |  |
| 3.1.2.1                      | m³ Formación de relleno con hormigón HM-12.5, fabricado en central y vertido desde camión. Resto con arena 0/5 mm, en zanjas en las que previamente se han alojado las instalaciones eléctricas y compactación en tongadas sucesivas mediante equipo manual formado por pisón vibrante manual tipo rana, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación, carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos.<br><br>Incluye: Colocación de cinta o distintivo indicador de la instalación colocada en el fondo de la zanja. Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación. | 14,51               | CATORCE EUROS Y CINCUENTA Y UNO CÉNTIMOS |
| 3.2 Arquetas                 |   |                     |  |



|                          |   |        |  |
|--------------------------|---|--------|--|
| 3.2.1                    | <p>Ud Arqueta de derivación al punto de luz, de dimensiones interiores 60x60x81 cm, prefabricada de hormigón armado sobre solera de hormigón en masa HM-30 de 15 cm de espesor, con marco y tape de fundición nodular de grafito esferoidal tipo FGE 50-7 y cierre hermético al paso de los olores mefíticos. Incluso excavación mecánica y relleno del trasdós con material granular, conexiones de conducciones y remates. Totalmente montada, conexionada y probada mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>Incluye: Replanteo de la arqueta. Excavación con medios mecánicos. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido y compactación del hormigón en formación de solera. Colocación de la arqueta prefabricada. Formación de agujeros para conexionado de tubos. Empalme y rejuntado de los colectores a la arqueta. Colocación de la tapa y los accesorios. Relleno del trasdós. Eliminación de restos, limpieza final y retirada de escombros. Carga de escombros sobre camión o contenedor. Realización de pruebas de servicio.</p> | 154,80 | CIENTO CINCUENTA Y CUATRO EUROS Y OCHENTA CÉNTIMOS         |
| <b>3.3 Cimentaciones</b> |   |        |  |
| 3.3.1                    | Ud Cimentación para columna de 9 metros   | 210,67 | DOSCIENTOS DIEZ EUROS Y SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS           |
| 3.3.2                    | Ud Cimentación para columna de 4 a 5 metros   | 159,53 | CIENTO CINCUENTA Y NUEVE EUROS Y CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS |



## CUADRO DE PRECIOS Nº 2

| Nº                                   | Designación  | Importe         |               |
|--------------------------------------|--|-----------------|---------------|
|                                      |  | Parcial (euros) | Total (euros) |
| 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO         |  |                 |               |
| 1.1 Luminarias con un punto de luz   |  |                 |               |
| 1.1.1                                | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12XGRN14/830 13,1W sobre columna Savigny         |                 |               |
|                                      | Mano de obra   | 5,491           |               |
|                                      | Materiales   | 1.220,01        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos  | 36,77           |               |
|                                      |  |                 | 1.262,26      |
| 1.1.2                                | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xE025/830 26,1W sobre columna Savigny          |                 |               |
|                                      | Mano de obra   | 5,491           |               |
|                                      | Materiales   | 1.218,71        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos  | 36,74           |               |
|                                      |  |                 | 1.261,39      |
| 1.1.3                                | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny       |                 |               |
|                                      | Mano de obra   | 5,491           |               |
|                                      | Materiales   | 1.218,71        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos  | 36,74           |               |
|                                      |  |                 | 1.261,39      |
| 1.1.4                                | PHILIPS Iridium² LED Large BGP353 T15 1xE0104-2S/830 DC sobre columna troncocónica de 9 metros |                 |               |
|                                      | Mano de obra   | 5,491           |               |
|                                      | Materiales   | 3.509,01        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos  | 105,44          |               |
|                                      |  |                 | 3.619,94      |
| 1.2 Luminarias con dos puntos de luz |  |                 |               |
| 1.2.1                                | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 26,1W sobre columna Avaray                             |                 |               |
|                                      | Mano de obra   | 5,491           |               |
|                                      | Materiales   | 3.176,59        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos  | 95,46           |               |
|                                      |  |                 | 3.277,54      |
| 1.2.2                                | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny           |                 |               |
|                                      | Mano de obra   | 5,491           |               |
|                                      | Materiales   | 1.987,16        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos  | 59,78           |               |



2.052,43

### 1.3 Luminarias con tres puntos de luz

1.3.1 Ud. PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 56W sobre columna Avaray

*Mano de obra* 5,491

*Materiales* 4.176,59

*3 % Costes Indirectos* 125,46

**4.307,54**

1.3.2 PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 13,1W sobre columna Avaray

*Mano de obra* 5,491

*Materiales* 4.101,59

*3 % Costes Indirectos* 123,21

**4.230,29**

### 1.4 Luminarias posadas en fachada

1.4.1 PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xGRN14/830 13,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m

*Mano de obra* 5,491

*Materiales* 651,84

*3 % Costes Indirectos* 19,72

**677,05**

1.4.2 PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xE025/830 26,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m

*Mano de obra* 5,491

*Materiales* 661,84

*3 % Costes Indirectos* 20,32

**697,65**



## CUADRO DE PRECIOS Nº 2

| Nº                                 | Designación   | Importe            |                  |
|------------------------------------|---|--------------------|------------------|
|                                    |   | Parcial<br>(euros) | Total<br>(euros) |
| 2.INSTALACIONES ELÉCTRICAS         |   |                    |                  |
| 2.2 Cajas de colocación en fachada |   |                    |                  |
| 2.2.1                              | Ud. Cajas de derivación a un punto de luz, marca LEGRAND referencia 92126<br>Caja estanca plexo cuadrada IP 55 - IK 07, 80 x 80 x 45 mm. Fabricadas en poliestireno .<br>Tapa: Polietileno. Color gris. Temperatura de utilización: -25 ° a +40 ° C(Prueba de 7 días a 70 ° C según CEI 998-2-5). Autoextinguible 650 . Bornes de fabricante LEGRAND para secciones de cable máximas de 10 mm2.<br>Incluyen fusibles 2ª, portafusibles, conos prensaestopas y tramo de conductor correspondiente. |                    |                  |
|                                    | Mano de obra  | 1,600              |                  |
|                                    | Materiales  | 40,130             |                  |
|                                    | 3 % Costes Indirectos   | 1,252              |                  |
|                                    |   |                    | 42,98            |

## CUADRO DE PRECIOS Nº 2

| Nº                           | Designación   | Importe            |                  |
|------------------------------|---|--------------------|------------------|
|                              |   | Parcial<br>(euros) | Total<br>(euros) |
| 3.OBRA PÚBLICA               |   |                    |                  |
| 3.1 Zanjas                   |   |                    |                  |
| 3.1.1 Excavaciones de zanjas |   |                    |                  |
| 3.1.1.1                      | m³ Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas de dimensiones de 70x40 cm en instalaciones eléctricas, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, bajo nivel freático, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso entibación metálica deslizante para una protección del 100%, mediante paneles de chapa de acero y codales extensibles metálicos, transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.  |                    |                  |
|                              | Mano de obra  | 3,339              |                  |
|                              | Maquinaria  | 2,670              |                  |
|                              | Materiales  | 2,450              |                  |
|                              | 3 % Costes Indirectos   | 0,254              |                  |
|                              |   |                    | 8,71             |
| 3.1.2 Relleno de zanjas      |   |                    |                  |
| 3.1.2.1                      | m³ Formación de relleno con hormigón HM-12.5, fabricado en central y vertido desde camión. Resto con arena 0/5 mm, en zanjas en las que previamente se han alojado las instalaciones eléctricas y compactación en tongadas sucesivas mediante equipo manual formado por pisón vibrante manual tipo rana, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación, carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos.<br><br>Incluye: Colocación de cinta o distintivo indicador de la instalación colocada en el fondo de la zanja. Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación. |                    |                  |
|                              | Mano de obra  | 2,633              |                  |
|                              | Maquinaria  | 3,410              |                  |
|                              | Materiales  | 7,910              |                  |
|                              | Resto de Obra   | 0,130              |                  |
|                              | 3 % Costes Indirectos   | 0,422              |                  |
|                              |   |                    | 14,51            |
| 3.2 Arquetas                 |   |                    |                  |
| 3.2.1                        | Ud Arqueta de derivación dimensiones interiores 60x60x81 cm, prefabricada de hormigón armado sobre solera de hormigón en masa HM-30 de 22 mm de espesor, con marco y tape de fundición nodular de grafito esferoidal tipo FGE 50-7 y cierre hermético al paso de los olores mefíticos. Incluso excavación mecánica y relleno del trasdós con material granular, conexiones de conducciones y remates. Totalmente montada, conexionada y probada mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio). Incluye: Replanteo de la arqueta. Excavación con medios mecánicos. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido y compactación del hormigón en formación de solera. Colocación de la arqueta prefabricada. Formación de agujeros para conexionado de tubos. Empalme y rejuntado de los colectores a la arqueta.       |                    |                  |



|   |   |
|---|---|
| Colocación de la tapa y los accesorios. Relleno del trasdós. Eliminación de restos, limpieza final y retirada de escombros. Carga de escombros sobre camión o contenedor. Realización de pruebas de servicio. |   |
| <i>Mano de obra</i>   | 15,471  |
| <i>Maquinaria</i>   | 9,250   |
| <i>Materiales</i>   | 125,57  |
| <i>3 % Costes Indirectos</i>  | 4,509   |
| <b>154,80</b>   |   |
| <b>3.3 Cimentaciones</b>  |   |
| 3.3.1   | Ud Cimentación para columna de 8 metros               |
| <i>Mano de obra</i>   | 59,323  |
| <i>Maquinaria</i>   | 11,433  |
| <i>Materiales</i>   | 135,074   |
| <i>3 % Costes Indirectos</i>  | 6,136   |
| <b>210,67</b>   |   |
| 3.3.2   | Ud Cimentación para columna de 4 metros y 3.05 metros |
| <i>Mano de obra</i>   | 59,323  |
| <i>Maquinaria</i>   | 11,433  |
| <i>Materiales</i>   | 84,124  |
| <i>3 % Costes Indirectos</i>  | 4,646   |
| <b>159,53</b>   |   |



## PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO

| Nº    | DESCRIPCION  | UNIDADES | PRECIO   | IMPORTE           |
|-------|--|----------|----------|-------------------|
|       | <i>1.1 Luminarias con un punto de luz</i>  |          |          |                   |
| 1.1.1 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12XGRN14/830 13,1W sobre columna Savigny                               | 18,000   | 1.262,26 | <b>22.720,68</b>  |
| 1.1.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xECO25/830 26,1W sobre columna Savigny                               | 69,000   | 1.261,39 | <b>87.035,91</b>  |
| 1.1.3 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny                                 | 56,000   | 1.261,39 | <b>70.637,84</b>  |
| 1.1.4 | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T15 1xECO104-2S/830 DC sobre columna troncocónica de 9 metros          | 77,000   | 3.619,94 | <b>278.735,38</b> |
|       | <i>1.2 Luminarias con dos puntos de luz</i>  |          |          |                   |
| 1.2.1 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 26,1W sobre columna Avaray   | 101,000  | 3.277,54 | <b>331.031,54</b> |
| 1.2.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny                                 | 9,000    | 2.052,43 | <b>18.471,87</b>  |
|       | <i>1.3 Luminarias con tres puntos de luz</i>   |          |          |                   |
| 1.3.1 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 56W sobre columna Avaray   | 69,000   | 4.307,54 | <b>297.220,26</b> |
| 1.3.2 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 13,1W sobre columna Avaray   | 55,000   | 4.230,29 | <b>232.665,95</b> |
|       | <i>1.4 Luminarias posadas en fachada</i>   |          |          |                   |
| 1.4.1 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xGRN14/830 13,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m | 368,000  | 677,05   | <b>245.474,40</b> |
| 1.4.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xECO25/830 26,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m | 206,000  | 697,65   | <b>143.715,90</b> |



## PRESUPUESTO PARCIAL Nº 2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

| Nº    | DESCRIPCION  | UNIDADES  | PRECIO | IMPORTE          |
|-------|--|-----------|--------|------------------|
|       | <i>2.INSTALACIONES ELÉCTRICAS</i>  |           |        |                  |
|       | <i>2.1 Cajas de derivación</i>   |           |        |                  |
| 2.1.1 | Ud. Cajas de derivación a un punto de luz, marca LEGRAND referencia 92126<br><br>Caja estanca plexo cuadrada IP 55 - IK 07, 80 x 80 x 45 mm. Fabricadas en poliestireno . Tapa: Polietileno. Color gris. Temperatura de utilización: -25 ° a +40 ° C(Prueba de 7 días a 70 ° C según CEI 998-2-5). Autoextinguible 650 . Bornes de fabricante LEGRAND para secciones de cable máximas de 10 mm2.<br><br>Incluyen fusibles 2ª, portafusibles, conos prensaestopas y tramo de conductor correspondiente. |           |        |                  |
|       |  | 1.028,000 | 42,98  | <b>44.183,44</b> |



## PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 OBRA PÚBLICA

| Nº      | DESCRIPCION   | UNIDADES | PRECIO | IMPORTE          |
|---------|---|----------|--------|------------------|
|         | <i>3.1 Zanjas</i>   |          |        |                  |
|         | <i>3.1.1 Excavaciones de zanjas</i>   |          |        |                  |
| 3.1.1.1 | m³ Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas de dimensiones de 70x40 cm en instalaciones eléctricas, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, bajo nivel freático, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso entibación metálica deslizante para una protección del 100%, mediante paneles de chapa de acero y codales extensibles metálicos, transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.  | 1.034,04 | 8,71   | <b>9.006,49</b>  |
|         | <i>3.1.2 Relleno de zanjas</i>  |          |        |                  |
| 3.1.2.1 | m³ Formación de relleno con hormigón HM-12.5, fabricado en central y vertido desde camión. Resto con arena 0/5 mm, en zanjas en las que previamente se han alojado las instalaciones eléctricas y compactación en tongadas sucesivas mediante equipo manual formado por pisón vibrante manual tipo rana, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación, carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos.<br><br>Incluye: Colocación de cinta o distintivo indicador de la instalación colocada en el fondo de la zanja. Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación.   | 1.034,04 | 14,51  | <b>15.003,92</b> |
|         | <i>3.2 Arquetas</i>   |          |        |                  |
| 3.2.1   | Ud Arqueta de derivación al punto de luz, de dimensiones interiores 60x60x81 cm, prefabricada de hormigón armado sobre solera de hormigón en masa HM-30 de 15 cm de espesor, con marco y tape de fundición nodular de grafito esferoidal tipo FGE 50-7 y cierre hermético al paso de los olores mefíticos. Incluso excavación mecánica y relleno del trasdós con material granular, conexiones de conducciones y remates. Totalmente montada, conexionada y probada mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).<br><br>Incluye: Replanteo de la arqueta. Excavación con medios mecánicos. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido y compactación del hormigón en formación de solera. Colocación de la arqueta prefabricada. Formación de agujeros para conexionado de tubos. Empalme y rejuntado de los colectores a la arqueta. Colocación de la tapa y los accesorios. Relleno del trasdós. Eliminación de restos, limpieza final |          |        |                  |



---

y retirada de escombros. Carga de escombros sobre camión o contenedor. Realización de pruebas de servicio.

454,000 154,80 **70.279,20**

*3.3 Cimentaciones*

3.3.1 Ud Cimentación para columna de 9 metros 77,000 210,67 **16.221,59**

3.3.2 Ud Cimentación para columna de 4 a 5 metros 377,000 159,53 **60.142,81**

---



RESUMEN POR CAPITULOS

|  |                     |
|--|---------------------|
| CAPITULO INSTALACIONES DE ALUMBRADO    | 1.727.710,73        |
| CAPITULO INSTALACIONES ELÉCTRICAS      | 44.183,44           |
| CAPITULO OBRA CIVIL                    | 170.654,01          |
| PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL..... | <b>1.942.548,18</b> |

EL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL ASCIENDE A LAS EXPRESADAS **UN MILLÓN DOSCIENTOS TREINTA Y UN MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS.**

## Proyecto: INSTALACIÓN ALUMBRADO PÚBLICO (ESTUDIO II.I)

|  | Importe             |
|--|---------------------|
| <b>Capítulo 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO</b>   | <b>1.727.710,73</b> |
| Capítulo 1.1 Luminarias con un punto de luz  | 459.129,81          |
| Capítulo 1.2 Luminarias con dos puntos de luz  | 349.503,41          |
| Capítulo 1.3 Luminarias con tres puntos de luz   | 529.886,21          |
| Capítulo 1.4 Luminarias posadas en fachada   | 389.190,30          |
| <b>Capítulo 2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | <b>44.183,44</b>    |
| Capítulo 2.1 Cajas de colocación en fachada  | 44.183,44           |
| <b>Capítulo 3 OBRA CIVIL</b>   | <b>170.654,01</b>   |
| Capítulo 3.1 Zanjas  | 24.010,41           |
| Capítulo 3.1.1 Excavación de zanjas  | 9.006,49            |
| Capítulo 3.1.2 Relleno de zanjas   | 15.003,92           |
| Capítulo 3.2 Arquetas  | 70.279,20           |
| Capítulo 3.3 Cimentaciones   | 76.364,40           |
| Presupuesto de ejecución material  | <b>1.942.548,18</b> |
| 13% de gastos generales  | <b>252.531,26</b>   |
| 6% de beneficio industrial   | <b>116.552,89</b>   |
| Suma   | <b>2.311.632,33</b> |
| 21% IVA  | <b>485.442,79</b>   |
| Presupuesto de ejecución por contrata  | <b>2.797.075,12</b> |
| Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de <b>DOS MILLONES SETECIENTOS NOVENTA Y SIETE MIL SETENTA Y CINCO EUROS Y DOCE CÉNTIMOS</b> |                     |



## 4- PRESUPUESTO III (ESTUDIO II.II)

### CUADRO DE MANO DE OBRA

| Nº             | Designación              | Importe           |                     |                  |
|----------------|--------------------------|-------------------|---------------------|------------------|
|                |                          | Precio<br>(euros) | Cantidad<br>(Horas) | Total<br>(euros) |
| 1              | Oficial 1ª electricista. | 19,280            |                     |                  |
| 2              | Oficial 1ª obra pública. | 18,650            |                     |                  |
| 3              | Ayudante electricista.   | 17,330            |                     |                  |
| 4              | Peón ordinario.          | 16,460            |                     |                  |
| 5              | Ayudante                 | 17,360            |                     |                  |
| 6              | Peón ordinario.          | 16,460            |                     |                  |
| Importe total: |                          |                   |                     |                  |

## CUADRO DE MATERIALES

| Nº | Designación   | Importe           |                      |                  |
|----|---|-------------------|----------------------|------------------|
|    |   | Precio<br>(euros) | Cantidad<br>Empleada | Total<br>(euros) |
| 1  | Conos para garantizar la estanqueidad 91910.  | 0,0023            |                      |                  |
| 2  | Caja estanca plexo cuadrada IP 55 IK 07 en fachada  | 1,310             |                      |                  |
| 3  | Prensaestopas para garantizar la Estanqueidad   | 1,000             |                      |                  |
| 4  | Borna de paso LEGRAND 037163 1 entrada/1 salida   | 0.062             |                      |                  |
| 5  | Fusible cilíndrico cerámico 2 A, talla 00   | 3,000             |                      |                  |
| 6  | Portafusible seccionador unipolar   | 27,300            |                      |                  |
| 7  | Brazo de fijación en fachada o sobre columna tipo mural de 0,6 metros   | 104,000           | 291,00 Ud            | 30.264,00        |
| 8  | Brazo de fijación a columna tipo Fernandino de 0,65 metros  | 183,000           | 152,00 Ud            | 27.816,00        |
| 9  | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xE025/830 26,1W   | 560,000           | 78,00 Ud             | 43.680,00        |
| 10 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W  | 560,000           | 95,00 Ud             | 53.200,00        |
| 11 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xE080/830 87W   | 590,000           | 198,00 Ud            | 116.820,00       |
| 12 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W   | 1.048,000         | 232,00 Ud            | 243.136,00       |
| 13 | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T35 1xE0212-2S/740 DW   | 1.263,000         | 39,00 Ud             | 49.257,00        |
| 14 | Columna Savigny PHILIPS de 3,3 a 3,85m de altura  | 630,000           | 88,00 Ud             | 55.440,00        |
| 15 | Columna Avaray PHILIPS de 3,8m de altura  | 681,250           | 117,00 Ud            | 79.706,25        |
| 16 | Columna troncocónica de 9 m de altura   | 2.003,500         | 39,00 Ud             | 78.136,50        |
| 17 | Material de fijación de luminaria en Fachada  | 3,500             |                      |                  |
| 18 | Juego de 4 pernos de anclaje M18 x 500 mm, con tuercas y arandelas  | 10,20             |                      |                  |
| 19 | Juego de 4 pernos de anclaje M24 x 700 mm, con tuercas y arandelas  | 21,000            |                      |                  |
| 20 | Plantilla de 500x500mm M18  | 7,500             |                      |                  |
| 21 | Plantilla de 700x700mm M24  | 15,250            |                      |                  |
| 22 | Arena sin lavar.  | 11,580            |                      |                  |
| 23 | Arena de 0 a 5 mm de diámetro, para relleno de zanjás.  | 8,950             |                      |                  |
| 24 | Grava de cantera, de 22 mm de diámetro.   | 7,230             |                      |                  |
| 25 | Cinta plastificada.   | 0,140             |                      |                  |
| 26 | Encofrado con panel metálico en cimentaciones.  | 4,600             |                      |                  |
| 27 | Fleje para encofrado metálico.  | 0,290             |                      |                  |
| 28 | Apuntalamiento y entibación cuajada de zanjás y pozos de 2 m de ancho como máximo, para una protección del 100%.  | 27,590            |                      |                  |
| 29 | Apuntalamiento y entibación metálica deslizante de zanjás de dimensiones 70x40cm, para una protección del 100%, mediante paneles de chapa de acero y codales extensibles metálicos (20 usos). | 16,330            |                      |                  |



|                |   |        |
|----------------|---|--------|
| 30             | Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.  | 1,330  |
| 31             | Puntas de acero de 20x100 mm.   | 7,000  |
| 32             | Hormigón HM-30, fabricado en central, vertido con cubilote.   | 68,630 |
| 33             | Hormigón HM-20, fabricado en central, vertido con cubilote  | 68,630 |
| 34             | Hormigón no estructural HNE-12,5/B/20, fabricado en central.  | 66,000 |
| 35             | Marco y tape de fundición nodular de grafito esferoidal tipo FGE 50-7 según Norma UNE 36.118-73, de 13,6 kg de tape.                      | 30,810 |
| 36             | Arqueta con fondo, registrable, prefabricada de hormigón, de 60x60x81 cm de medidas interiores, preparada para derivaciones a luminarias. | 77,010 |
| 37             | Material auxiliar para instalaciones eléctricas posadas en fachada.   | 1,480  |
| 38             | Tubo curvable protector de PE, de marca REVI, de 63 mm de diámetro y 3 mm de espesor, para canalización enterrada.                        | 2,370  |
| Importe total: |   |        |



