



## **MEMORIA**

### **AUDITORÍA ENERGÉTICA DEL ALUMBRADO EXTERIOR**

### **DEL EXCMO. AYUNTAMIENTO DE MARBELLA**

<b>Nº OFERTA</b>	CO_1306
<b>Nº INFORME</b>	CO_IN_20160920_1306_00

Elaborado por:



Manuel Fernández Fernández

Revisado por:



Inés Simón García



**AUDITORÍA ENERGÉTICA  
AYUNTAMIENTO DE MARBELLA  
ALUMBRADO PÚBLICO EXTERIOR**

**1306**

**Dpto. Técnico**

**Rev.19**

## ÍNDICE MEMORIA

1) CONCEPTO, DEFINICIÓN GENERAL Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO EXTERIOR.....	1
2) OBJETIVOS DE LA AUDITORÍA.....	1
3) PLAN DIRECTOR DE ALUMBRADO PÚBLICO EXTERIOR.....	2
3.1) MOTIVOS QUE JUSTIFICAN LA ELABORACIÓN DEL PLAN DIRECTOR .....	3
3.2) VENTAJAS QUE APORTA EL PLAN DIRECTOR.....	4
3.3) DESARROLLO METODOLÓGICO DE LAS FASES DEL PLAN DIRECTOR Y DE LA AUDITORÍA... 5	
3.3.1) Fase 1 – Recopilación de información previa.....	6
3.3.2) Fase 2 – Visita a las instalaciones, realización de inventario y mediciones .....	6
3.3.3) Fase 3 – Diagnostico y análisis. Propuesta de mejoras .....	7
3.3.4) Fase 4 – Análisis económico y energético de la propuesta.....	8
3.3.5) Fase 5 – Redacción del documento final y plan de actuaciones – Plan Director de alumbrado público exterior .....	9
4) ESTADO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR.....	10
4.1) SITUACIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES .....	10
4.2) SUMINISTRO ENERGÉTICO .....	11
4.2.1) Tipos de tarifa y potencia contratada (análisis del término de potencia) .....	12
4.2.2) Análisis del término de energía.....	15
4.2.3) Otros términos de facturación .....	21
4.2.4) Resumen de costes de facturación .....	21
4.3) CENTROS DE MANDO .....	23
4.3.1) Potencia instalada .....	23
4.3.2) Tipo de acometida.....	24
4.3.3) Montaje del centro de mando respecto el mobiliario urbano y del contador respecto del centro de mando .....	25
4.3.4) Materiales de fabricación de los centros de mando .....	27
4.3.5) Sistemas de medida .....	28
4.3.6) Acometida, líneas de distribución y equipos de maniobra y protección .....	29
4.3.7) Sistemas de encendido y apagado .....	30
4.3.8) Sistemas de regulación.....	33
4.3.9) Parámetros eléctricos y diagnóstico del centro de mando.....	33

4.4) PUNTOS DE LUZ.....	34
4.4.1) Lámparas .....	35
4.4.2) Equipo auxiliar.....	43
4.4.3) Soportes .....	45
4.4.4) Luminarias .....	50
4.5) NIVEL DE SERVICIO PRESTADO .....	60
4.5.1) Mantenimiento .....	61
4.5.2) Niveles de luminosidad .....	63
4.6) EVALUACIÓN DE RATIOS POR CENTRO DE MANDO.....	69
5) MEDIDAS CORRECTORAS Y PROPUESTAS DE MEJORA .....	74
5.1) OPTIMIZACIÓN DE LOS CONTRATOS ACTUALES SIN LA APLICACIÓN DE MEDIDAS.....	76
5.1.1) Descripción de la mejora.....	76
5.1.2) Costes, ahorro e inversión.....	77
5.2) ADECUACIÓN DE LOS CENTROS DE MANDO.....	78
5.2.1) Descripción de la mejora.....	78
5.2.2) Costes, ahorro e inversión.....	82
5.3) INSTALACIÓN DE UN EQUIPO DE TELEGESTIÓN (GESTOR ENERGÉTICO) A NIVEL DE CENTRO DE MANDO.....	83
5.3.1) Descripción de la mejora.....	83
5.3.2) Costes, ahorro e inversión.....	84
5.4) SUSTITUCIÓN DE LAS LUMINARIAS Y PROYECTORES ACTUALES POR LUMINARIAS Y PROYECTORES LED .....	85
5.4.1) Descripción de la mejora.....	85
5.4.2) Plan estratégico lumínico (niveles de luminosidad).....	86
5.4.3) Costes, ahorro e inversión.....	98
5.5) INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL Y REGULACIÓN .....	104
5.5.1) Descripción de la mejora.....	104
5.5.2) Costes, ahorro e inversión.....	107
5.6) APLICACIÓN CONJUNTA DE TODAS LAS MEDIDAS.....	108
5.7) EVALUACIÓN DE RATIOS POR CENTRO DE MANDO PARA LA SITUACIÓN NUEVA PLANTEADA .....	112
5.8) COMPARATIVA DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y LA SITUACIÓN NUEVA PLANTEADA.....	117

## ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.- Tipos de contratos existentes.....	12
Tabla 2.- Rango de potencias contratadas .....	13
Tabla 3.- Situación actual de los contratos en función de la potencia contratada .....	14
Tabla 4.-Costes asociados al término de potencia por periodos tarifarios.....	15
Tabla 5.-Costes asociados al término de potencia por periodos tarifarios.....	15
Tabla 6.- Desglose del consumo energético por periodos tarifarios del consumo de alumbrado público.....	16
Tabla 7.- Desglose del consumo energético de forma mensual .....	17
Tabla 8.- Puntos de suministro en función de energía activa anual consumida.....	19
Tabla 9.- Costes asociados al término de energía por periodos tarifarios.....	20
Tabla 10.- Costes asociados al término de energía activa y energía reactiva para los suministros .....	21
Tabla 11.- Costes asociados al impuesto eléctrico, alquiler de equipos e IVA.....	21
Tabla 12.- Costes totales de facturación .....	22
Tabla 13.- Potencia total y ratios de alumbrado teniendo en cuenta el balastro .....	23
Tabla 14.- Discriminación de los centros de mando en función de la potencia instalada .....	24
Tabla 15.- Número de centros de mando en función de la tipología de montaje .....	26
Tabla 16.- Número de centros de mando en función del tipo de material de construcción .....	28
Tabla 17.- Situación actual de la red de puesta a tierra en los centros de mando .....	30
Tabla 18.- Tipos de sistemas de encendido y apagado .....	31
Tabla 19.- Modelos y fabricantes de los sistemas de encendido y apagado .....	32
Tabla 20.- Tipos de lámparas instaladas. ....	39
Tabla 21.- Potencia de las lámparas instaladas.....	40
Tabla 22.- Tipos de equipos auxiliares .....	44
Tabla 23.- Tipos de soportes .....	47
Tabla 24.- Altura de montaje de las luminarias .....	48
Tabla 25.- Tipos de luminarias instaladas .....	54
Tabla 26.- Modelos de luminarias instaladas.....	55
Tabla 27.- Suministros clasificados según el ratio PC /PIL .....	70
Tabla 28.- Distribución de los suministros según el ratio consumo / PTI .....	71
Tabla 29.- Distribución de los suministros según el ratio (PIL / Nº lámparas) .....	71
Tabla 30.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / consumo) .....	72

Tabla 31.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / PIL) .....	74
Tabla 32.- Ratios del alumbrado público.....	74
Tabla 33.- Nº de suministros a optimizar .....	76
Tabla 34.- Costes de optimización, ahorros potenciales término de potencia.....	77
Tabla 35.- Tipo de remodelación en los centros de mando.....	78
Tabla 36.- Inversión para la sustitución / renovación de los centros de mando .....	82
Tabla 37.- Inversión para la instalación del sistema de telegestión a nivel centro de mando ...	85
Tabla 38.- Tipología y potencia de las luminarias existentes tras la sustitución planteada .....	93
Tabla 39.- Distribución de los centros de mando en función de la potencia instalada .....	97
Tabla 40.- Nº de suministros a optimizar .....	98
Tabla 41.- Tipos de contratos tras la optimización .....	99
Tabla 42.- Costes de optimización, ahorros potenciales.....	100
Tabla 43.- Consumo energético nuevo por periodos tarifarios .....	101
Tabla 44.- Ahorros energéticos por periodos tarifarios.....	101
Tabla 45.- Puntos de suministro en función de la nueva energía activa anual consumida .....	102
Tabla 46.- Costes asociados al término de energía activa y energía reactiva por periodos tarifarios .....	103
Tabla 47.- Ahorros económicos asociados al término de energía activa y energía reactiva por periodos tarifarios.....	103
Tabla 48.- Inversión para la sustitución / renovación de los puntos de luz.....	104
Tabla 49.- Número de nodos para el sistema de regulación.....	105
Tabla 50.- Ahorros energéticos y económicos del sistema de regulación .....	107
Tabla 51.- Inversión para la implantación del sistema de regulación.....	107
Tabla 52.- Consumo energético de la situación nueva y ahorro energético global.....	109
Tabla 53.- Costes de facturación nuevos .....	109
Tabla 54.- Ahorros económicos.....	111
Tabla 55.- Inversión total y periodo de retorno simple .....	111
Tabla 56.- Emisiones de CO <sub>2</sub> en la situación nueva y reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> .....	112
Tabla 57.- Suministros clasificados según el ratio PC /PIL .....	113
Tabla 58.- Distribución de los suministros según el ratio (PIL / Nº lámparas).....	114
Tabla 59.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / consumo) .....	115
Tabla 60.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / PIL) .....	116
Tabla 61.- Ratios del alumbrado público.....	116

Tabla 62.- Comparativa de la situación actual y la situación nueva planteada para los suministros sujetos a modificación desde todos los puntos de vista (energético, económico, ambiental, ratios propios de alumbrado,...).....	117
Tabla 63.- Resumen de ahorros, inversión y rentabilidad. ....	117
Tabla 64.- Comparativa de la situación actual y la situación nueva planteada en el total de la instalación desde todos los puntos de vista (energético, económico, ambiental, ratios propios de alumbrado,...). ....	118

## ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