## CUADRO DE PRECIOS MAQUINARIA

| Nº             | Designación   | Importe<br>(euros) |
|----------------|---|--------------------|
| 1              | Tractor grúa hasta 1,5 t.   | 6,560              |
| 2              | Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos 100 CV.                 | 15,450             |
| 3              | Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos 100 CV.                 | 26,050             |
| 5              | Retrocargadora sobre neumáticos 75 CV.                              | 36,980             |
| 6              | Camión con cuba de agua.  | 35,980             |
| 7              | Pisón vibrante de 80 kg, con placa de 30x30 cm, tipo rana.          | 8,460              |
| 8              | Dumper autocargable de 2 t de carga útil, con mecanismo hidráulico. | 9,250              |
| 9              | Bomba autoaspirante eléctrica de aguas limpias alta presión 3 kW.   | 2,410              |
| Importe total: |   |                    |

## CUADRO DE PRECIOS AUXILIARES

| Nº | Designación   | Importe<br>(euros) |                                    |        |          |
|----|---|--------------------|------------------------------------|--------|----------|
| 1  | m² de Montaje de encofrado recuperable metálico para cimentación, formado por paneles metálicos, y desencofrado posterior. Incluso p/p de elementos de sustentación, fijación y acodalamientos necesarios para su estabilidad y aplicación de líquido desencofrante.<br>Incluye: Replanteo. Encofrado lateral metálico. Desencofrado.   |                    |                                    |        |          |
|    | Código  | Ud                 | Descripción                        | Precio | Cantidad |
|    | mt08eme050  | m²                 | Encofrado con panel metálico en... | 4,600  | 0,500    |
|    | mt08eme051  | m                  | Fleje para encofrado metálico.     | 0,290  | 0,500    |
|    | a   |                    |                                    |        |          |
|    | mt08var050  | kg                 | Alambre galvanizado para atar, ... | 1,330  | 0,750    |
|    | mt08var060  | kg                 | Puntas de acero de 20x100 mm.      | 7,000  | 0,750    |
|    | A012N000  | h                  | Oficial 1ª obra pública.           | 18,650 | 0,500    |
|    | A0140000  | h                  | Peón ordinario.                    | 16,460 | 0,500    |
|    |   |                    | Importe:                           |        | 26,247   |
| 2  | m³ de Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas para cimentaciones, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.<br>Incluye: Replanteo general y fijación de los puntos y niveles de referencia. Colocación de las camillas en las esquinas y extremos de las alineaciones. Excavación en sucesivas franjas horizontales y extracción de tierras. Refinado de fondos y laterales a mano, con extracción de las tierras. Montaje de paneles y codales metálicos, para la formación de la entibación. Fijación de todos los elementos. Desmontaje gradual de la entibación. Carga a camión de las tierras excavadas. |                    |                                    |        |          |
|    | Código  | Ud                 | Descripción                        | Precio | Cantidad |
|    | mt08ett010b   | m²                 | Apuntalamiento y entibación cua... | 27,590 | 0,400    |
|    |   |                    |                                    |        | 11,036   |
|    | mq01exn020a   | h                  | Retroexcavadora hidráulica sobr... | 26,050 | 0,250    |
|    |   |                    |                                    |        | 6,5125   |
|    | A0140000  | h                  | Peón ordinario.                    | 16,460 | 0,167    |
|    |   |                    |                                    |        | 2,415    |
|    |   |                    | Importe:                           |        | 19,964   |
| 3  | Ud. de Nivelación y hormigonado de la cimentación y colocación todo para columnas de 4 a 5 metros   |                    |                                    |        |          |
|    | Código  | Ud                 | Descripción                        | Precio | Cantidad |
|    | mt10hmf010  | m³                 | Hormigón HM-20, fabricado en ce... | 68,630 | 0,200    |
|    | ...   |                    |                                    |        | 13,726   |
|    | PNO500  | Ud.                | Juego de 4 pernos F-111 de ancl... | 10,200 | 4,000    |
|    |   |                    |                                    |        | 40,800   |
|    | PTA500  | Ud.                | Plantilla de 500x500mm M18         | 7,500  | 1,000    |
|    |   |                    |                                    |        | 7,500    |
|    | T21263R2  | m                  | Tubo curvable protector de PE...   | 2,370  | 1,000    |
|    |   |                    |                                    |        | 2,370    |
|    | M02T010   | h.                 | Tractor grúa hasta 1,5 t.          | 6,560  | 0,750    |
|    |   |                    |                                    |        | 4,920    |
|    | A012N000  | h                  | Oficial 1ª obra pública.           | 18,650 | 0,750    |
|    |   |                    |                                    |        | 13,988   |
|    | A0140000  | h                  | Peón ordinario.                    | 16,460 | 0,750    |
|    |   |                    |                                    |        | 12,345   |
|    | A013N000  | h.                 | Ayudante                           | 17,360 | 0,750    |
|    |   |                    |                                    |        | 13,020   |
|    |   |                    | Importe:                           |        | 108,669  |
| 4  | Ud. de Nivelación y hormigonado de la cimentación y colocación todo para columnas de 9 metros   |                    |                                    |        |          |
|    | Código  | Ud                 | Descripción                        | Precio | Cantidad |
|    | mt10hmf010...   | m³                 | Hormigón HM-20, fabricado en ce... | 68,630 | 0,200    |
|    |   |                    |                                    |        | 13,726   |





|          |     |                                    |        |          |         |
|----------|-----|------------------------------------|--------|----------|---------|
| PN0700   | Ud. | Juego de 4 pernos F-111 de ancl... | 21,000 | 4,000    | 84,000  |
| PTA700   | Ud. | Plantilla de 700x700mm M24         | 15,250 | 1,000    | 15,250  |
|          |     |                                    |        |          |         |
| T21263R2 | m   | Tubo curvable protector de PE...   | 2,370  | 1,000    | 2,370   |
| M02T010  | h.  | Tractor grúa hasta 1,5 t.          | 6,560  | 0,750    | 4,920   |
| A012N000 | h   | Oficial 1ª obra pública.           | 18,650 | 0,750    | 13,988  |
| A0140000 | h   | Peón ordinario.                    | 16,460 | 0,750    | 12,345  |
| A013N000 | h.  | Ayudante                           | 17,360 | 0,750    | 13,020  |
|          |     |                                    |        | Importe: | 159,619 |

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

| Nº CÓDIGO                                 | Unidad   | Descripción  | Total              |
|---|----------|--|--------------------|
| <b>1.INSTALACIONES DE ALUMBRADO</b>       |          |  |                    |
| <b>1.1 Luminarias con un punto de luz</b> |          |  |                    |
| <b>1.1.1</b>                              |          | Ud. PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray                     |                    |
|   | JRG4     | 1,000 Ud PHILIPS Jargeau LED modelo BGP641...  | 1.048,000 1.048,00 |
|   | COL A    | 1,000 Ud Columna Avaray...   | 681,250 681,25     |
|   | 20045255 | 8,00 m Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542 4,336        |
|   | 20045255 | 8,00 m Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542 4,336        |
|   | 20046373 | 8,00 m Con 450/750 V 16 mm <sup>2</sup> para tierra                                      | 3,083 24,664       |
|   | A013H000 | 0,150 h Oficial 1º electricista  | 19,280 2,892       |
|   | A012H000 | 0,150 h Ayudante electricista  | 17,330 2,599       |
|   |          | 3,000 % Costes indirectos  | 1.768,08 53,04     |
|   |          | Precio total redondeado por Ud....   | 1.821,12           |
|   |          | Son mil ochocientos veintidós euros y doce céntimos                                      |                    |
| <b>1.1.2</b>                              |          | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny |                    |
|   | JRG3     | 1,000 Ud PHILIPS Jargeau LED modelo BGP641 ...   | 560,000 560,00     |
|   | COL S    | 1,000 Ud Columna Savigny...  | 630,000 630,00     |
|   | 20045255 | 7,00 m Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542 3,790        |
|   | 20045255 | 7,00 m Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542 3,790        |
|   | 20046373 | 7,00 m Con 450/750 V 16 mm <sup>2</sup> para tierra                                      | 3,083 21,581       |
|   | A012H000 | 0,150 h Oficial 1º electricista  | 19,280 2,892       |
|   | A013H000 | 0,150 h Ayudante electricista  | 17,330 2,599       |
|   |          | 3,000 % Costes indirectos  | 1.224,65 36,74     |
|   |          | Precio total redondeado por Ud....   | 1.261,39           |
|   |          | Son mil doscientos sesenta y un euros y treinta y nueve céntimos                         |                    |
| <b>1.1.3</b>                              |          | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xECO80/830 87W sobre columna Savigny |                    |
|   | JRG3     | 1,000 Ud Jargeau LED BGP641 ...  | 590,000 590,000    |
|   | COL S    | 1,000 Ud Columna Savigny... PHILIPS  | 630,000 630,000    |
|   | 20045255 | 7,00 m Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542 3,790        |
|   | 20045255 | 7,00 m Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542 3,790        |
|   | 20046373 | 7,00 m Con 450/750 V 16 mm <sup>2</sup> para tierra                                      | 3,083 21,581       |
|   | A012H000 | 0,150 h Oficial 1º electricista  | 19,280 2,892       |
|   | A013H000 | 0,150 h Ayudante electricista  | 17,330 2,599       |
|   |          | 3,000 % Costes indirectos  | 1.254,65 37,74     |

|              |          |          |   |           |           |
|--------------|----------|----------|---|-----------|-----------|
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud....  | 1.292,29  |           |
|              |          |          | Son mil doscientos noventa y dos euros y veintinueve céntimos   |           |           |
| <b>1.1.4</b> |          |          | Ud. PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T35 1xECO212-2S/740 DW sobre columna troncocónica de 9 metros |           |           |
|              | I2LED    | 1,000 Ud | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP  | 1.374,000 | 1.374,00  |
|              |          |          | ...   |           |           |
|              | COL T    | 1,000 Ud | Columna troncocónica...   | 2.003,500 | 2.003,50  |
|              | 20045255 | 12,00 m  | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 6,504     |
|              | 20045255 | 12,00 m  | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 6,504     |
|              | 20046373 | 12,00 m  | Con 450/750 V 16 mm <sup>2</sup> para tierra  | 3,083     | 21,581    |
|              | A013H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista   | 19,280    | 2,892     |
|              | A012H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista   | 17,330    | 2,599     |
|              |          | 3,000 %  | Costes indirectos   | 3.417,58  | 102,53    |
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud...   | 3.520,11  |           |
|              |          |          | Son tres mil quinientos veinte euros y once céntimos  |           |           |
|              |          |          | <b>1.2 Luminarias con dos puntos de luz</b>   |           |           |
| <b>1.2.1</b> |          |          | Ud. PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray  |           |           |
|              | FF4      | 2,000 Ud | PHILIPS Farol Fernandino...   | 1.048,000 | 2.096,00  |
|              | COL A    | 1,000 Ud | Columna Avaray PHILIPS...   | 681,250   | 681,25    |
|              | 71859700 | 2,000 Ud | Brazo de fijación a columna tipo Fernandino...  | 183,000   | 366,00    |
|              | 20045255 | 8,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 4,336     |
|              | 20045255 | 8,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 4,336     |
|              | 20046373 | 8,00 m   | Con 450/750 V 16 mm <sup>2</sup> para tierra  | 3,083     | 24,664    |
|              | A012H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista   | 19,280    | 2,892     |
|              | A013H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista   | 17,330    | 2,599     |
|              |          | 3,000 %  | Costes indirectos   | 3.182,08  | 95,46     |
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud...   | 3.277,54  |           |
|              |          |          | Son tres mil doscientos setenta y siete euros y cincuenta y cuatro céntimos                                     |           |           |
| <b>1.2.2</b> |          |          | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xECO80/830 87W sobre columna Savigny                        |           |           |
|              | JRG4     | 2,000 Ud | Jargeau LED BGP641 ...  | 590,000   | 1.180,000 |
|              | COL S    | 1,000 Ud | Columna Savigny...  | 630,000   | 630,000   |
|              | 71860300 | 2,000 Ud | Brazo de fijación en fachada tipo mural de 0,6 metros   | 104,000   | 208,000   |
|              | 20045255 | 7,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 3,790     |
|              | 20045255 | 7,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542     | 3,790     |
|              | 20046373 | 7,00 m   | Con 450/750 V 16 mm <sup>2</sup> para tierra  | 3,083     | 21,581    |
|              | A012H000 | 0,150 h  | Oficial 1º electricista   | 19,280    | 2,892     |
|              | A013H000 | 0,150 h  | Ayudante electricista   | 17,330    | 2,599     |
|              |          | 3,000 %  | Costes indirectos   | 2.052,65  | 61,58     |
|              |          |          | Precio total redondeado por Ud...   | 2.114,23  |           |
|              |          |          | Son dos mil cincuenta y dos euros y cuarenta y tres céntimos  |           |           |

|       |  |          |   |           |          |
|-------|--|----------|---|-----------|----------|
|       | 1.3 Luminarias con tres puntos de luz  |          |   |           |          |
| 1.3.1 | Ud. PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray   |          |   |           |          |
|       | FF3  | 3,000 Ud | PHILIPS Farol Fernandino...                           | 1.048,000 | 3.144,00 |
|       | COL A  | 1,000 Ud | Columna Avaray...                                     | 681,250   | 681,25   |
|       | 71859700   | 3,000 Ud | Brazo de fijación a columna tipo Fernandino...        | 183,000   | 549,00   |
|       | 20045255   | 8,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                              | 0,542     | 4,336    |
|       | 20045255   | 8,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                              | 0,542     | 4,336    |
|       | 20046373   | 8,00 m   | Con 450/750 V 16 mm² para tierra                      | 3,083     | 24,664   |
|       | A013H000   | 0,150 h  | Oficial 1º electricista                               | 19,280    | 2,892    |
|       | A012H000   | 0,150 h  | Ayudante electricista                                 | 17,330    | 2,599    |
|       |  | 3,000 %  | Costes indirectos                                     | 4.413,08  | 132,39   |
|       | Precio total redondeado por Ud...  |          |   |           | 4.545,47 |
|       | Son cuatro mil quinientos cuarenta y cinco euros y cuarenta y siete céntimos   |          |   |           |          |
|       | 1.4 Luminarias posadas en fachada  |          |   |           |          |
| 1.4.1 | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xECO25/830 26,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m |          |   |           |          |
|       | JRG2   | 1,000 Ud | PHILIPS Jargeau LED modelo BGP641...                  | 560,000   | 560,00   |
|       | 71860300   | 1,000 Ud | Brazo de fijación en fachada tipo mural de 0,6 metros | 104,000   | 104,000  |
|       | 20045255   | 4,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                              | 0,542     | 2,168    |
|       | 20045255   | 4,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                              | 0,542     | 2,168    |
|       | MSPF   | 1,000 Ud | Material de fijación de luminaria                     | 3,500     | 3,500    |
|       | A012H000   | 0,150 h  | Oficial 1º electricista                               | 19,280    | 2,892    |
|       | A013H000   | 0,150 h  | Ayudante electricista                                 | 17,330    | 2,599    |
|       |  | 3,000 %  | Costes indirectos                                     | 677,33    | 20,32    |
|       | Precio total redondeado por Ud...  |          |   |           | 697,65   |
|       | Son seiscientos noventa y siete euros y sesenta y cinco céntimos   |          |   |           |          |
| 1.4.2 | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m   |          |   |           |          |
|       | JRG3   | 1,000 Ud | PHILIPS Jargeau LED modelo BGP641...                  | 560,000   | 560,00   |
|       | 71860300   | 1,000 Ud | Brazo de fijación en fachada tipo mural de 0,6 metros | 104,000   | 104,000  |
|       | 20045255   | 4,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                              | 0,542     | 2,168    |
|       | 20045255   | 4,00 m   | Cond 0.6/1 KV 2,5 mm² Cu                              | 0,542     | 2,168    |
|       | MSPF   | 1,000 Ud | Material de fijación de luminaria                     | 3,500     | 3,500    |
|       | A012H000   | 0,150 h  | Oficial 1º electricista                               | 19,280    | 2,892    |
|       | A013H000   | 0,150 h  | Ayudante electricista                                 | 17,330    | 2,599    |
|       |  | 3,000 %  | Costes indirectos                                     | 677,33    | 20,32    |



|              |          |  |         |         |
|--------------|----------|--|---------|---------|
|              |          | Precio total redondeado por Ud...  | 697,65  |         |
|              |          | Son seiscientos noventa y siete euros y sesenta y cinco céntimos   |         |         |
| <b>1.4.3</b> |          | Ud. PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xECO80/830 87W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m |         |         |
|              | JRG4     | 1,000 Ud PHILIPS Jargeau LED modelo BGP641...  | 590,000 | 590,00  |
|              | 71860300 | 1,000 Ud Brazo de fijación en fachada tipo mural de 0,6 metros   | 104,000 | 104,000 |
|              | 20045255 | 4,00 m Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542   | 2,168   |
|              | 20045255 | 4,00 m Cond 0.6/1 KV 2,5 mm <sup>2</sup> Cu  | 0,542   | 2,168   |
|              | MSPF     | 1,000 Ud Material de fijación de luminaria   | 3,500   | 3,500   |
|              | A012H000 | 0,150 h Oficial 1º electricista  | 19,280  | 2,892   |
|              | A013H000 | 0,150 h Ayudante electricista  | 17,330  | 2,599   |
|              |          | 3,000 % Costes indirectos  | 707,33  | 21,22   |
|              |          | Precio total redondeado por Ud...  | 728,55  |         |
|              |          | Son setecientos veintiocho euros y cincuenta y cinco céntimos  |         |         |



## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

| Nº CÓDIGO | Unidad   | Descripción  | Total   |        |        |
|-----------|----------|--|---|--------|--------|
|           |          | 2.INSTALACIONES ELÉCTRICAS   |   |        |        |
|           |          | 2.1 Cajas de derivación  |   |        |        |
| 2.1.1     | CDPL     | Ud. Cajas de derivación a un punto de luz, marca LEGRAND referencia 92126<br>Caja estanca plexo cuadrada IP 55 - IK 07, 80 x80 x 45 mm.<br>Fabricadas en poliestireno . Tapa: Polietileno. Color gris.<br>Temperatura de utilización: -25 ° a +40 ° C(Prueba de 7 días a 70 ° C según CEI 998-2-5). Autoextinguible 650 . Bornes de fabricante LEGRAND para secciones de cable máximas de 10 mm2.<br>Incluyen fusibles 2 A, portafusibles, conos prensaestopas y tramo de conductor correspondiente. |   |        |        |
|           | 92166    | 1,000 Ud   | Caja estanca plexo cuadrada...                | 1,310  | 1,310  |
|           | COND026  | 1,000 m  | Cable RETENAX FLEX 1x2,5 mm²...               | 0,542  | 0,542  |
|           | COND026  | 1,000 m  | Cable RETENAX FLEX 1x2,5 mm²...               | 0,542  | 0,542  |
|           | 91910    | 7,000 Ud   | Conos para garantizar estanqueidad...         | 0,0023 | 0,016  |
|           | 037163   | 2,000 Ud   | Borna de paso de 1 entrada/1 salida           | 0,062  | 0,124  |
|           | 2PES     | 7,000 Ud   | Prensaestopas para garantizar la estan...     | 1,000  | 7,000  |
|           | 011304   | 1,000 Ud   | Fusible cilindrico 2A                         | 3,000  | 3,000  |
|           | 005810   | 1,000 Ud   | Portafusible seccionador unipolar             | 27,300 | 27,300 |
|           | mt354x4  | 0,200 Ud   | Material auxiliar para instalaciones eléct... | 1,480  | 0,296  |
|           | A013H000 | 0,083 h  | Oficial 1ª electricista                       | 19,280 | 1,600  |
|           |          | 3,00%  | Costes indirectos                             | 41,730 | 1,252  |
|           |          | Precio total redondeado por Ud...  |   |        | 42,98  |
|           |          | Son cuarenta y dos euros y noventa y ocho céntimos   |   |        |        |

## CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

| Nº CÓDIGO | Unidad       | Descripción  | Total                                       |         |       |
|-----------|--------------|--|---|---------|-------|
|           |              | 3.OBRA PÚBLICA   |   |         |       |
|           |              | 3.1 Zanjas   |   |         |       |
|           |              | 3.1.1 Excavaciones de zanjas   |   |         |       |
| 3.1.1.1   | EXAZJ70X40   | m³ Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas de dimensiones de 70x40 cm en instalaciones eléctricas, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, bajo nivel freático, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso entibación metálica deslizante para una protección del 100%, mediante paneles de chapa de acero y codales extensibles metálicos, transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.   |   |         |       |
|           | mt08ett10ac  | 0,150 m²   | Apuntalamiento y entibación metálica d...   | 16,330  | 2,450 |
|           | mq01exn020c  | 0,134 h  | Retroexcavadora hidráulica sobre neum...    | 15,450  | 2,070 |
|           | mq12bau030   | 0,250 h  | Bomba autoaspirante eléctrica de agua...    | 2,410   | 0,600 |
|           | A012N000     | 0,095 h  | Oficial 1ª obra pública.                    | 18,65   | 1,772 |
|           | A0140000     | 0,095 h  | Peón ordinario                              | 16,460  | 1,567 |
|           |              | 3,00 %   | Costes indirectos                           | 8,459   | 0,254 |
|           |              | Precio total redondeado por m³...  |   |         | 8,71  |
|           |              | Son ocho euros y setenta y un céntimos   |   |         |       |
|           |              | 3.1.2 Relleno de zanjas  |   |         |       |
| 3.1.2.1   | REAZJ70X40   | m³ Formación de relleno con hormigón HM-12.5, fabricado en central y vertido desde camión. Resto con arena 0/5 mm, en zanjas en las que previamente se han alojado las instalaciones eléctricas y compactación en tongadas sucesivas mediante equipo manual formado por pisón vibrante manual tipo rana, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación, carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos. Incluye: Colocación de cinta o distintivo indicador de la instalación colocada en el fondo de la zanja. Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación. |   |         |       |
|           | mt10hmf011nb | 0,096 m³   | Hormigón no estructural HNE-12,5/B/20, f... | 66,000  | 6,340 |
|           | au00auh020   | 0,001 h  | Canaleta para vertido del hormigón.         | 125,000 | 0,130 |
|           | mt01var010   | 1,000 m  | Cinta plastificada.                         | 0,140   | 0,140 |
|           | mt01ara030   | 0,160 t  | Arena de 0 a 5 mm de diámetro, para re...   | 8,950   | 1,430 |
|           | mq04dua020b  | 0,101 h  | Dumper autocargable de 2 t de carga út...   | 9,250   | 0,930 |
|           | mq02rop020   | 0,250 h  | Pisón vibrante de 80 kg, con placa de 3...  | 8,460   | 2,120 |
|           | mq02cia020   | 0,010 h  | Camión con cuba de agua.                    | 35,980  | 0,360 |
|           | A012N000     | 0,075 h  | Oficial 1ª obra pública.                    | 18,650  | 1,399 |
|           | A014000      | 0,075 h  | Peón ordinario                              | 16,460  | 1,234 |
|           |              | 3,00 %   | Costes indirectos                           | 14,083  | 0,422 |
|           |              | Precio total redondeado por m³...  |   |         | 14,51 |
|           |              | Son catorce euros con cincuenta y uno céntimos   |   |         |       |

### 3.2 Arquetas

|              |              |   |  |         |        |
|--------------|--------------|---|--|---------|--------|
| <b>3.2.1</b> | A60X60       | <p>Ud Arqueta de derivación al punto de luz, de dimensiones interiores 60x60x81 cm, prefabricada de hormigón armado sobre solera de hormigón en masa HM-30 de 15 cm de espesor, con marco y tape de fundición nodular de grafito esferoidal tipo FGE 50-7 y cierre hermético al paso de los olores mefíticos. Incluso excavación mecánica y relleno del trasdós con material granular, conexiones de conducciones y remates. Totalmente montada, conexionada y probada mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>Incluye: Replanteo de la arqueta. Excavación con medios mecánicos. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido y compactación del hormigón en formación de solera. Colocación de la arqueta prefabricada. Formación de agujeros para conexionado de tubos. Empalme y rejuntado de los colectores a la arqueta. Colocación de la tapa y los accesorios. Relleno del trasdós. Eliminación de restos, limpieza final y retirada de escombros. Carga de escombros sobre camión o contenedor. Realización de pruebas de servicio.</p> |  |         |        |
|              | mt10hmf010ag | 0,122 m <sup>3</sup>  | Hormigón HM-30, fabricado en central, ...              | 68,630  | 8,370  |
|              | mt11arh010c  | 1,000 Ud  | Arqueta con fondo, registrable, prefabric...           | 77,010  | 77,010 |
|              | mt11arh020d  | 1,000 Ud  | Marco y tape de fundición nodular de gr...             | 30,810  | 30,810 |
|              | mt01arr010a  | 0,581 t   | Grava de cantera, de 22 mm de diámetro                 | 7,230   | 4,200  |
|              | T00CA0005    | 0,038 Tn  | Arena sin lavar.                                       | 11,580  | 0,440  |
|              | T21263R2     | 2,000 m   | Tubo curvable protector de PE liso, ...                | 2,370   | 4,740  |
|              | mq01ret020a  | 0,250 h   | Retrocargadora sobre neumáticos 75 CV.                 | 36,980  | 9,250  |
|              | A012N000     | 0,503 h   | Oficial 1ª obra pública                                | 18,650  | 9,381  |
|              | A014000      | 0,370 h   | Peón ordinario   | 16,460  | 6,090  |
|              |              | 3,00 %  | Costes indirectos                                      | 150,291 | 4,509  |
|              |              |   | Precio total redondeado por Ud...                      |         | 154,80 |
|              |              |   | Son ciento cincuenta y cuatro euros y ochenta céntimos |         |        |

### 3.3 Cimentaciones

|              |          |   |  |         |         |
|--------------|----------|---|--|---------|---------|
| <b>3.3.1</b> | CIMC9    | Ud Cimentación para columna de 9 metros |  |         |         |
|              | EXC      | 0,972 m <sup>3</sup>                    | Excavación para cimentaciones para co...             | 19,964  | 19,405  |
|              | CSL020   | 0,972 m <sup>3</sup>                    | Encofrado recuperable metálico para ci...            | 26,247  | 25,512  |
|              | RECIMC08 | 1,000 Ud                                | Nivelación y hormigonado de la cimenta...            | 159,619 | 159,619 |
|              |          | 3,00 %                                  | Costes indirectos                                    | 204,536 | 6,136   |
|              |          |   | Precio total redondeado por Ud...                    |         | 210,67  |
|              |          |   | Son doscientos diez euros y sesenta y siete céntimos |         |         |





|       |          |   |  |         |         |
|-------|----------|---|--|---------|---------|
| 3.3.2 | CIMC4/5  | Ud Cimentación para columna de 4 a 5 metros |  |         |         |
|       | EXC      | 0,490 m <sup>3</sup>                        | Excavación para cimentaciones para co...                       | 19,964  | 9,782   |
|       | CSL020   | 0,490 m <sup>3</sup>                        | Encofrado recuperable metálico para ci...                      | 26,247  | 12,861  |
|       | RECIMC08 | 1,000 Ud                                    | Nivelación y hormigonado de la cimenta...                      | 108,669 | 108,669 |
|       |          | 3,00 %                                      | Costes indirectos  | 154,880 | 4,646   |
|       |          |   | Precio total redondeado por Ud...                              |         | 159,53  |
|       |          |   | Son ciento cincuenta y nueve euros y cincuenta y tres céntimos |         |         |

## CUADRO DE PRECIOS Nº 1

| Nº    | Designación   | Importe          |  |
|-------|---|------------------|--|
|       |   | En cifra (euros) | En letra (euros)   |
|       | 1.INSTALACIONES DE ALUMBRADO  |                  |  |
|       | 1.1 Luminarias con un punto de luz  |                  |  |
| 1.1.1 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray  | 1.821,12         | MIL OCHOCIENTOS VEINTIÚN EUROS Y DOCE CÉNTIMOS                           |
| 1.1.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny                                | 1.261,39         | MIL DOSCIENTOS SESENTA Y UN EUROS Y TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS             |
| 1.1.3 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xE080/830 87W sobre columna Savigny                                 | 1.292,29         | MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y DOS EUROS Y VEINTINUEVE CÉNTIMOS                |
| 1.1.4 | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T35 1xE0212-2S/740 DW sobre columna troncocónica de 9 metros          | 3.520,11         | TRES MIL QUINIENTOS VEINTE EUROS Y ONCE CÉNTIMOS                         |
|       | 1.2 Luminarias con dos puntos de luz  |                  |  |
| 1.2.1 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray  | 3.277,54         | TRES MIL DOSCIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS Y CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS  |
| 1.2.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xE080/830 87W sobre columna Savigny                                 | 2.114,23         | DOS MIL CIENTO CATORCE EUROS Y VEINTITRÉS CÉNTIMOS                       |
|       | 1.3 Luminarias con tres puntos de luz   |                  |  |
| 1.3.1 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray  | 4.545,47         | CUATRO MIL QUINIENTOS CUARENTA Y CINCO EUROS Y CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS |
|       | 1.4 Luminarias posadas en fachada   |                  |  |
| 1.4.1 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xE025/830 26,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m | 697,65           | SEISCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS Y SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS             |
| 1.4.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m  | 697,65           | SEISCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS Y SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS             |
| 1.4.3 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xE080/830 87W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m   | 728,55           | SETECIENTOS VEINTIOCHO EUROS Y CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS                |



## CUADRO DE PRECIOS Nº 1

| Nº                         | Designación  | Importe             |  |
|----------------------------|--|---------------------|--|
|                            |  | En cifra<br>(euros) | En letra<br>(euros)                            |
| 2.INSTALACIONES ELÉCTRICAS |  |                     |  |
| 2.2 Cajas de derivación    |  |                     |  |
| 2.2.1                      | Ud. Cajas de derivación a un punto de luz, marca LEGRAND referencia 92126<br><br>Caja estanca plexo cuadrada IP 55 - IK 07, 80 x 80 x 45 mm. Fabricadas en poliestireno . Tapa: Polietileno. Color gris. Temperatura de utilización: -25 ° a +40 ° C(Prueba de 7 días a 70 ° C según CEI 998-2-5). Autoextinguible 650 . Bornes de fabricante LEGRAND para secciones de cable máximas de 10 mm2.<br><br>Incluyen fusibles 2ª, portafusibles, conos prensaestopas y tramo de conductor correspondiente. | 42,98               | CUARENTA Y DOS EUROS Y NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS |



### Cuadro de precios nº 1

| Nº                           | Designación   | Importe             |  |
|------------------------------|---|---------------------|--|
|                              |   | En cifra<br>(euros) | En letra<br>(euros)                      |
| 3.OBRA PÚBLICA               |   |                     |  |
| 3.1 Zanjas                   |   |                     |  |
| 3.1.1 Excavaciones de zanjas |   |                     |  |
| 3.1.1.1                      | m³ Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas de dimensiones de 70x40 cm en instalaciones eléctricas, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, bajo nivel freático, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso entibación metálica deslizante para una protección del 100%, mediante paneles de chapa de acero y codales extensibles metálicos, transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.  | 8,71                | OCHO EUROS Y SETENTA Y UN CÉNTIMOS       |
| 3.1.2 Relleno de zanjas      |   |                     |  |
| 3.1.2.1                      | m³ Formación de relleno con hormigón HM-12.5, fabricado en central y vertido desde camión. Resto con arena 0/5 mm, en zanjas en las que previamente se han alojado las instalaciones eléctricas y compactación en tongadas sucesivas mediante equipo manual formado por pisón vibrante manual tipo rana, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación, carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos.<br><br>Incluye: Colocación de cinta o distintivo indicador de la instalación colocada en el fondo de la zanja. Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación. | 14,51               | CATORCE EUROS Y CINCUENTA Y UNO CÉNTIMOS |

### 3.2 Arquetas

|       |   |        |  |
|-------|---|--------|--|
| 3.2.1 | <p>Ud Arqueta de derivación al punto de luz, de dimensiones interiores 60x60x81 cm, prefabricada de hormigón armado sobre solera de hormigón en masa HM-30 de 15 cm de espesor, con marco y tape de fundición nodular de grafito esferoidal tipo FGE 50-7 y cierre hermético al paso de los olores mefíticos. Incluso excavación mecánica y relleno del trasdós con material granular, conexiones de conducciones y remates. Totalmente montada, conexionada y probada mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).</p> <p>Incluye: Replanteo de la arqueta. Excavación con medios mecánicos. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido y compactación del hormigón en formación de solera. Colocación de la arqueta prefabricada. Formación de agujeros para conexionado de tubos. Empalme y rejuntado de los colectores a la arqueta. Colocación de la tapa y los accesorios. Relleno del trasdós. Eliminación de restos, limpieza final y retirada de escombros. Carga de escombros sobre camión o contenedor. Realización de pruebas de servicio.</p> | 154,80 | CIENTO CINCUENTA Y CUATRO EUROS Y OCHENTA CÉNTIMOS |
|-------|---|--------|--|

### 3.3 Cimentaciones

|       |   |        |  |
|-------|---|--------|--|
| 3.3.1 | Ud Cimentación para columna de 9 metros     | 210,67 | DOSCIENTOS DIEZ EUROS Y SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS           |
| 3.3.2 | Ud Cimentación para columna de 4 a 5 metros | 159,53 | CIENTO CINCUENTA Y NUEVE EUROS Y CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS |



## CUADRO DE PRECIOS Nº 2

| Nº                                   | Designación   | Importe         |               |
|--------------------------------------|---|-----------------|---------------|
|                                      |   | Parcial (euros) | Total (euros) |
| 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO         |   |                 |               |
| 1.1 Luminarias con un punto de luz   |   |                 |               |
| 1.1.1                                | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray  |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 1.762,59        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 53,04           |               |
|                                      |   |                 | 1.821,12      |
| 1.1.2                                | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny                        |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 1.219,16        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 36,74           |               |
|                                      |   |                 | 1.261,39      |
| 1.1.3                                | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xECO80/830 87W sobre columna Savigny                        |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 1.249,16        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 37,74           |               |
|                                      |   |                 | 1.292,29      |
| 1.1.4                                | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T35 1xECO212-2S/740 DW sobre columna troncocónica de 9 metros |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 3.412,09        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 102,53          |               |
|                                      |   |                 | 3.520,11      |
| 1.2 Luminarias con dos puntos de luz |   |                 |               |
| 1.2.1                                | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray  |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 3.176,59        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 95,46           |               |
|                                      |   |                 | 3.277,54      |
| 1.2.2                                | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny                        |                 |               |
|                                      | Mano de obra  | 5,491           |               |
|                                      | Materiales  | 2.047,16        |               |
|                                      | 3 % Costes Indirectos   | 61,58           |               |
|                                      |   |                 | 2.114,23      |



### 1.3 Luminarias con tres puntos de luz

#### 1.3.1 PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| <i>Mano de obra</i>          | 5,491    |
| <i>Materiales</i>            | 4.407,59 |
| <i>3 % Costes Indirectos</i> | 132,39   |
|                              | 4.545,47 |

### 1.4 Luminarias posadas en fachada

#### 1.4.1 PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xECO25/830 26,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| <i>Mano de obra</i>          | 5,491  |
| <i>Materiales</i>            | 671,84 |
| <i>3 % Costes Indirectos</i> | 20,32  |
|                              | 697,65 |

#### 1.4.2 PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| <i>Mano de obra</i>          | 5,491  |
| <i>Materiales</i>            | 671,84 |
| <i>3 % Costes Indirectos</i> | 20,32  |
|                              | 697,65 |

#### 1.4.3 PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xECO80/830 87W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| <i>Mano de obra</i>          | 5,491  |
| <i>Materiales</i>            | 701,84 |
| <i>3 % Costes Indirectos</i> | 21,22  |
|                              | 728,55 |



## Cuadro de precios nº 2

| Nº                                 | Designación   | Importe            |                  |
|------------------------------------|---|--------------------|------------------|
|                                    |   | Parcial<br>(euros) | Total<br>(euros) |
| 2.INSTALACIONES ELÉCTRICAS         |   |                    |                  |
| 2.2 Cajas de colocación en fachada |   |                    |                  |
| 2.2.1                              | Ud. Cajas de derivación a un punto de luz, marca LEGRAND referencia 92126<br>Caja estanca plexo cuadrada IP 55 - IK 07, 80 x 80 x 45 mm. Fabricadas en poliestireno .<br>Tapa: Polietileno. Color gris. Temperatura de utilización: -25 ° a +40 ° C(Prueba de 7 días a 70 ° C según CEI 998-2-5). Autoextinguible 650 . Bornes de fabricante LEGRAND para secciones de cable máximas de 10 mm2.<br>Incluyen fusibles 2ª, portafusibles, conos prensaestopas y tramo de conductor correspondiente. |                    |                  |
|                                    | Mano de obra  | 1,600              |                  |
|                                    | Materiales  | 40,130             |                  |
|                                    | 3 % Costes Indirectos   | 1,252              |                  |
|                                    |   |                    | 42,98            |



## Cuadro de precios nº 2

| Nº      | Designación  | Importe            |                  |
|---------|--|--------------------|------------------|
|         |  | Parcial<br>(euros) | Total<br>(euros) |
|         | <b>3.OBRA PÚBLICA</b>  |                    |                  |
|         | <b>3.1 Zanjas</b>  |                    |                  |
|         | <b>3.1.1 Excavaciones de zanjas</b>  |                    |                  |
| 3.1.1.1 | m <sup>3</sup> Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas de dimensiones de 70x40 cm en instalaciones eléctricas, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, bajo nivel freático, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso entibación metálica deslizante para una protección del 100%, mediante paneles de chapa de acero y codales extensibles metálicos, transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.   |                    |                  |
|         | <i>Mano de obra</i>  | 3,339              |                  |
|         | <i>Maquinaria</i>  | 2,670              |                  |
|         | <i>Materiales</i>  | 2,450              |                  |
|         | <i>3 % Costes Indirectos</i>   | 0,254              |                  |
|         |  |                    | 8,71             |
|         | <b>3.1.2 Relleno de zanjas</b>   |                    |                  |
| 3.1.2.1 | m <sup>3</sup> Formación de relleno con hormigón HM-12.5, fabricado en central y vertido desde camión. Resto con arena 0/5 mm, en zanjas en las que previamente se han alojado las instalaciones eléctricas y compactación en tongadas sucesivas mediante equipo manual formado por pisón vibrante manual tipo rana, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación, carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos.<br>Incluye: Colocación de cinta o distintivo indicador de la instalación colocada en el fondo de la zanja. Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación.  |                    |                  |
|         | <i>Mano de obra</i>  | 2,633              |                  |
|         | <i>Maquinaria</i>  | 3,410              |                  |
|         | <i>Materiales</i>  | 7,910              |                  |
|         | <i>Resto de Obra</i>   | 0,130              |                  |
|         | <i>3 % Costes Indirectos</i>   | 0,422              |                  |
|         |  |                    | 14,51            |
|         | <b>3.2 Arquetas</b>  |                    |                  |
| 3.2.1   | Ud Arqueta de derivación dimensiones interiores 60x60x81 cm, prefabricada de hormigón armado sobre solera de hormigón en masa HM-30 de 22 mm de espesor, con marco y tape de fundición nodular de grafito esferoidal tipo FGE 50-7 y cierre hermético al paso de los olores mefíticos. Incluso excavación mecánica y relleno del trasdós con material granular, conexiones de conducciones y remates. Totalmente montada, conexionada y probada mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio). Incluye: Replanteo de la arqueta. Excavación con medios mecánicos. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido y compactación del hormigón en formación de solera. Colocación de la arqueta prefabricada. Formación de agujeros para conexionado de tubos. Empalme y rejuntado de los colectores a la arqueta. Colocación de la tapa y los accesorios. Relleno del trasdós. Eliminación de restos, limpieza |                    |                  |



|       |   |         |
|-------|---|---------|
|       | final y retirada de escombros. Carga de escombros sobre camión o contenedor.<br>Realización de pruebas de servicio. |         |
|       | <i>Mano de obra</i>   | 15,471  |
|       | <i>Maquinaria</i>   | 9,250   |
|       | <i>Materiales</i>   | 125,57  |
|       | <i>3 % Costes Indirectos</i>  | 4,509   |
|       |   | 154,80  |
|       | <b>3.3 Cimentaciones</b>  |         |
| 3.3.1 | Ud Cimentación para columna de 9 metros   |         |
|       | <i>Mano de obra</i>   | 59,323  |
|       | <i>Maquinaria</i>   | 11,433  |
|       | <i>Materiales</i>   | 135,074 |
|       | <i>3 % Costes Indirectos</i>  | 6,136   |
|       |   | 210,67  |
| 3.3.2 | Ud Cimentación para columna de 4 a 5 metros   |         |
|       | <i>Mano de obra</i>   | 59,323  |
|       | <i>Maquinaria</i>   | 11,433  |
|       | <i>Materiales</i>   | 84,124  |
|       | <i>3 % Costes Indirectos</i>  | 4,646   |
|       |   | 159,53  |



## PRESUPUESTO PARCIAL Nº 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO

| Nº    | DESCRIPCION  | UNIDADES | PRECIO   | IMPORTE    |
|-------|--|----------|----------|------------|
|       | <i>1.1 Luminarias con un punto de luz</i>  |          |          |            |
| 1.1.1 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray   | 41,000   | 1.261,39 | 51.716,99  |
| 1.1.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W sobre columna Savigny                                 | 10,000   | 1.261,39 | 12.613,90  |
| 1.1.3 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xECO80/830 87W sobre columna Savigny                                 | 70,000   | 1.292,29 | 100.798,62 |
| 1.1.4 | PHILIPS Iridium <sup>2</sup> LED Large BGP353 T35 1xECO212-2S/740 DW sobre columna troncocónica de 9 metros          | 39,000   | 3.520,11 | 137.284,29 |
|       | <i>1.2 Luminarias con dos puntos de luz</i>  |          |          |            |
| 1.2.1 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray   | 37,000   | 3.277,54 | 121.268,98 |
| 1.2.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xECO80/830 87W sobre columna Savigny                                 | 8,000    | 2.114,23 | 16.913,84  |
|       | <i>1.3 Luminarias con tres puntos de luz</i>   |          |          |            |
| 1.3.1 | PHILIPS Farol Fernandino LED HPB455 ECO 87W sobre columna Avaray   | 39,000   | 4.545,47 | 177.273,33 |
|       | <i>1.4 Luminarias posadas en fachada</i>   |          |          |            |
| 1.4.1 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 12xECO25/830 26,1W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m | 78,000   | 697,65   | 54.416,70  |
| 1.4.2 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 36xGRN57/830 56W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m   | 85,000   | 697,65   | 59.300,25  |
| 1.4.3 | PHILIPS Jargeau 400 gen2 LED modelo BGP641 FG 40xECO80/830 87W con brazo de fijación a fachada tipo mural de 0.6 m   | 112,000  | 728,55   | 81.597,60  |



## PRESUPUESTO PARCIAL Nº 2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

| Nº    | DESCRIPCION  | UNIDADES | PRECIO | IMPORTE   |
|-------|--|----------|--------|-----------|
|       | <i>2.INSTALACIONES ELÉCTRICAS</i>  |          |        |           |
|       | <i>2.1 Cajas de derivación</i>   |          |        |           |
| 2.1.1 | Ud. Cajas de derivación a un punto de luz, marca LEGRAND referencia 92126<br><br>Caja estanca plexo cuadrada IP 55 - IK 07, 80 x 80 x 45 mm. Fabricadas en poliestireno . Tapa: Polietileno. Color gris. Temperatura de utilización: -25 ° a +40 ° C(Prueba de 7 días a 70 ° C según CEI 998-2-5). Autoextinguible 650 . Bornes de fabricante LEGRAND para secciones de cable máximas de 10 mm <sup>2</sup> .<br><br>Incluyen fusibles 2 <sup>a</sup> , portafusibles, conos prensaestopas y tramo de conductor correspondiente. | 519,000  | 42,98  | 22.306,62 |

## PRESUPUESTO PARCIAL Nº 3 OBRA PÚBLICA

| Nº      | DESCRIPCION  | UNIDADES | PRECIO | IMPORTE   |
|---------|--|----------|--------|-----------|
|         | <i>3.1 Zanjas</i>  |          |        |           |
|         | <i>3.1.1 Excavaciones de zanjas</i>  |          |        |           |
| 3.1.1.1 | m <sup>3</sup> Excavación de tierras a cielo abierto para formación de zanjas de dimensiones de 70x40 cm en instalaciones eléctricas, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, bajo nivel freático, hasta alcanzar la cota de profundidad indicada en el Proyecto. Incluso entibación metálica deslizante para una protección del 100%, mediante paneles de chapa de acero y codales extensibles metálicos, transporte de la maquinaria, refinado de paramentos y fondo de excavación, extracción de tierras fuera de la excavación, retirada de los materiales excavados y carga a camión.   | 1.034,04 | 8,71   | 9.006,49  |
|         | <i>3.1.2 Relleno de zanjas</i>   |          |        |           |
| 3.1.2.1 | m <sup>3</sup> Formación de relleno con hormigón HM-12.5, fabricado en central y vertido desde camión. Resto con arena 0/5 mm, en zanjas en las que previamente se han alojado las instalaciones eléctricas y compactación en tongadas sucesivas mediante equipo manual formado por pisón vibrante manual tipo rana, hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501. Incluso cinta o distintivo indicador de la instalación, carga, transporte y descarga a pie de tajo de los áridos a utilizar en los trabajos de relleno y humectación de los mismos.<br><br>Incluye: Colocación de cinta o distintivo indicador de la instalación colocada en el fondo de la zanja. Extendido del material de relleno en tongadas de espesor uniforme. Humectación o desecación de cada tongada. Compactación.  | 1.034,04 | 14,51  | 15.003,92 |
|         | <i>3.2 Arquetas</i>  |          |        |           |
| 3.2.1   | Ud Arqueta de derivación al punto de luz, de dimensiones interiores 60x60x81 cm, prefabricada de hormigón armado sobre solera de hormigón en masa HM-30 de 15 cm de espesor, con marco y tape de fundición nodular de grafito esferoidal tipo FGE 50-7 y cierre hermético al paso de los olores mefíticos. Incluso excavación mecánica y relleno del trasdós con material granular, conexiones de conducciones y remates. Totalmente montada, conexionada y probada mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).<br><br>Incluye: Replanteo de la arqueta. Excavación con medios mecánicos. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido y compactación del hormigón en formación de solera. Colocación de la arqueta prefabricada. Formación de agujeros para conexionado de tubos. Empalme y rejuntado de los colectores a la arqueta. Colocación de la tapa y los accesorios. Relleno del trasdós. Eliminación de restos, limpieza final y retirada de escombros. Carga de escombros sobre camión o contenedor. Realización de pruebas de servicio. | 244,000  | 154,80 | 37.771,20 |



---

3.3 Cimentaciones

|       |   |         |        |           |
|-------|---|---------|--------|-----------|
| 3.3.1 | Ud Cimentación para columna de 9 metros     | 39,000  | 210,67 | 8.216,13  |
| 3.3.2 | Ud Cimentación para columna de 4 a 5 metros | 205,000 | 159,53 | 32.703,65 |

---

RESUMEN POR CAPITULOS

|   |            |
|---|------------|
| CAPITULO INSTALACIONES DE ALUMBRADO   | 813.184,50 |
| CAPITULO INSTALACIONES ELÉCTRICAS   | 22.306,62  |
| CAPITULO OBRA CIVIL   | 102.701,39 |
| PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL.....  | 938.192,51 |
| EL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL ASCIENDE A LA CANTIDAD DE NOVECIENTOS TREINTA Y OCHO MIL CIENTO NOVENTA Y DOS EUROS Y CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS. |            |

**Proyecto: INSTALACIÓN ALUMBRADO PÚBLICO  
(ESTUDIO II.II)**

|  | Importe      |
|--|--------------|
| <b>Capítulo 1 INSTALACIONES DE ALUMBRADO</b>   | 813.184,50   |
| Capítulo 1.1 Luminarias con un punto de luz  | 302.413,80   |
| Capítulo 1.2 Luminarias con dos puntos de luz  | 138.182,82   |
| Capítulo 1.3 Luminarias con tres puntos de luz   | 177.273,33   |
| Capítulo 1.4 Luminarias posadas en fachada   | 195.314,55   |
| <b>Capítulo 2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>   | 22.306,62    |
| Capítulo 2.1 Cajas de colocación en fachada  | 22.306,62    |
| <b>Capítulo 3 OBRA CIVIL</b>   | 102.701,39   |
| Capítulo 3.1 Zanjas  | 24.010,41    |
| Capítulo 3.1.1 Excavación de zanjas  | 9.006,49     |
| Capítulo 3.1.2 Relleno de zanjas   | 15.003,92    |
| Capítulo 3.2 Arquetas  | 37.771,20    |
| Capítulo 3.3 Cimentaciones   | 40.919,78    |
| Presupuesto de ejecución material  | 938.192,51   |
| 13% de gastos generales  | 121.965,03   |
| 6% de beneficio industrial   | 56.291,55    |
| Suma   | 1.116.449,09 |
| 21% IVA  | 234.454,31   |
| Presupuesto de ejecución por contrata  | 1.350.903,40 |
| Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de <b>UN MILLÓN TRESCIENTOS CINCUENTA MIL NOVECIENTOS TRES EUROS Y CUARENTA CÉNTIMOS</b> |              |



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad** Zaragoza



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Estudio de viabilidad económica y eficiencia  
energética en una instalación de alumbrado público  
del Casco Antiguo de Zaragoza

## Anexo V. Interpolación lineal

Autor:

Gabriel Gallo Stampino Martínez-Berganza

Director:

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2015







## Tabla de contenido

|                              |   |
|------------------------------|---|
| 1- INTRODUCCIÓN .....        | 2 |
| 2- INTERPOLACIÓN LINEAL..... | 2 |

## 1- INTRODUCCIÓN

En el presente anexo se detallan las tablas referentes a la interpolación lineal que se ha implementado en el programa Excel por medio de vínculos con las tablas de cálculo de eficiencia energética detalladas en *Anexo I. Cálculos luminotécnicos*.

## 2- INTERPOLACIÓN LINEAL

Dada la complejidad y con motivo de eliminar cualquier error por edición o modificación de datos se ha seguido el sistema de vínculos de forma que los datos de iluminancia media y eficiencia energética fueran reproducidos en estas tablas, y que a expensas de una posible modificación, pudiera modificarse todo el cálculo sin necesidad de volver a introducir datos ni ecuaciones. Las modificaciones por tanto no se darían en estas tablas.

La interpolación lineal sigue la siguiente ecuación:

$$y_x = y_o + \frac{x - x_o}{x_1 - x_o} (y_1 - y_o)$$

*Ecuación 1- Ecuación característica de una interpolación lineal.*

Se emplearán las funciones Índice y Coincidir para establecer las referencias oportunas en las *tablas 4 y 5 del Anexo I. Cálculos luminotécnicos*. Con ello se podrá comparar el valor de entrada (iluminancia media,  $E_m$ ) con la tabla y establecer sus valores superior ( $x_1$ ) e inferior ( $x_o$ ). En este caso la columna de  $E_m$  de ambas tablas será la variable  $x$  y la columna de  $\epsilon_R$  será la variable  $y$ . el término de consecución será el  $y_x$ , que vendrá posteriormente tratado en la ecuación de calificación energética (*ver ec.12, Anexo I. Cálculos luminotécnicos*) para alcanzar la solución final. Se realizará una tabla por cada catalogación como sigue:

1. Por selección de superficie de cálculo: Calzada o ancho de calle total.
2. Por interdistancia: Mínima o máxima.
3. Por Estudio: 0, I, II.I y II.II.

|   |       |      |   |    |        |    |        |              |      |      |
|---|-------|------|---|----|--------|----|--------|--------------|------|------|
| =SI(Estudios!B17="DE";INDICE(\$H\$5:\$H\$9;\$D35+1);SI(Estudios!B17="AB";INDICE(\$L\$5:\$L\$10;\$D35+1);"Error")) |       |      |   |    |        |    |        |              |      |      |
| =SI(Estudios!B17="DE";INDICE(\$H\$5:\$H\$9;\$D35);SI(Estudios!B17="AB";INDICE(\$L\$5:\$L\$10;\$D35);"Error"))     |       |      |   |    |        |    |        |              |      |      |
| =SI(Estudios!B17="DE";INDICE(\$F\$5:\$F\$9;\$D35+1);SI(Estudios!B17="AB";INDICE(\$J\$5:\$J\$10;\$D35+1);"Error")) |       |      |   |    |        |    |        |              |      |      |
| =SI(Estudios!B17="DE";INDICE(\$F\$5:\$F\$9;\$D35);SI(Estudios!B17="AB";INDICE(\$J\$5:\$J\$10;\$D35);"Error"))     |       |      |   |    |        |    |        |              |      |      |
| C.2.1   | 16,00 | 6,33 | 4 | 15 | 20     | 11 | 13     | 11,40        | 0,56 | 1,80 |
| C.2.2   | 22,52 | 6,24 | 5 | 20 | #!REF! | 13 | #!REF! | 13,00        | 0,48 | 2,08 |
| C.2.3   | 20,34 | 6,29 | 5 | 20 | #!REF! | 13 | #!REF! | 13,00        | 0,48 | 2,07 |
| C.2.4   | 13,96 | 4,50 | 3 | 10 | 15     | 9  | 11     | \$B35>=20;13 | 0,43 | 2,35 |
| C.2.5   | 16,59 | 5,96 | 4 | 15 | 20     | 11 | 13     | 11,64        | 0,51 | 1,95 |

TABLA 2- ITC-EA 01 Para Alumbrado vial ambiental

| Valores de Em extraídos de ITC-EA 01 | Valores de eR extraídos de ITC-EA 01 |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 5                                    | 7,5                                  |
| 10                                   | 10                                   |
| 15                                   | 15                                   |
| 20                                   | 20                                   |

TABLA 1- ITC-EA 01 Para Alumbrado vial funcional

| Valores de Em extraídos de ITC-EA 01 | Valores de eR extraídos de ITC-EA 01 |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 7,5                                  | 9,5                                  |
| 10                                   | 12                                   |
| 15                                   | 15                                   |
| 20                                   | 17,5                                 |
| 25                                   | 20                                   |
| 30                                   | 22                                   |

Tabla 1- Ecuaciones para hallar los valores x0,x1,y0 e y1 empleados en la interpolación lineal.

|    |  |                |              |          |   |                |   |                |                |      |
|----|--|----------------|--------------|----------|---|----------------|---|----------------|----------------|------|
| SI | :  | $\times$       | $\checkmark$ | $f_x$    | =SI(Estudios!B17="DE";SI(\$B35<5;5;SI(\$B35>=20;13;(G35+((B35-E35)/(F35-E35))*(H35-G35)));SI(Estudios!B17="AB";SI(\$B35<7,5;9,5;SI(\$B35>30;22;(G35+((B35-E35)/(F35-E35))*(H35-G35)));"Error")) |                |   |                |                |      |
| A  | B  | C              | D            | E        | F   | G              | SI(prueba_lógica; [valor_si_verdadero]; [valor_si_falso]) |                |                |      |
| 18 |  |                |              |          |   |                |   |                |                |      |
| 19 | CÁLCULOS ESTUDIO 0 (Calzada MIN) (C1.1)  |                |              |          |   |                |   |                |                |      |
| 20 | TIPOLOGIA ESTUDIO 0  | E <sub>m</sub> | ε            | Posición | x <sub>0</sub>  | x <sub>1</sub> | y <sub>0</sub>  | y <sub>1</sub> | ε <sub>R</sub> | ICE  |
| 21 |  | -              | -            | #N/A     | #N/A  | #N/A           | #N/A  | #N/A           | 13.00          | -    |
| 22 | =SI(Estudios!B17="DE";SI(\$B35<5;5;SI(\$B35>=20;13;(G35+((B35-E35)/(F35-E35))*(H35-G35))));SI(Estudios!B17="AB";SI(\$B35<7,5;9,5;SI(\$B35>30;22;(G35+((B35-E35)/(F35-E35))*(H35-G35)));"Error")) |                |              |          |   |                |   |                |                |      |
| 23 |  |                |              |          |   |                |   |                |                |      |
| 24 |  |                |              |          |   |                |   |                |                |      |
| 25 |  |                |              |          |   |                |   |                |                |      |
| 26 |  |                |              |          |   |                |   |                |                |      |
| 27 |  |                |              |          |   |                |   |                |                |      |
| 28 | C.2.1  | 16,00          | 6,33         | 4        | 15  | 20             | 11  |                | 11,40          | 0,56 |
| 29 | C.2.2  | 22,52          | 6,24         | 5        | 20  | #¡REF!         | 13  | #¡REF!         | 13,00          | 0,48 |
| 30 | C.2.3  | 20,34          | 6,29         | 5        | 20  | #¡REF!         | 13  | #¡REF!         | 13,00          | 0,48 |
| 31 | C.2.4  | 13,96          | 4,50         | 3        | 10  | 15             | 9   | 11             | \$B35>=20;13   | 0,43 |
| 32 | C.2.5  | 16,59          | 5,96         | 4        | 15  | 20             | 11  | 13             | 11,64          | 0,51 |

Tabla 2- Implementación de la interpolación lineal por tipología.

Se detallan a continuación las tablas empleadas para todos los cálculos de la eficiencia de referencia

$\epsilon_R$ , y la calificación energética por tipología.

| CÁLCULOS ESTUDIO 0 (Calzada MIN) (C1.1) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |      |
|---|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0                     | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE  |
| A.2.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.5                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.5                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| C.2.1                                   | 16,00 | 6,33       | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,40        | 0,56        | 1,80 |
| C.2.2                                   | 22,52 | 6,24       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,48        | 2,08 |
| C.2.3                                   | 20,34 | 6,29       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,48        | 2,07 |
| C.2.4                                   | 13,96 | 4,50       | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,58        | 0,43        | 2,35 |
| C.2.5                                   | 16,59 | 5,96       | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,64        | 0,51        | 1,95 |
| A.1.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.1.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| C.1.1                                   | 73,08 | 5,51       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,42        | 2,36 |
| C.1.2                                   | 32,53 | 9,02       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,69        | 1,44 |
| C.1.3                                   | 35,16 | 7,17       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,55        | 1,81 |
| C.1.4                                   | 15,31 | 6,66       | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,12        | 0,60        | 1,67 |

| CÁLCULOS ESTUDIO 0 (Calzada MIN) (C1.1) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |      |
|---|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0                     | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE  |
| D1.1                                    | 37,00 | 15,71      | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,71        | 1,40 |
| D1.2                                    | 38,00 | 16,72      | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,76        | 1,32 |
| D1.3                                    | 44,50 | 16,50      | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,75        | 1,33 |
| D2                                      | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13           | -           | -    |
| D3                                      | 47,31 | 3,30       | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,15        | 6,66 |
| D4                                      | 50,00 | 5,37       | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,24        | 4,09 |
| D5                                      | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13           | -           | -    |
| D6                                      | 12,00 | 3,06       | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,8          | 0,31        | 3,20 |
| D7                                      | 22,76 | 5,67       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 0,44        | 2,29 |
| D8                                      | 35,41 | 4,91       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 0,38        | 2,65 |

Tabla 3- Interpolación de tipología del Estudio 0, sólo calzada e interdistancia mínima.

| CÁLCULOS ESTUDIO 0 (Calzada MAX) (C1.2) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |      |
|---|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0                     | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE  |
| A.2.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.5                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.5                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| C.2.1                                   | 41,81 | 5,71       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,44        | 2,28 |
| C.2.2                                   | 72,12 | 6,09       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,47        | 2,14 |
| C.2.3                                   | 52,91 | 6,16       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,47        | 2,11 |
| C.2.4                                   | 50,98 | 4,58       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,35        | 2,84 |
| C.2.5                                   | 67,49 | 5,86       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,45        | 2,22 |
| A.1.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.1.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| C.1.1                                   | 92,68 | 6,32       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,49        | 2,06 |
| C.1.2                                   | 44,77 | 9,01       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,69        | 1,44 |
| C.1.3                                   | 75,81 | 7,09       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,55        | 1,83 |
| C.1.4                                   | 32,99 | 6,76       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,52        | 1,92 |

| CÁLCULOS ESTUDIO 0 (Calzada MAX) (C1.2) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |       |
|---|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|-------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0                     | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE   |
| D1.1                                    | 69,00 | 15,50      | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,704       | 1,420 |
| D1.2                                    | 41,00 | 16,95      | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,771       | 1,298 |
| D1.3                                    | 59,50 | 16,59      | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,754       | 1,326 |
| D2                                      | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13           | -           | -     |
| D3                                      | 74,02 | 3,29       | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,149       | 6,696 |
| D4                                      | 79,00 | 5,29       | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,241       | 4,158 |
| D5                                      | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13           | -           | -     |
| D6                                      | 20,00 | 3,06       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 0,235       | 4,247 |
| D7                                      | 63,47 | 5,64       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 0,434       | 2,303 |
| D8                                      | 47,14 | 5,09       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 0,392       | 2,552 |

Tabla 4- Interpolación de tipología del Estudio 0, sólo calzada e interdistancia máxima.

| CÁLCULOS ESTUDIO 0 (Real MIN) (C2.1) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |      |
|--------------------------------------|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0                  | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE  |
| A.2.1                                | 10,83 | 6,54       | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,33         | 0,70        | 1,43 |
| A.2.2                                | 10,02 | 7,00       | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,01         | 0,78        | 1,29 |
| A.2.3                                | 8,07  | 8,52       | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,46         | 1,14        | 0,88 |
| A.2.4                                | 16,12 | 9,31       | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,45        | 0,81        | 1,23 |
| A.2.5                                | 9,03  | 10,34      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,22         | 1,26        | 0,80 |
| B.2.1                                | 9,34  | 6,89       | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,47         | 0,81        | 1,23 |
| B.2.2                                | 8,77  | 8,03       | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,02         | 1,00        | 1,00 |
| B.2.3                                | 9,50  | 8,52       | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,60         | 0,99        | 1,01 |
| B.2.4                                | 7,94  | 9,25       | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,35         | 1,26        | 0,79 |
| B.2.5                                | 17,70 | 12,23      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,08        | 1,01        | 0,99 |
| C.2.1                                | 14,36 | 7,37       | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,74        | 0,69        | 1,46 |
| C.2.2                                | 18,65 | 8,46       | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,46        | 0,68        | 1,47 |
| C.2.3                                | 15,11 | 9,59       | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,04        | 0,87        | 1,15 |
| C.2.4                                | 13,40 | 10,12      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,36        | 0,98        | 1,02 |
| C.2.5                                | 11,98 | 12,90      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,79         | 1,32        | 0,76 |
| A.1.1                                | 59,34 | 16,84      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 1,30        | 0,77 |
| A.1.2                                | 7,52  | 13,82      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,02         | 1,97        | 0,51 |
| B.1.1                                | 10,66 | 10,37      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,26         | 1,12        | 0,89 |
| B.1.2                                | 18,10 | 15,17      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,24        | 1,24        | 0,81 |
| B.1.3                                | 19,98 | 11,25      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,99        | 0,87        | 1,15 |
| B.1.4                                | 22,53 | 15,75      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 1,21        | 0,83 |
| C.1.1                                | 54,17 | 9,93       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,76        | 1,31 |
| C.1.2                                | 28,25 | 17,63      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 1,36        | 0,74 |
| C.1.3                                | 22,74 | 13,66      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 1,05        | 0,95 |
| C.1.4                                | 15,61 | 15,27      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,24        | 1,36        | 0,74 |

| CÁLCULOS ESTUDIO 0 (Real MIN) (C2.1) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |       |
|--------------------------------------|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|-------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0                  | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE   |
| D1.1                                 | 24,53 | 28,92      | 4        | 20    | 25     | 17,5  | 20     | 19,76625     | 1,463       | 0,683 |
| D1.2                                 | 28,10 | 24,94      | 5        | 25    | 30     | 20    | 22     | 21,241       | 1,174       | 0,852 |
| D1.3                                 | 33,20 | 30,14      | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 1,370       | 0,730 |
| D2                                   | 80,87 | 24,60      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 1,893       | 0,528 |
| D3                                   | 44,01 | 10,74      | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,488       | 2,048 |
| D4                                   | 46,09 | 8,96       | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,407       | 2,455 |
| D5                                   | 34,89 | 9,17       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 0,705       | 1,418 |
| D6                                   | 14,14 | 12,36      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,6576      | 1,160       | 0,862 |
| D7                                   | 14,92 | 10,53      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,969332    | 0,960       | 1,041 |
| D8                                   | 30,59 | 9,04       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 0,695       | 1,438 |

Tabla 5- Interpolación de tipología del Estudio 0, ancho de calle e interdistancia mínima.

| CÁLCULOS ESTUDIO 0 (Real MAX) (C2.2) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |      |
|--------------------------------------|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0               | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE  |
| A.2.1                                | 25,24 | 6,08       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,47        | 2,14 |
| A.2.2                                | 27,80 | 6,56       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,50        | 1,98 |
| A.2.3                                | 23,68 | 8,13       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,63        | 1,60 |
| A.2.4                                | 26,96 | 9,74       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,75        | 1,33 |
| A.2.5                                | 18,79 | 10,49      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,52        | 0,84        | 1,19 |
| B.2.1                                | 30,39 | 6,58       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,51        | 1,97 |
| B.2.2                                | 27,57 | 7,66       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,59        | 1,70 |
| B.2.3                                | 23,68 | 8,20       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,63        | 1,59 |
| B.2.4                                | 35,72 | 8,91       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,69        | 1,46 |
| B.2.5                                | 21,22 | 12,12      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,93        | 1,07 |
| C.2.1                                | 36,55 | 6,83       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,53        | 1,90 |
| C.2.2                                | 58,71 | 8,40       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,65        | 1,55 |
| C.2.3                                | 40,32 | 9,14       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,70        | 1,42 |
| C.2.4                                | 50,14 | 10,04      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,77        | 1,29 |
| C.2.5                                | 51,13 | 12,09      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,93        | 1,08 |
| A.1.1                                | 59,34 | 16,84      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,30        | 0,77 |
| A.1.2                                | 12,81 | 12,98      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,12        | 1,28        | 0,78 |
| B.1.1                                | 32,76 | 9,81       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,75        | 1,32 |
| B.1.2                                | 23,44 | 15,62      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,20        | 0,83 |
| B.1.3                                | 21,73 | 11,21      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,86        | 1,16 |
| B.1.4                                | 24,33 | 15,80      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,22        | 0,82 |
| C.1.1                                | 71,57 | 10,93      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,84        | 1,19 |
| C.1.2                                | 38,29 | 17,88      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,38        | 0,73 |
| C.1.3                                | 50,55 | 13,11      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,01        | 0,99 |
| C.1.4                                | 35,31 | 14,76      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,14        | 0,88 |

| CÁLCULOS ESTUDIO 0 (Real MAX) (C2.2) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |       |
|--------------------------------------|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|-------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0               | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE   |
| D1.1                                 | 45,38 | 28,77      | 6        | 30    | #¡REF! | 22    | #¡REF! | 22           | 1,308       | 0,765 |
| D1.2                                 | 30,58 | 25,08      | 6        | 30    | #¡REF! | 22    | #¡REF! | 22           | 1,140       | 0,877 |
| D1.3                                 | 55,68 | 24,17      | 6        | 30    | #¡REF! | 22    | #¡REF! | 22           | 1,099       | 0,910 |
| D2                                   | 80,87 | 24,60      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 1,893       | 0,528 |
| D3                                   | 70,17 | 10,48      | 6        | 30    | #¡REF! | 22    | #¡REF! | 22           | 0,476       | 2,100 |
| D4                                   | 70,27 | 9,14       | 6        | 30    | #¡REF! | 22    | #¡REF! | 22           | 0,416       | 2,406 |
| D5                                   | 45,01 | 9,48       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 0,729       | 1,372 |
| D6                                   | 32,30 | 9,02       | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 0,694       | 1,441 |
| D7                                   | 41,29 | 10,58      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 0,813       | 1,229 |
| D8                                   | 37,97 | 10,06      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 0,774       | 1,292 |

Tabla 6- Interpolación de tipología del Estudio 0, ancho de calle e interdistancia máxima.



| CÁLCULOS ESTUDIO I (Calzada MIN) (C1.1) |       |            |          |       |       |       |       |              |             |      |
|---|-------|------------|----------|-------|-------|-------|-------|--------------|-------------|------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0                  | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$ | $y_0$ | $y_1$ | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE  |
| A.2.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| A.2.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| A.2.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| A.2.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| A.2.5                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| B.2.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| B.2.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| B.2.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| B.2.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| B.2.5                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| C.2.1                                   | 10,13 | 16,69      | 3        | 10    | 15    | 9     | 11    | 9,05         | 1,84        | 0,54 |
| C.2.2                                   | 13,15 | 15,77      | 3        | 10    | 15    | 9     | 11    | 10,26        | 1,54        | 0,65 |
| C.2.3                                   | 7,93  | 10,73      | 2        | 7,5   | 10    | 7     | 9     | 7,34         | 1,46        | 0,68 |
| C.2.4                                   | 10,05 | 9,48       | 3        | 10    | 15    | 9     | 11    | 9,02         | 1,05        | 0,95 |
| C.2.5                                   | 10,30 | 10,52      | 3        | 10    | 15    | 9     | 11    | 9,12         | 1,15        | 0,87 |
| A.1.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| A.1.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| B.1.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| B.1.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| B.1.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| B.1.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A  | #N/A  | #N/A  | 13,00        | -           | -    |
| C.1.1                                   | 12,51 | 10,28      | 3        | 10    | 15    | 9     | 11    | 10,00        | 1,03        | 0,97 |
| C.1.2                                   | 14,27 | 8,70       | 3        | 10    | 15    | 9     | 11    | 10,71        | 0,81        | 1,23 |
| C.1.3                                   | 14,23 | 12,85      | 3        | 10    | 15    | 9     | 11    | 10,69        | 1,20        | 0,83 |
| C.1.4                                   | 13,95 | 17,55      | 3        | 10    | 15    | 9     | 11    | 10,58        | 1,66        | 0,60 |

| CÁLCULOS ESTUDIO I (Calzada MIN) (C1.1) |       |            |          |       |         |       |         |              |             |       |
|---|-------|------------|----------|-------|---------|-------|---------|--------------|-------------|-------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0                  | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$   | $y_0$ | $y_1$   | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE   |
| D1.1                                    | 29,00 | 28,80      | 5        | 25    | 30      | 20    | 22      | 21,6         | 1,334       | 0,750 |
| D1.2                                    | 27,00 | 28,24      | 5        | 25    | 30      | 20    | 22      | 20,8         | 1,358       | 0,736 |
| D1.3                                    | 28,00 | 25,15      | 5        | 25    | 30      | 20    | 22      | 21,2         | 1,187       | 0,843 |
| D2                                      | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A    | #N/A  | #N/A    | 13           | -           | -     |
| D3                                      | 30,43 | 7,49       | 6        | 30    | #i REF! | 22    | #i REF! | 22           | 0,341       | 2,937 |
| D4                                      | 27,00 | 15,81      | 5        | 25    | 30      | 20    | 22      | 20,8         | 0,760       | 1,315 |
| D5                                      | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A    | #N/A  | #N/A    | 13           | -           | -     |
| D6                                      | 14,00 | 13,41      | 3        | 10    | 15      | 9     | 11      | 10,6         | 1,265       | 0,791 |
| D7                                      | 14,61 | 13,55      | 3        | 10    | 15      | 9     | 11      | 10,844       | 1,249       | 0,800 |
| D8                                      | 16,67 | 13,15      | 4        | 15    | 20      | 11    | 13      | 11,668       | 1,127       | 0,887 |

Tabla 7- Interpolación de tipología del Estudio I, sólo calzada e interdistancia mínima.

| CÁLCULOS ESTUDIO I (Calzada MAX) (C1.2) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |      |
|---|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0                  | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE  |
| A.2.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.2.5                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.2.5                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| C.2.1                                   | 24,72 | 16,12      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 1,24        | 0,81 |
| C.2.2                                   | 40,88 | 15,85      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 1,22        | 0,82 |
| C.2.3                                   | 20,23 | 10,71      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,82        | 1,21 |
| C.2.4                                   | 37,42 | 9,46       | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,73        | 1,37 |
| C.2.5                                   | 41,50 | 10,44      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,80        | 1,24 |
| A.1.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| A.1.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.1                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.2                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.3                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| B.1.4                                   | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13,00        | -           | -    |
| C.1.1                                   | 17,99 | 10,39      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,20        | 0,85        | 1,17 |
| C.1.2                                   | 19,34 | 8,83       | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,74        | 0,69        | 1,44 |
| C.1.3                                   | 30,47 | 12,81      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 0,99        | 1,02 |
| C.1.4                                   | 30,29 | 17,68      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 1,36        | 0,74 |

| CÁLCULOS ESTUDIO I (Calzada MAX) (C1.2) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |       |
|---|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|-------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0                  | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE   |
| D1.1                                    | 53,00 | 29,00      | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 1,318       | 0,759 |
| D1.2                                    | 29,00 | 28,76      | 5        | 25    | 30     | 20    | 22     | 21,6         | 1,332       | 0,751 |
| D1.3                                    | 38,00 | 24,93      | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 1,133       | 0,883 |
| D2                                      | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13           | -           | -     |
| D3                                      | 45,98 | 7,71       | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,351       | 2,853 |
| D4                                      | 41,00 | 16,20      | 6        | 30    | #iREF! | 22    | #iREF! | 22           | 0,736       | 1,358 |
| D5                                      | -     | -          | #N/A     | #N/A  | #N/A   | #N/A  | #N/A   | 13           | -           | -     |
| D6                                      | 24,00 | 13,03      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 1,003       | 0,997 |
| D7                                      | 41,58 | 13,22      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 1,017       | 0,983 |
| D8                                      | 22,27 | 13,60      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 1,046       | 0,956 |

Tabla 8- Interpolación de tipología del Estudio I, sólo calzada e interdistancia máxima.

| CÁLCULOS ESTUDIO I (Real MIN) (C2.1) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |      |
|--------------------------------------|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0                  | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE  |
| A.2.1                                | 9,81  | 12,40      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,85         | 1,40        | 0,71 |
| A.2.2                                | 9,58  | 13,83      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,66         | 1,60        | 0,63 |
| A.2.3                                | 8,35  | 18,68      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,68         | 2,43        | 0,41 |
| A.2.4                                | 16,23 | 21,55      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,49        | 1,87        | 0,53 |
| A.2.5                                | 10,43 | 27,10      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,17         | 2,95        | 0,34 |
| B.2.1                                | 8,89  | 13,87      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,11         | 1,71        | 0,59 |
| B.2.2                                | 8,92  | 17,23      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,14         | 2,12        | 0,47 |
| B.2.3                                | 9,76  | 18,68      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,81         | 2,12        | 0,47 |
| B.2.4                                | 8,66  | 21,63      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,93         | 2,73        | 0,37 |
| B.2.5                                | 13,54 | 26,53      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,42        | 2,55        | 0,39 |
| C.2.1                                | 9,99  | 21,67      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,99         | 2,41        | 0,41 |
| C.2.2                                | 13,08 | 25,94      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,23        | 2,54        | 0,39 |
| C.2.3                                | 7,98  | 21,31      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,39         | 2,89        | 0,35 |
| C.2.4                                | 10,25 | 21,93      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,10         | 2,41        | 0,41 |
| C.2.5                                | 9,85  | 28,25      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,88         | 3,18        | 0,31 |
| A.1.1                                | 33,01 | 41,78      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 3,21        | 0,31 |
| A.1.2                                | 11,72 | 45,32      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,69         | 4,68        | 0,21 |
| B.1.1                                | 12,57 | 25,97      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,03        | 2,59        | 0,39 |
| B.1.2                                | 15,52 | 29,75      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,21        | 2,65        | 0,38 |
| B.1.3                                | 19,38 | 24,50      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,75        | 1,92        | 0,52 |
| B.1.4                                | 10,98 | 36,92      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,39         | 3,93        | 0,25 |
| C.1.1                                | 12,04 | 23,27      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,82         | 2,37        | 0,42 |
| C.1.2                                | 13,59 | 18,94      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,43        | 1,81        | 0,55 |
| C.1.3                                | 12,45 | 32,59      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,98         | 3,26        | 0,31 |
| C.1.4                                | 12,69 | 35,06      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,08        | 3,48        | 0,29 |

| CÁLCULOS ESTUDIO I (Real MIN) (C2.1) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |       |
|--------------------------------------|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|-------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0                  | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE   |
| D1.1                                 | 18,11 | 50,59      | 3        | 15    | 20     | 15    | 17,5   | 16,555       | 3,056       | 0,327 |
| D1.2                                 | 21,15 | 44,81      | 4        | 20    | 25     | 17,5  | 20     | 18,075       | 2,479       | 0,403 |
| D1.3                                 | 23,90 | 41,62      | 4        | 20    | 25     | 17,5  | 20     | 19,4475      | 2,140       | 0,467 |
| D2                                   | 42,26 | 72,90      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13           | 5,608       | 0,178 |
| D3                                   | 27,96 | 23,47      | 5        | 25    | 30     | 20    | 22     | 21,1826664   | 1,108       | 0,903 |
| D4                                   | 26,29 | 28,75      | 5        | 25    | 30     | 20    | 22     | 20,517332    | 1,401       | 0,714 |
| D5                                   | 10,95 | 36,06      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,38         | 3,844       | 0,260 |
| D6                                   | 14,54 | 35,28      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,8144      | 3,262       | 0,307 |
| D7                                   | 14,46 | 37,90      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,785332    | 3,514       | 0,285 |
| D8                                   | 16,24 | 29,57      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,497332    | 2,572       | 0,389 |

Tabla 9- Interpolación de tipología del Estudio I, ancho de calle e interdistancia mínima.

| CÁLCULOS ESTUDIO I (Real MAX) (C2.2) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |      |
|--------------------------------------|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0                  | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE  |
| A.2.1                                | 21,44 | 12,30      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 0,95        | 1,06 |
| A.2.2                                | 24,59 | 14,01      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,08        | 0,93 |
| A.2.3                                | 23,24 | 18,79      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,45        | 0,69 |
| A.2.4                                | 27,93 | 21,91      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,69        | 0,59 |
| A.2.5                                | 22,04 | 27,07      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 2,08        | 0,48 |
| B.2.1                                | 27,39 | 14,00      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,08        | 0,93 |
| B.2.2                                | 26,47 | 17,42      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,34        | 0,75 |
| B.2.3                                | 23,24 | 18,82      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,45        | 0,69 |
| B.2.4                                | 37,39 | 21,71      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,67        | 0,60 |
| B.2.5                                | 16,03 | 26,61      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,41        | 2,33        | 0,43 |
| C.2.1                                | 24,08 | 21,19      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,63        | 0,61 |
| C.2.2                                | 40,35 | 26,28      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 2,02        | 0,49 |
| C.2.3                                | 20,09 | 21,55      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,66        | 0,60 |
| C.2.4                                | 37,86 | 22,06      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,70        | 0,59 |
| C.2.5                                | 39,02 | 28,52      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 2,19        | 0,46 |
| A.1.1                                | 33,01 | 41,78      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 3,21        | 0,31 |
| A.1.2                                | 18,80 | 45,21      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,52        | 3,61        | 0,28 |
| B.1.1                                | 36,73 | 25,86      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,99        | 0,50 |
| B.1.2                                | 20,57 | 29,93      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 2,30        | 0,43 |
| B.1.3                                | 21,17 | 24,29      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,87        | 0,54 |
| B.1.4                                | 11,85 | 37,06      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,74         | 3,80        | 0,26 |
| C.1.1                                | 17,46 | 23,35      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 11,99        | 1,95        | 0,51 |
| C.1.2                                | 18,41 | 19,22      | 4        | 15    | 20     | 11    | 13     | 12,36        | 1,55        | 0,64 |
| C.1.3                                | 27,04 | 32,02      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 2,46        | 0,41 |
| C.1.4                                | 28,25 | 34,45      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 2,65        | 0,38 |

| CÁLCULOS ESTUDIO I (Real MAX) (C2.2) |       |            |          |       |        |       |        |              |             |       |
|--------------------------------------|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|-------|
| TIPOLOGIA ESTUDIO 0                  | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE   |
| D1.1                                 | 33,24 | 50,71      | 6        | 30    | #¡REF! | 22    | #¡REF! | 22           | 2,305       | 0,434 |
| D1.2                                 | 23,01 | 45,06      | 4        | 20    | 25     | 17,5  | 20     | 19,0025      | 2,371       | 0,422 |
| D1.3                                 | 32,20 | 41,53      | 6        | 30    | #¡REF! | 22    | #¡REF! | 22           | 1,888       | 0,530 |
| D2                                   | 42,26 | 72,90      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 5,608       | 0,178 |
| D3                                   | 42,01 | 24,29      | 6        | 30    | #¡REF! | 22    | #¡REF! | 22           | 1,104       | 0,906 |
| D4                                   | 39,75 | 29,58      | 6        | 30    | #¡REF! | 22    | #¡REF! | 22           | 1,345       | 0,744 |
| D5                                   | 14,58 | 36,11      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 10,832       | 3,334       | 0,300 |
| D6                                   | 25,26 | 33,83      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 2,603       | 0,384 |
| D7                                   | 40,71 | 37,41      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 2,877       | 0,348 |
| D8                                   | 21,90 | 30,28      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13           | 2,329       | 0,429 |

Tabla 10- Interpolación de tipología del Estudio I, ancho de calle e interdistancia máxima.

| CÁLCULOS ESTUDIO II.I  |       |            |          |       |        |       |        |              |             |      |
|------------------------|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0 | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE  |
| A.2.1                  | 5,17  | 23,44      | 1        | 5     | 7,5    | 5     | 7      | 5,14         | 4,56        | 0,22 |
| A.2.2                  | 5,03  | 26,61      | 1        | 5     | 7,5    | 5     | 7      | 5,02         | 5,30        | 0,19 |
| A.2.3                  | 8,06  | 33,22      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,45         | 4,46        | 0,22 |
| A.2.4                  | 7,76  | 35,19      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,21         | 4,88        | 0,20 |
| A.2.5                  | 7,84  | 36,63      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,27         | 5,04        | 0,20 |
| B.2.1                  | 5,17  | 27,35      | 1        | 5     | 7,5    | 5     | 7      | 5,14         | 5,33        | 0,19 |
| B.2.2                  | 5,15  | 33,44      | 1        | 5     | 7,5    | 5     | 7      | 5,12         | 6,53        | 0,15 |
| B.2.3                  | 7,53  | 31,04      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,02         | 4,42        | 0,23 |
| B.2.4                  | 7,76  | 35,19      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,21         | 4,88        | 0,20 |
| B.2.5                  | 10,08 | 31,28      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,03         | 3,46        | 0,29 |
| C.2.1                  | 6,49  | 18,73      | 1        | 5     | 7,5    | 5     | 7      | 6,19         | 3,02        | 0,33 |
| C.2.2                  | 7,71  | 17,48      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,17         | 2,44        | 0,41 |
| C.2.3                  | 7,71  | 18,27      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,17         | 2,55        | 0,39 |
| C.2.4                  | 7,66  | 15,66      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,13         | 2,20        | 0,46 |
| C.2.5                  | 10,05 | 20,54      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,02         | 2,28        | 0,44 |
| A.1.1                  | 24,49 | 44,77      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 3,44        | 0,29 |
| A.1.2                  | 10,16 | 35,03      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,06         | 3,87        | 0,26 |
| B.1.1                  | 7,60  | 41,77      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,08         | 5,90        | 0,17 |
| B.1.2                  | 10,09 | 34,93      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,04         | 3,87        | 0,26 |
| B.1.3                  | 29,19 | 28,15      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 2,17        | 0,46 |
| B.1.4                  | 10,55 | 38,20      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,22         | 4,14        | 0,24 |
| C.1.1                  | 9,55  | 28,54      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,64         | 3,30        | 0,30 |
| C.1.2                  | 7,86  | 12,33      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,29         | 1,69        | 0,59 |
| C.1.3                  | 10,29 | 13,66      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,12         | 1,50        | 0,67 |
| C.1.4                  | 20,05 | 16,92      | 5        | 20    | #iREF! | 13    | #iREF! | 13,00        | 1,30        | 0,77 |

| CÁLCULOS ESTUDIO II.I  |        |            |          |       |        |        |        |              |             |        |
|------------------------|--------|------------|----------|-------|--------|--------|--------|--------------|-------------|--------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0 | $E_m$  | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$  | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE    |
| D1.1                   | 28,00  | 26,23      | 5        | 25    | 30     | 20     | 22     | 21,2         | 1,237       | 0,808  |
| D1.2                   | 27,50  | 30,73      | 5        | 25    | 30     | 20     | 22     | 21           | 1,463       | 0,683  |
| D1.3                   | #iREF! | #iREF!     | #iREF!   | ####  | #iREF! | #iREF! | #iREF! | #iREF!       | #iREF!      | #iREF! |
| D2                     | 24,91  | 95,84      | 5        | 20    | #iREF! | 13     | #iREF! | 13           | 7,372       | 0,136  |
| D3                     | 20,58  | 13,66      | 4        | 20    | 25     | 17,5   | 20     | 17,79        | 0,768       | 1,302  |
| D4                     | 16,00  | 20,57      | 3        | 15    | 20     | 15     | 17,5   | 15,5         | 1,327       | 0,753  |
| D5                     | 7,93   | 39,23      | 2        | 7,5   | 10     | 7      | 9      | 7,344        | 5,341       | 0,187  |
| D6                     | 15,00  | 14,46      | 4        | 15    | 20     | 11     | 13     | 11           | 1,315       | 0,760  |
| D7                     | 10,37  | 21,20      | 3        | 10    | 15     | 9      | 11     | 9,148        | 2,317       | 0,432  |
| D8                     | 7,66   | 15,66      | 2        | 7,5   | 10     | 7      | 9      | 7,128        | 2,196       | 0,455  |

Tabla 11- Interpolación de tipología del Estudio II.I.

| CÁLCULOS ESTUDIO II.II |       |            |          |       |        |       |        |              |             |      |
|------------------------|-------|------------|----------|-------|--------|-------|--------|--------------|-------------|------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0 | $E_m$ | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$ | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE  |
| A.2.1                  | 5,34  | 13,81      | 1        | 5     | 7,5    | 5     | 7      | 5,27         | 2,62        | 0,38 |
| A.2.2                  | 5,72  | 11,90      | 1        | 5     | 7,5    | 5     | 7      | 5,58         | 2,13        | 0,47 |
| A.2.3                  | 7,70  | 18,56      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,16         | 2,59        | 0,39 |
| A.2.4                  | 7,76  | 46,56      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,21         | 6,46        | 0,15 |
| A.2.5                  | 8,36  | 30,83      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,69         | 4,01        | 0,25 |
| B.2.1                  | 5,34  | 16,11      | 1        | 5     | 7,5    | 5     | 7      | 5,27         | 3,06        | 0,33 |
| B.2.2                  | 5,27  | 20,44      | 1        | 5     | 7,5    | 5     | 7      | 5,22         | 3,92        | 0,26 |
| B.2.3                  | 7,58  | 39,21      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,06         | 5,55        | 0,18 |
| B.2.4                  | 8,46  | 23,66      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,77         | 3,05        | 0,33 |
| B.2.5                  | 10,03 | 28,01      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,01         | 3,11        | 0,32 |
| C.2.1                  | 5,96  | 15,41      | 1        | 5     | 7,5    | 5     | 7      | 5,77         | 2,67        | 0,37 |
| C.2.2                  | 7,60  | 10,99      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,08         | 1,55        | 0,64 |
| C.2.3                  | 9,18  | 9,69       | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,34         | 1,16        | 0,86 |
| C.2.4                  | 10,28 | 11,17      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,11         | 1,23        | 0,82 |
| C.2.5                  | 10,24 | 10,01      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,10         | 1,10        | 0,91 |
| A.1.1                  | 26,05 | 37,73      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 2,90        | 0,34 |
| A.1.2                  | 10,37 | 28,96      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,15         | 3,17        | 0,32 |
| B.1.1                  | 7,71  | 27,76      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 7,17         | 3,87        | 0,26 |
| B.1.2                  | 10,37 | 28,96      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,15         | 3,17        | 0,32 |
| B.1.3                  | 23,16 | 31,63      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 2,43        | 0,41 |
| B.1.4                  | 10,09 | 31,31      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,04         | 3,47        | 0,29 |
| C.1.1                  | 10,09 | 12,16      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,04         | 1,35        | 0,74 |
| C.1.2                  | 9,42  | 11,60      | 2        | 7,5   | 10     | 7     | 9      | 8,54         | 1,36        | 0,74 |
| C.1.3                  | 10,09 | 10,96      | 3        | 10    | 15     | 9     | 11     | 9,04         | 1,21        | 0,82 |
| C.1.4                  | 20,14 | 15,31      | 5        | 20    | #¡REF! | 13    | #¡REF! | 13,00        | 1,18        | 0,85 |

| CÁLCULOS ESTUDIO II.II |        |            |          |       |        |        |        |              |             |        |
|------------------------|--------|------------|----------|-------|--------|--------|--------|--------------|-------------|--------|
| TIPOLOGIA<br>ESTUDIO 0 | $E_m$  | $\epsilon$ | Posición | $x_0$ | $x_1$  | $y_0$  | $y_1$  | $\epsilon_R$ | $I\epsilon$ | ICE    |
| D1.1                   | 25,00  | 23,91      | 5        | 25    | 30     | 20     | 22     | 20           | 1,196       | 0,836  |
| D1.2                   | 27,50  | 28,88      | 5        | 25    | 30     | 20     | 22     | 21           | 1,375       | 0,727  |
| D1.3                   | #¡REF! | #¡REF!     | #¡REF!   | ##### | #¡REF! | #¡REF! | #¡REF! | #¡REF!       | #¡REF!      | #¡REF! |
| D2                     | 26,39  | 76,44      | 5        | 20    | #¡REF! | 13     | #¡REF! | 13           | 5,880       | 0,170  |
| D3                     | 20,95  | 11,00      | 4        | 20    | 25     | 17,5   | 20     | 17,975       | 0,612       | 1,634  |
| D4                     | 16,00  | 18,54      | 3        | 15    | 20     | 15     | 17,5   | 15,5         | 1,196       | 0,836  |
| D5                     | 9,56   | 24,53      | 2        | 7,5   | 10     | 7      | 9      | 8,648        | 2,836       | 0,353  |
| D6                     | 15,00  | 13,03      | 4        | 15    | 20     | 11     | 13     | 11           | 1,185       | 0,844  |
| D7                     | 10,91  | 11,46      | 3        | 10    | 15     | 9      | 11     | 9,364        | 1,223       | 0,817  |
| D8                     | 9,59   | 10,42      | 2        | 7,5   | 10     | 7      | 9      | 8,672        | 1,201       | 0,833  |

Tabla 12- Interpolación de tipología del Estudio II.II.



Escuela de  
Ingeniería y Arquitectura  
**Universidad** Zaragoza



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

Estudio de viabilidad económica y eficiencia  
energética en una instalación de alumbrado público  
del Casco Antiguo de Zaragoza

## Anexo VII. Planos

Autor:

Gabriel Gallo Stampino Martínez-Berganza

Director:

Antonio Montañés Espinosa

Escuela de Ingeniería y Arquitectura  
2015








## Tabla de contenido

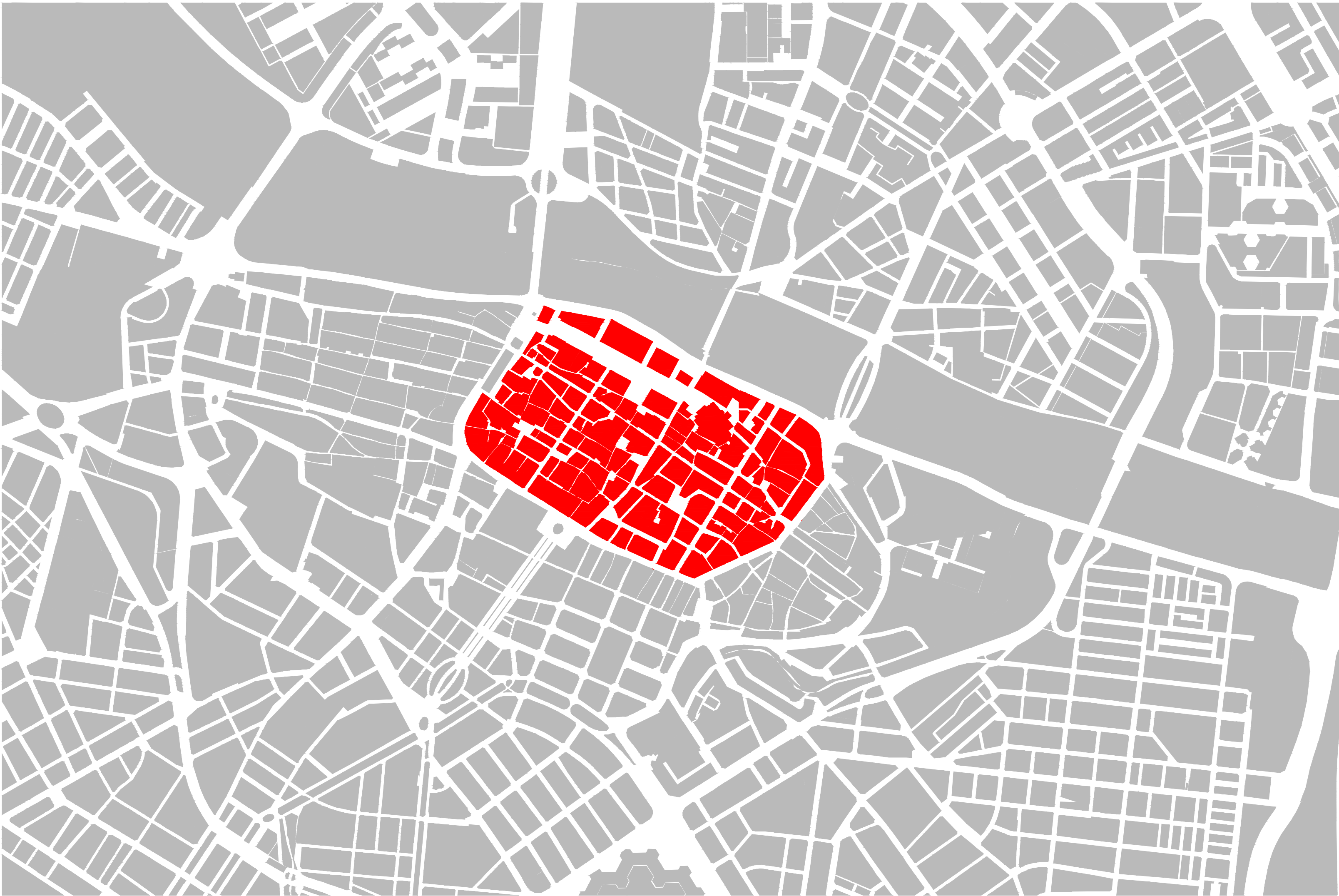
|   |          |
|---|----------|
| <b>PLANO DE SITUACIÓN .....</b>                               | <b>1</b> |
| <b>PLANO DE EMPLAZAMIENTO .....</b>                           | <b>2</b> |
| <b>PLANOS INICIALES DEL CASCO ANTIGUO DE ZARAGOZA.....</b>    | <b>3</b> |
| Plano nº1.1 .....   | 3        |
| Plano nº1.2 .....   | 4        |
| Plano nº1.3 .....   | 5        |
| Plano nº1.4 .....   | 6        |
| Plano nº1.5 .....   | 7        |
| Plano nº1.6 .....   | 8        |
| <b>PLANOS ACTUALIZADOS DEL CASCO ANTIGUO DE ZARAGOZA.....</b> | <b>9</b> |
| Plano nº2.1 .....   | 9        |
| Plano nº2.2 .....   | 10       |
| Plano nº2.3 .....   | 11       |
| Plano nº2.4 .....   | 12       |
| Plano nº2.5 .....   | 13       |
| Plano nº2.6 .....   | 14       |






|            |  |                        |   |   |
|------------|--|------------------------|---|---|
|            | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  Escuela de<br>Ingeniería y Arquitectura<br>Universidad Zaragoza |
| Dibujado   | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |   |
| Comprobado |  | Martínez-Berzanza      |   |   |
| Sin Escala | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566   |
|            |  |                        |   | Trabajo de fin de grado   |
|            |  |                        |   | Plano Nº 0.1  |

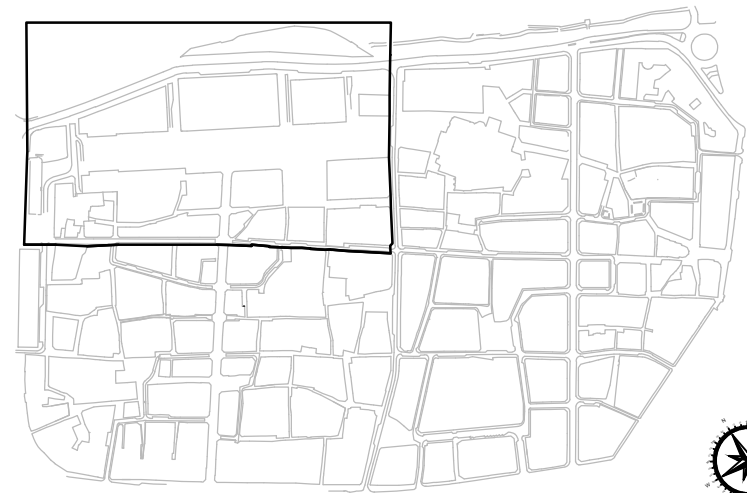
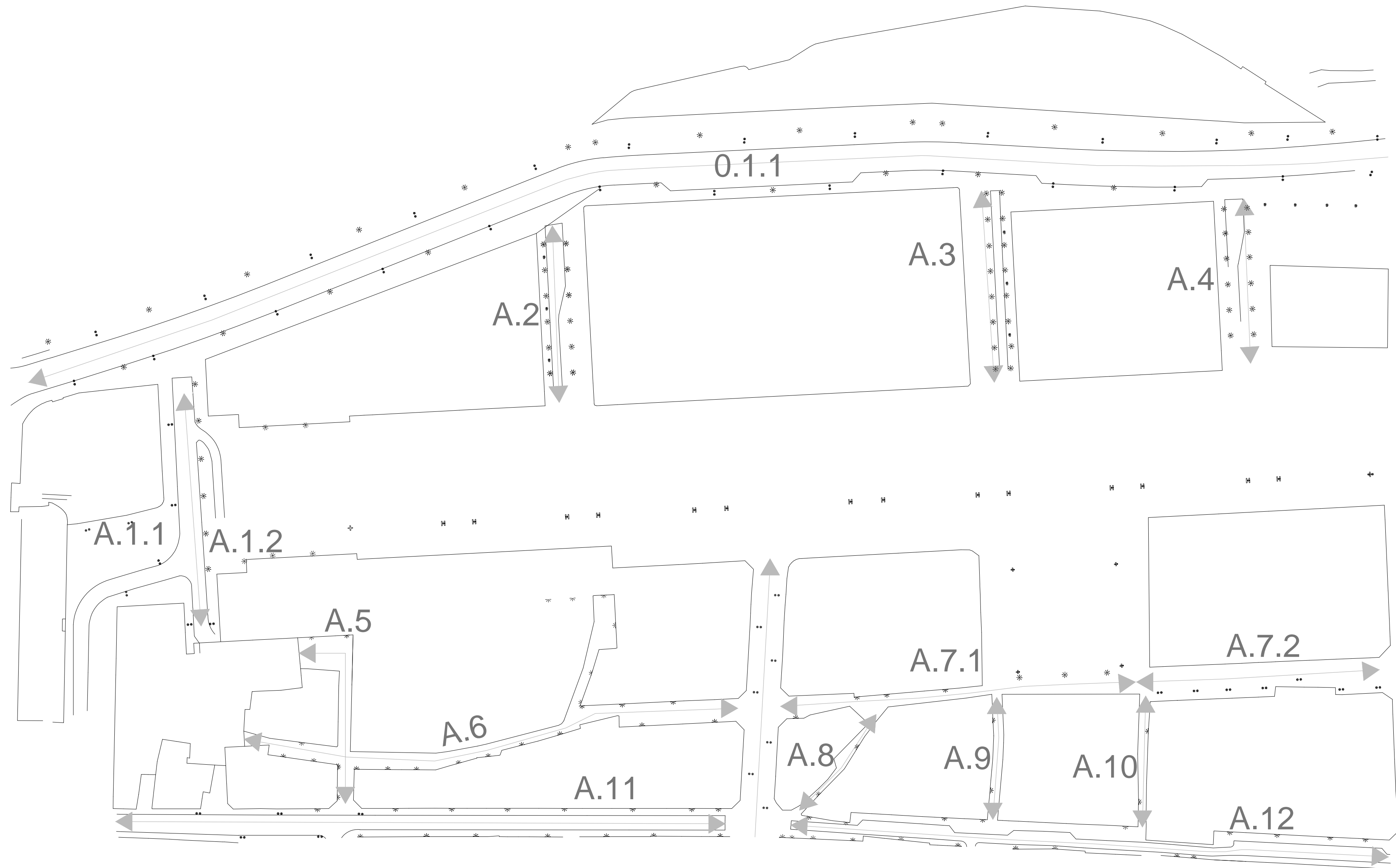




**ESTRUCTURA URBANÍSTICA**

PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE ZARAGOZA

|            |  |                        |   |   |
|------------|--|------------------------|---|---|
|            | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  Escuela de<br>Ingeniería y Arquitectura<br>Universidad Zaragoza |
| Dibujado   | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |   |
| Comprobado |  | Martínez-Berzanza      |   |   |
| Sin Escala | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566   |
|            |  |                        |   | Trabajo de fin de grado   |
|            |  |                        |   | Plano Nº 0.2  |



PLANTA DE REFERENCIA


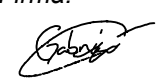
E 1:10000

### LEYENDA DE ALUMBRADO

X.Y -Vía Y según Zona X

X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X

- Luminaria doble
- Luminaria a fachada
- Luminaria sobre columna

|            |  |                        |   |  |
|------------|--|------------------------|---|--|
|            | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  Escuela de Ingeniería y Arquitectura<br>Universidad Zaragoza |
| Dibujado   | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |  |
| Comprobado |  | Martínez-Berzanza      |   |  |
| Escala     | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566  |
| 1:1000     |  |                        |   | Trabajo de fin de grado  |
|            |  |                        |   | Plano Nº 1.1   |




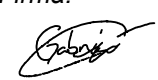
PLANTA DE REFERENCIA

E 1:10000

### LEYENDA DE ALUMBRADO

X.Y -Vía Y según Zona X  
X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X

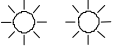
- Luminaria doble
- Luminaria a fachada
- Luminaria sobre columna


|                  |  |                        |   |  |
|------------------|--|------------------------|---|--|
|                  | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  Escuela de Ingeniería y Arquitectura<br>Universidad Zaragoza |
| Dibujado         | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |  |
| Comprobado       |  | Martínez-Berzanza      |   |  |
| Escala<br>1:1000 | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566  |
|                  |  |                        |   | Trabajo de fin de grado  |
|                  |  |                        |   | Plano Nº 1.2   |




### LEYENDA DE ALUMBRADO

X.Y -Vía Y según Zona X  
X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X

 Luminaria doble

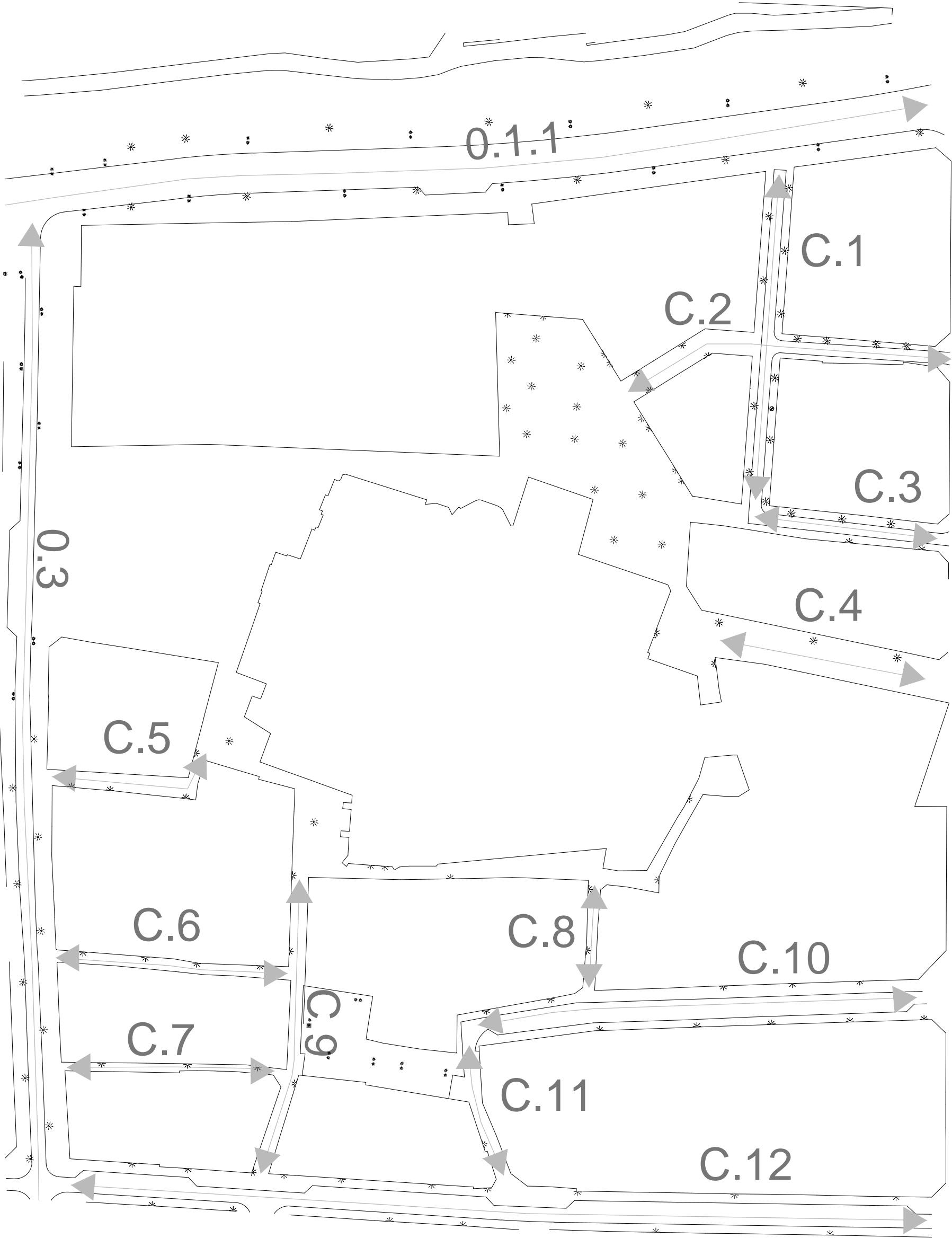
 Luminaria a fachada


 Luminaria sobre columna



PLANTA DE REFERENCIA




E 1:10000



|            |  |                        |   |   |
|------------|--|------------------------|---|---|
|            | Fecha  | Nombre                 | Firma:  | <br>Escuela de Ingeniería y Arquitectura<br>Universidad Zaragoza |
| Dibujado   | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |   |
| Comprobado |  | Martínez-Berganza      |   |   |
| Escala     | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566   |
| 1:1000     |  |                        |   | Trabajo de fin de grado   |
|            |  |                        |   | Plano Nº 1.3  |

LEYENDA DE ALUMBRADO

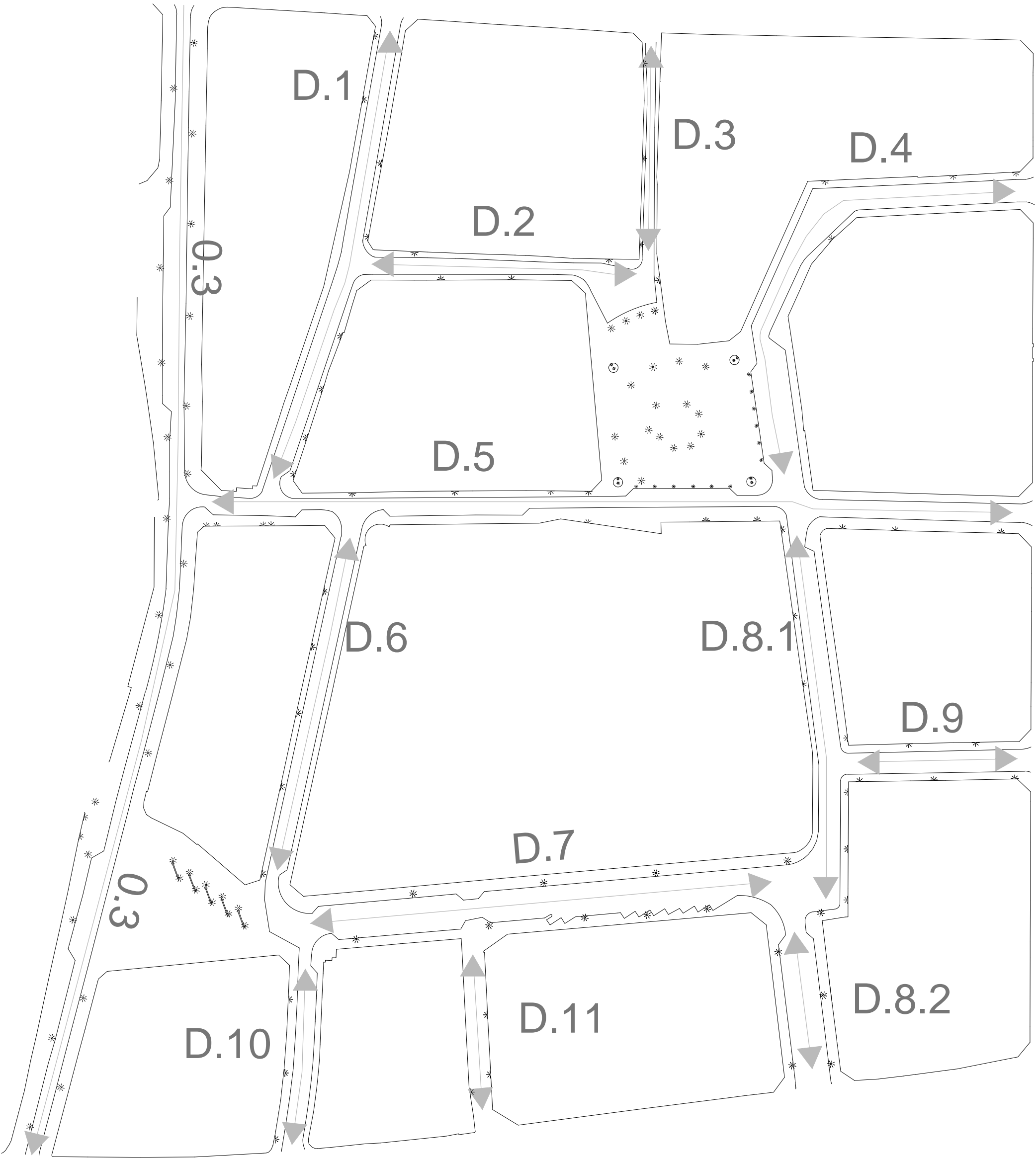
X.Y -Vía Y según Zona X  
X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X



-  Luminaria doble
-  Luminaria a fachada
-  Luminaria sobre columna



PLANTA DE REFERENCIA




E 1:10000

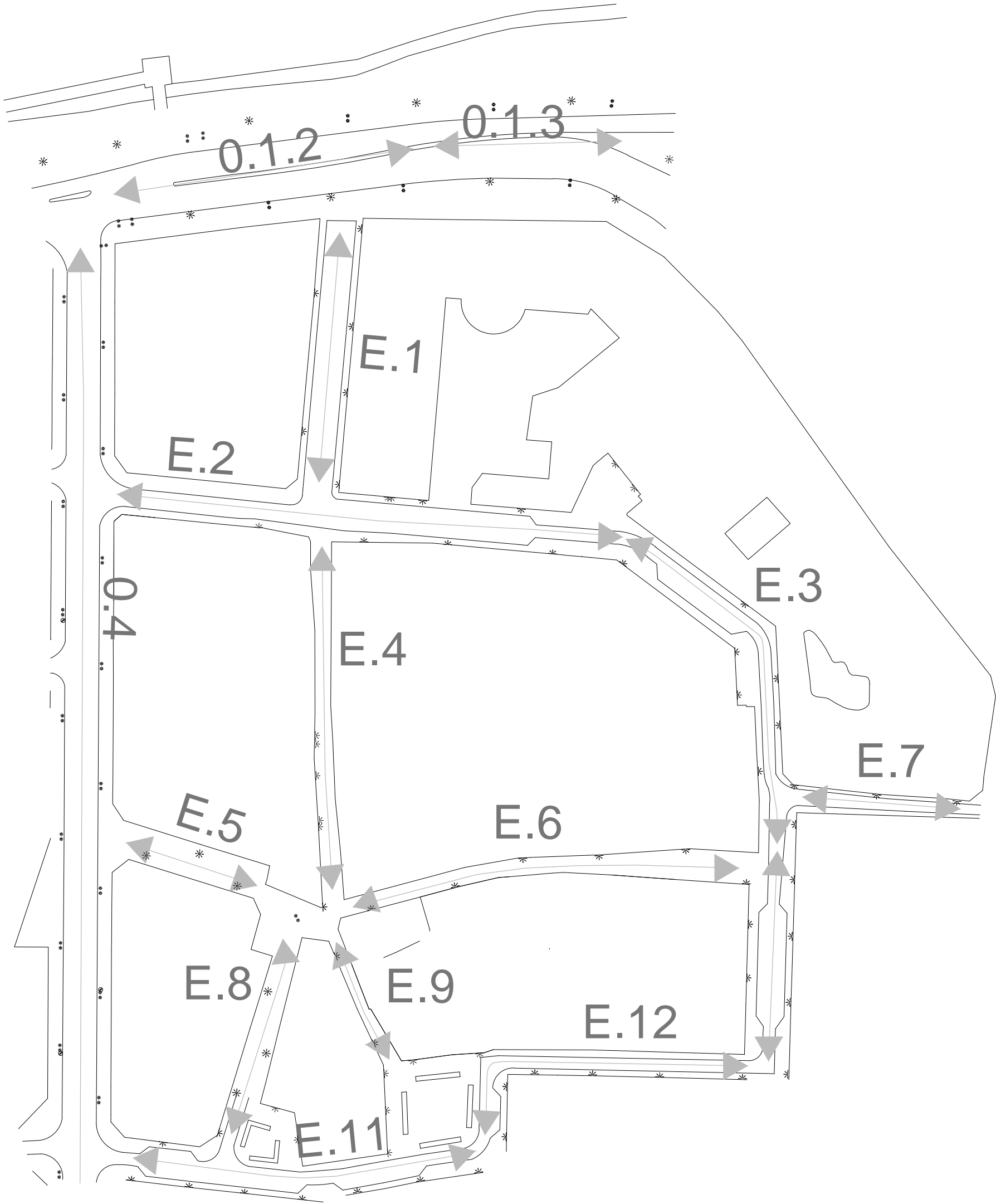


|                  |  |                        |   |  |
|------------------|--|------------------------|---|--|
|                  | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  Escuela de Ingeniería y Arquitectura<br>Universidad Zaragoza |
| Dibujado         | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |  |
| Comprobado       |  | Martínez-Berganza      |   |  |
| Escala<br>1:1000 | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566  |
|                  |  |                        |   | Trabajo de fin de grado  |
|                  |  |                        |   | Plano N° 1.4   |



LEYENDA DE ALUMBRADO

X.Y -Vía Y según Zona X  
X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X

-  Luminaria doble
-  Luminaria a fachada
-  Luminaria sobre columna



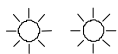


PLANTA DE REFERENCIA E 1:10000

|            |  |                        |   |   |
|------------|--|------------------------|---|---|
|            | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  |
| Dibujado   | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |   |
| Comprobado |  | Martínez-Berganza      |   |   |
| Escala     | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566   |
| 1:1000     |  |                        |   | Trabajo de fin de grado   |
|            |  |                        |   | Plano Nº 1.5  |



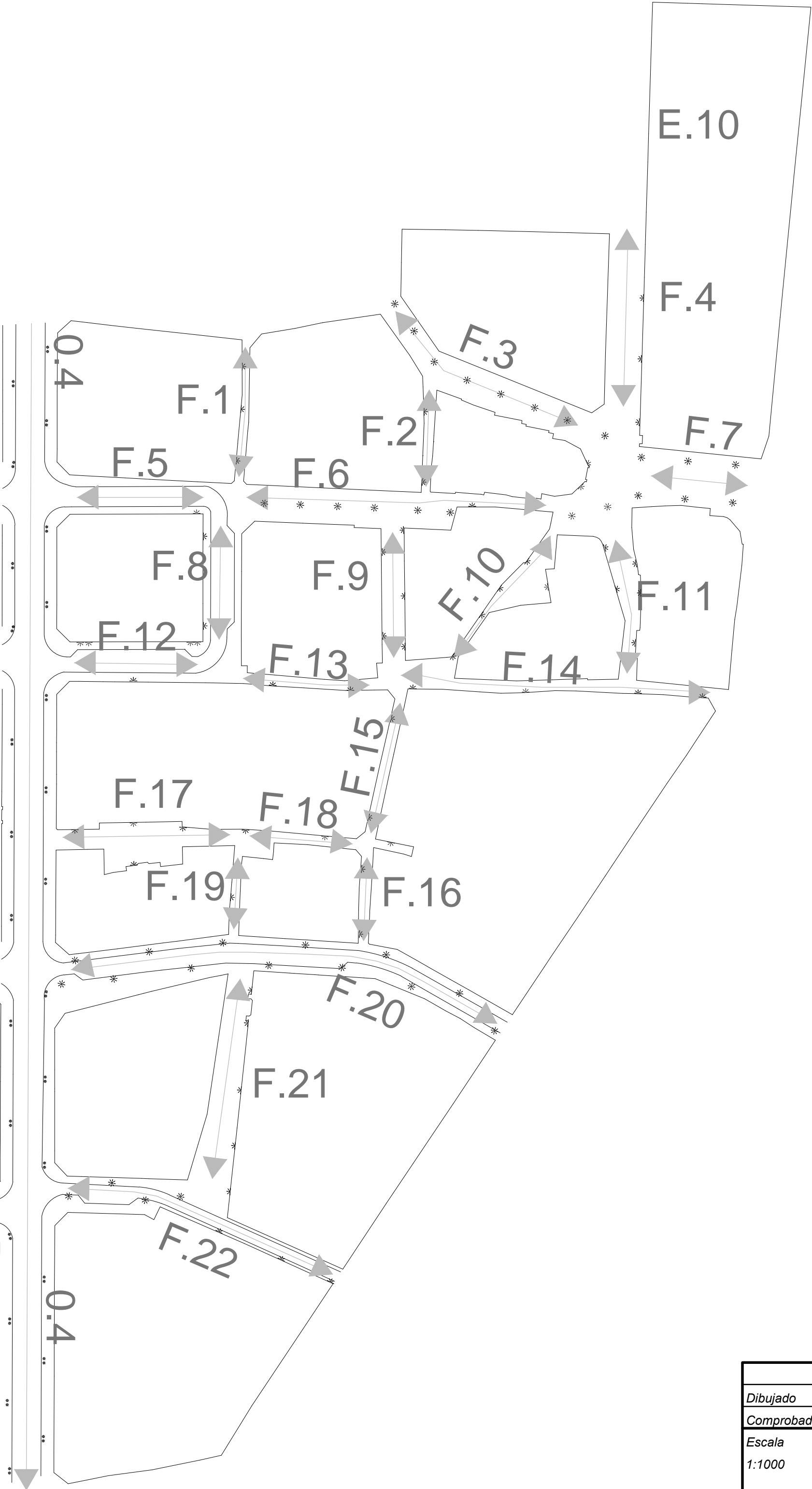
LEYENDA DE ALUMBRADO



X.Y -Vía Y según Zona X  
X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X

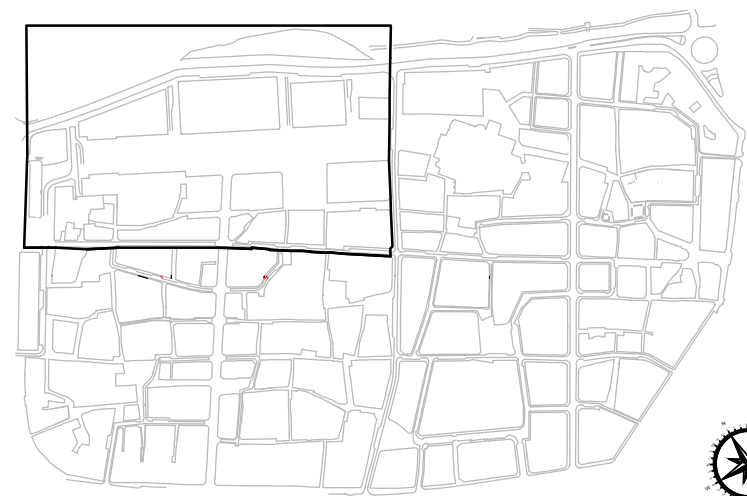
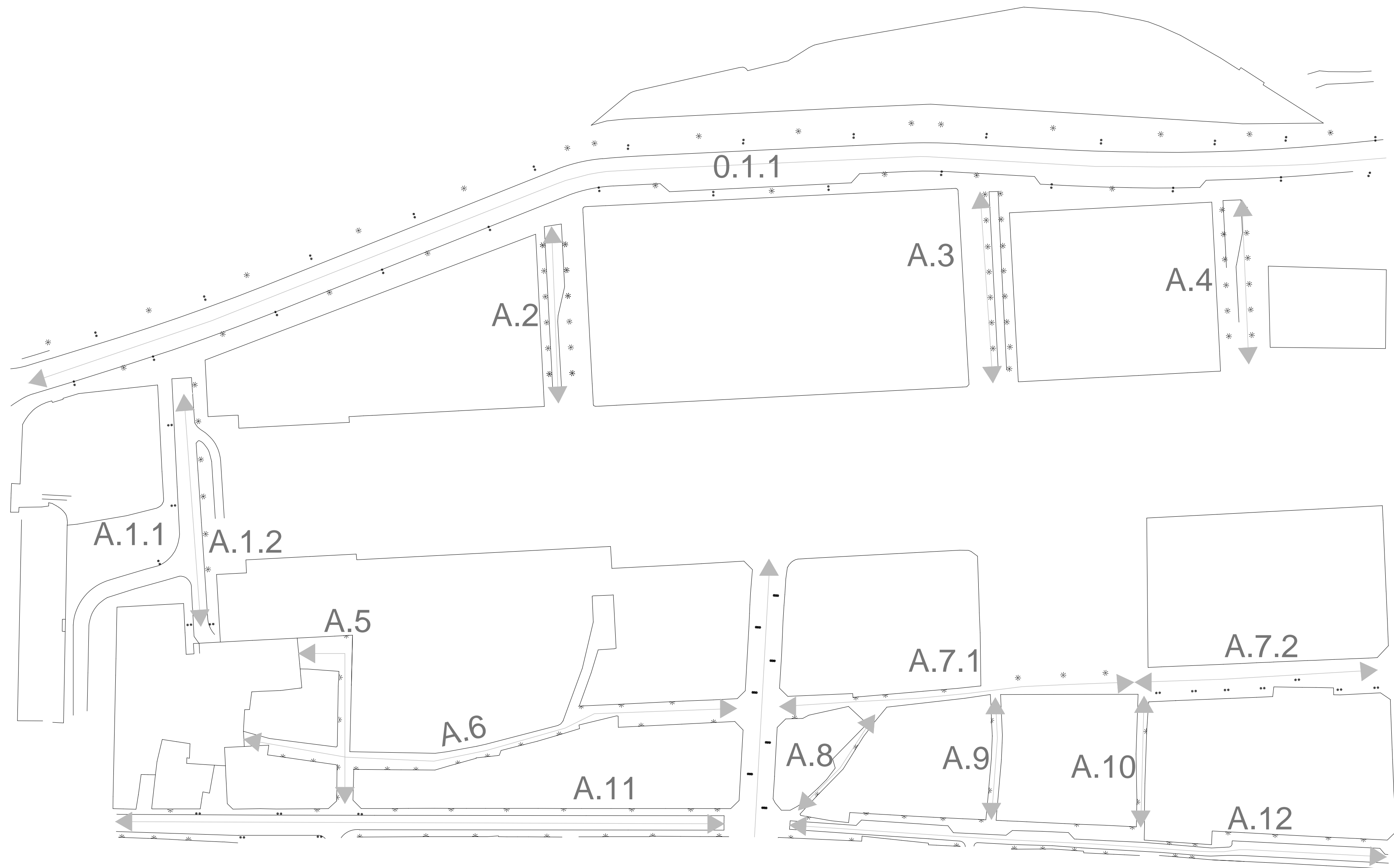
-  Luminaria doble
-  Luminaria a fachada
-  Luminaria sobre columna



PLANTA DE REFERENCIA E 1:10000



|                  |  |                        |   |  |
|------------------|--|------------------------|---|--|
|                  | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  Escuela de Ingeniería y Arquitectura<br>Universidad Zaragoza |
| Dibujado         | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |  |
| Comprobado       |  | Martínez-Berganza      |   |  |
| Escala<br>1:1000 | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566  |
|                  |  |                        |   | Trabajo de fin de grado  |
|                  |  |                        |   | Plano Nº 1.6   |

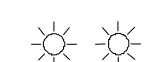
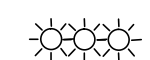
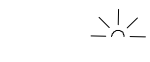





PLANTA DE REFERENCIA

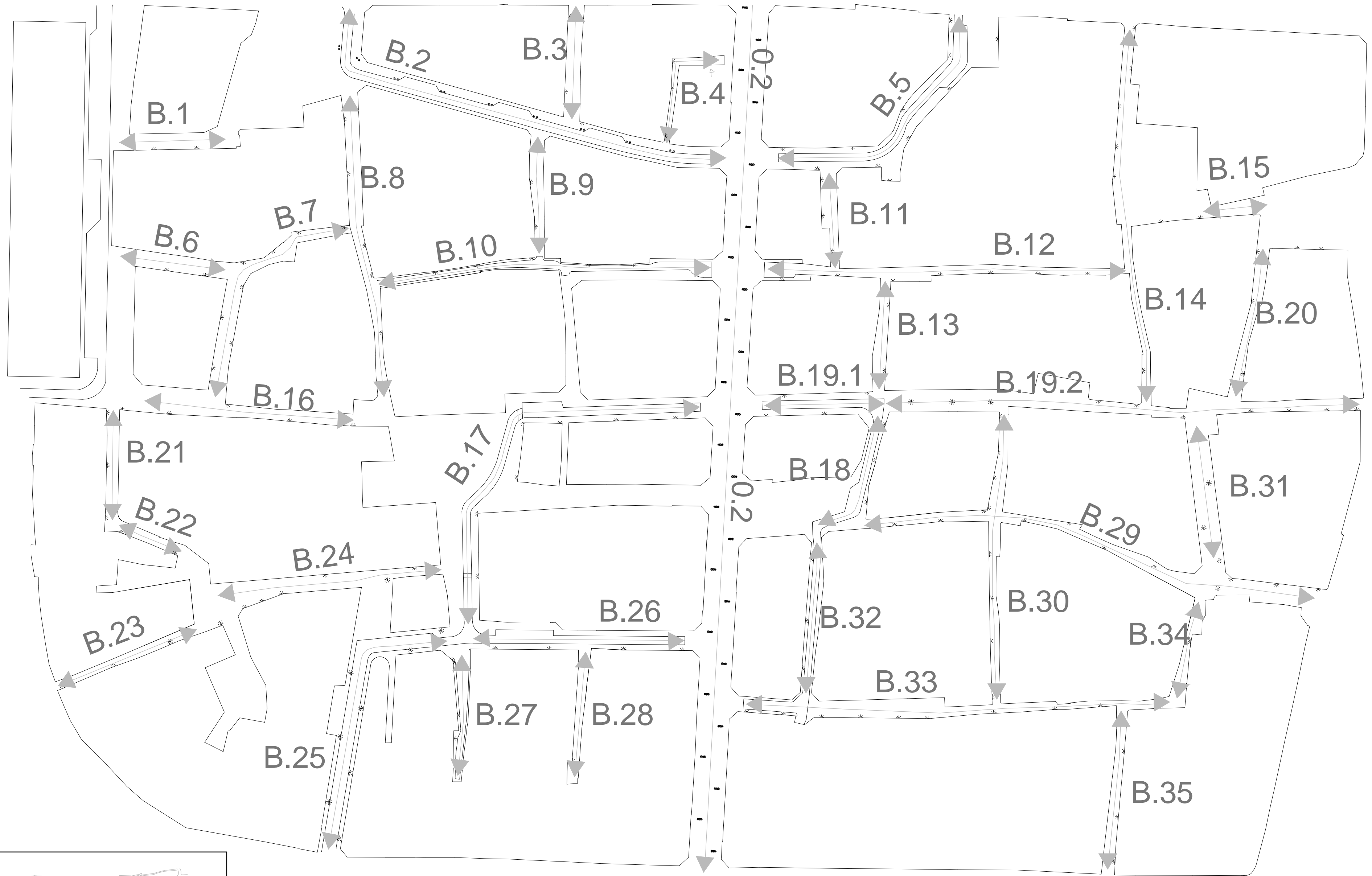
E 1:10000

## LEYENDA DE ALUMBRADO

X.Y -Vía Y según Zona X  
X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X

-  Luminaria doble
-  Luminaria triple
-  Luminaria a fachada
-  Luminaria sobre columna

|                  | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  |
|------------------|--|------------------------|---|--|
| Dibujado         | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |  Escuela de Ingeniería y Arquitectura<br>Universidad Zaragoza |
| Comprobado       |  | Martínez-Berzanza      |   |  |
| Escala<br>1:1000 | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566  |
|                  |  |                        |   | Trabajo de fin de grado<br>Plano Nº 2.1  |



PLANTA DE REFERENCIA



E 1:10000

### LEYENDA DE ALUMBRADO

X.Y -Vía Y según Zona X

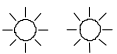
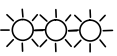


X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X

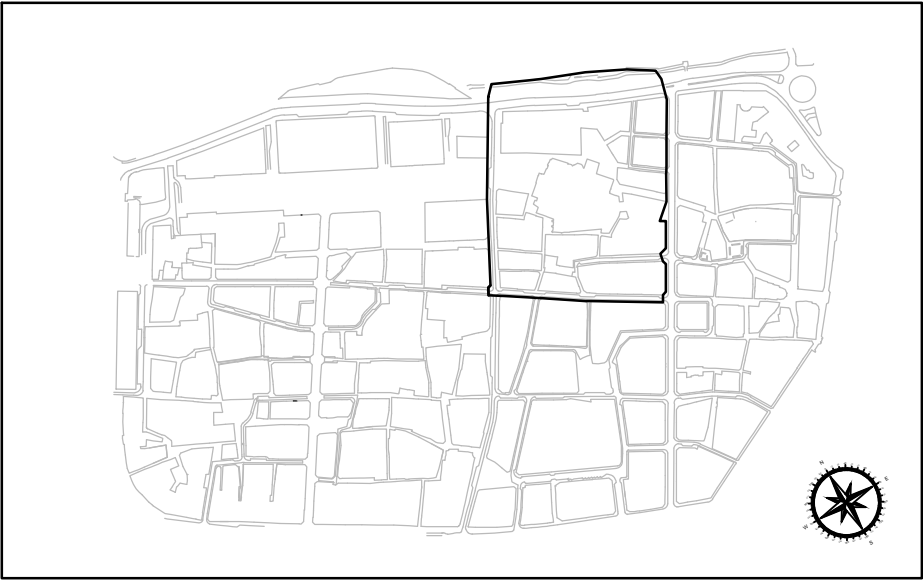
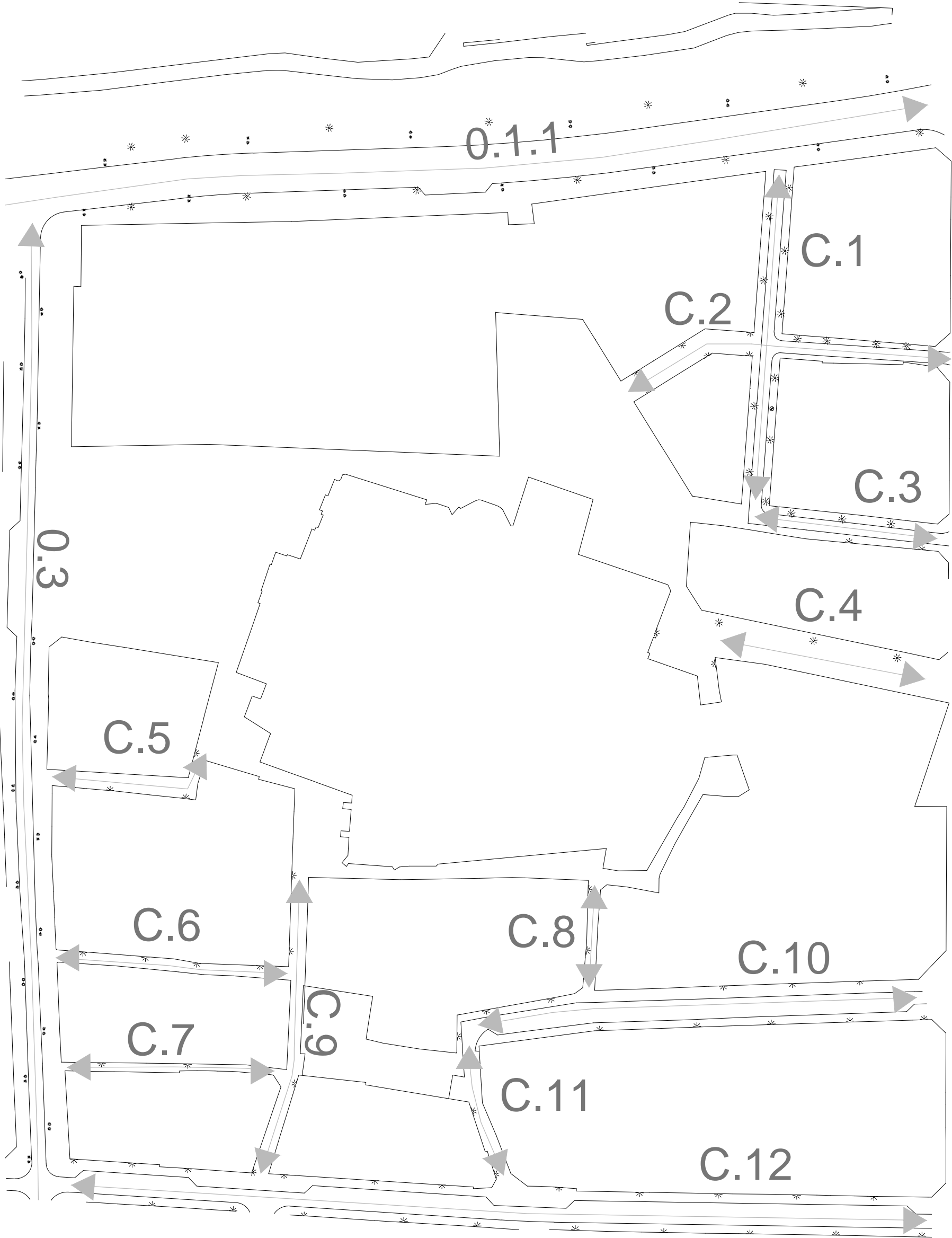
- Luminaria doble
- Luminaria triple
- Luminaria a fachada
- Luminaria sobre columna

|                  |  |                        |   |  |
|------------------|--|------------------------|---|--|
|                  | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  <div>Escuela de Ingeniería y Arquitectura<br/>Universidad Zaragoza</div> |
| Dibujado         | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |  |
| Comprobado       |  | Martínez-Berzanza      |   |  |
| Escala<br>1:1000 | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566  |
|                  |  |                        |   | Trabajo de fin de grado  |
|                  |  |                        |   | Plano Nº 2.2   |


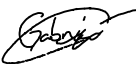
LEYENDA DE ALUMBRADO

X.Y -Vía Y según Zona X  
X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X

-  Luminaria doble
-  Luminaria triple
-  Luminaria a fachada
-  Luminaria sobre columna



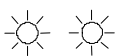
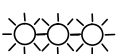


PLANTA DE REFERENCIA E 1:10000

|                  |  |                        |   |   |
|------------------|--|------------------------|---|---|
|                  | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  |
| Dibujado         | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |   |
| Comprobado       |  | Martínez-Berganza      |   |   |
| Escala<br>1:1000 | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566   |
|                  |  |                        |   | Trabajo de fin de grado   |
|                  |  |                        |   | Plano Nº 2.3  |



LEYENDA DE ALUMBRADO

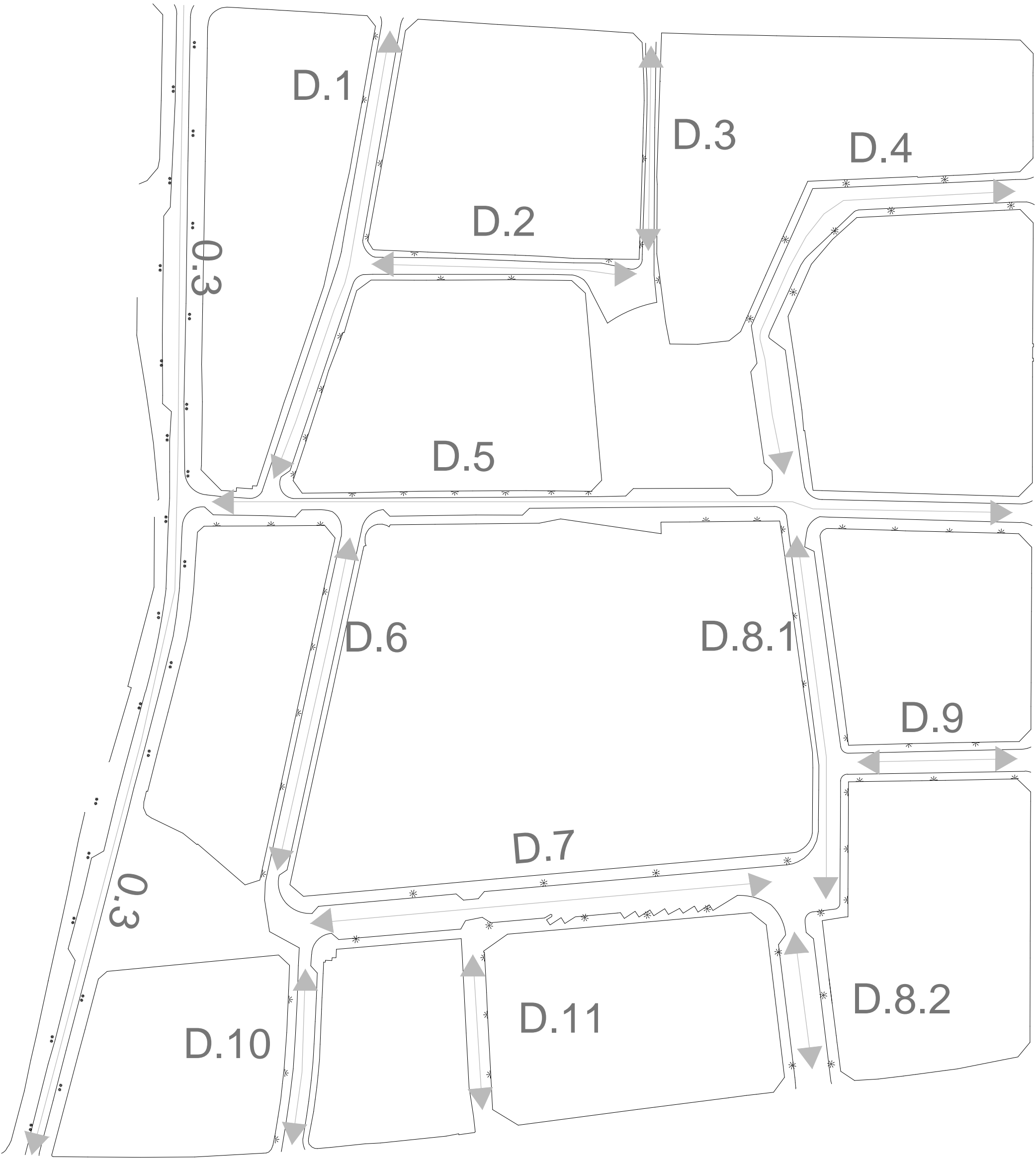
X.Y -Vía Y según Zona X  
X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X

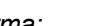
-  Luminaria doble
-  Luminaria triple
-  Luminaria a fachada
-  Luminaria sobre columna



PLANTA DE REFERENCIA

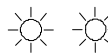
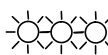
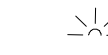
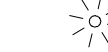
E 1:10000

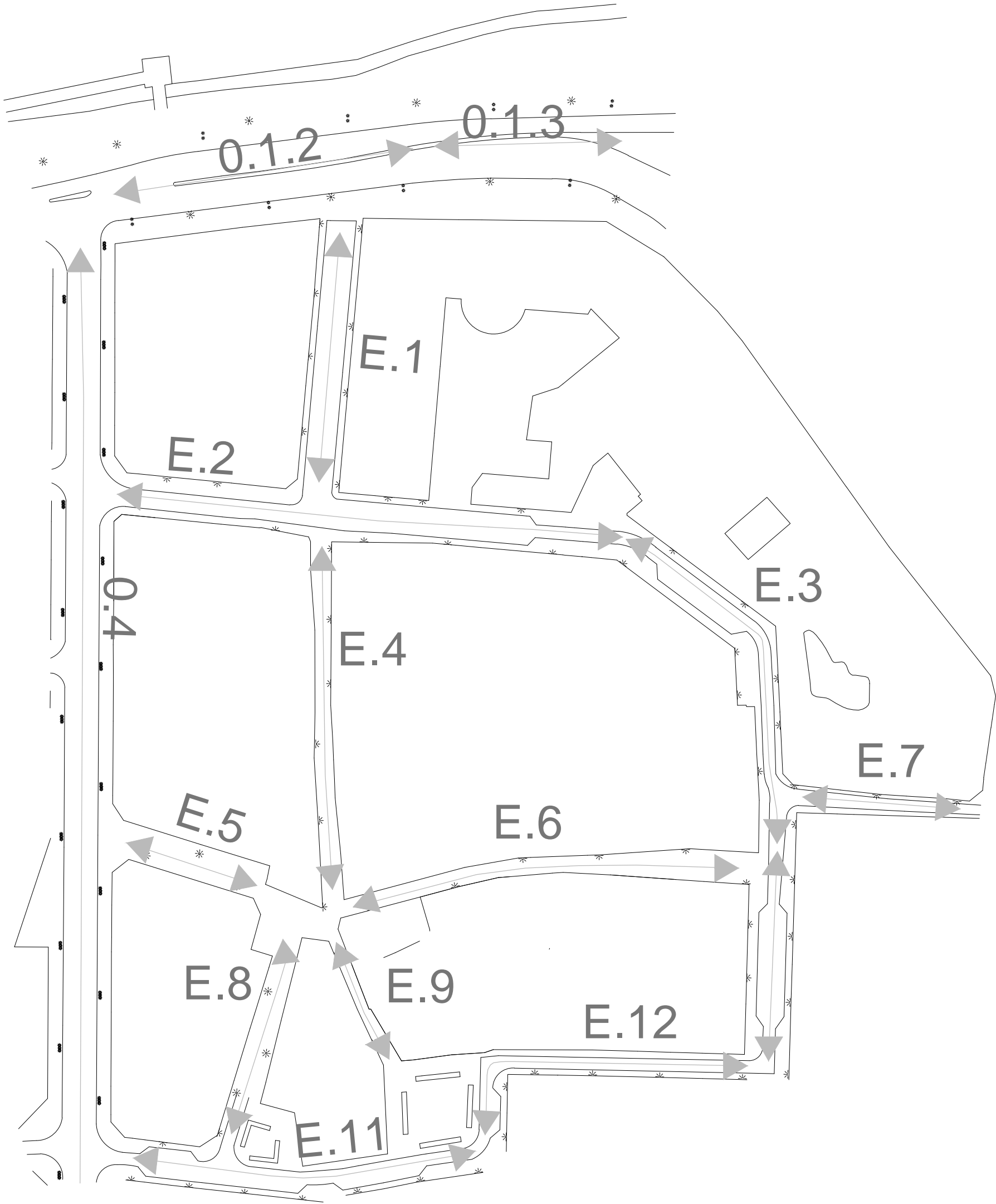


|            |  |                        |   |  |
|------------|--|------------------------|---|--|
|            | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  <div>Escuela de<br/>Ingeniería y Arquitectura<br/>Universidad Zaragoza</div> |
| Dibujado   | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |  |
| Comprobado |  | Martínez-Berganza      |   |  |
| Escala     | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566  |
| 1:1000     |  |                        |   | Trabajo de fin de grado  |
|            |  |                        |   | Plano Nº 2.4   |



LEYENDA DE ALUMBRADO

X.Y -Vía Y según Zona X  
X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X

-  Luminaria doble
-  Luminaria triple
-  Luminaria a fachada
-  Luminaria sobre columna

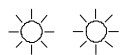
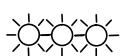
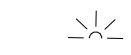



PLANTA DE REFERENCIA E 1:10000

|            |  |                        |   |   |
|------------|--|------------------------|---|---|
|            | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  |
| Dibujado   | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |   |
| Comprobado |  | Martínez-Berganza      |   |   |
| Escala     | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566   |
| 1:1000     |  |                        |   | Trabajo de fin de grado   |
|            |  |                        |   | Plano Nº 2.5  |

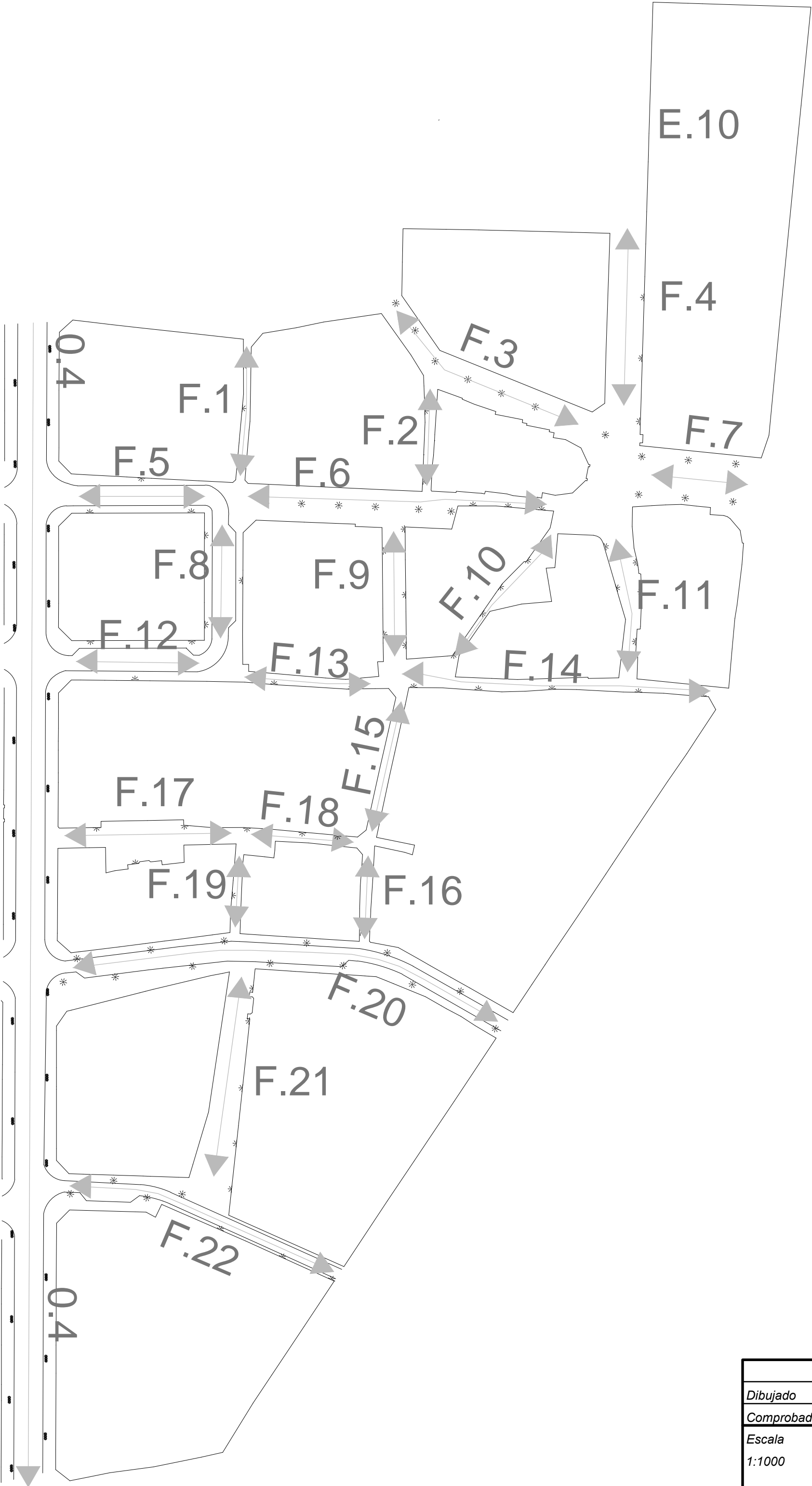
LEYENDA DE ALUMBRADO



X.Y -Vía Y según Zona X  
X.Y.Z -Tramo Z de vía Y según Zona X

-  Luminaria doble
-  Luminaria triple
-  Luminaria a fachada
-  Luminaria sobre columna



PLANTA DE REFERENCIA E 1:10000



|                  |  |                        |   |  |
|------------------|--|------------------------|---|--|
|                  | Fecha  | Nombre                 | Firma:  |  <div>Escuela de<br/>Ingeniería y Arquitectura<br/>Universidad Zaragoza</div> |
| Dibujado         | Abril, 2015  | Gabriel Gallo Stampino |  |  |
| Comprobado       |  | Martínez-Berganza      |   |  |
| Escala<br>1:1000 | Estudio de viabilidad económica y ef. en. en una instalación de alumbrado público del Casco Antiguo de Zaragoza. |                        |   | NIA: 577566  |
|                  |  |                        |   | Trabajo de fin de grado  |
|                  |  |                        |   | Plano N° 2.6   |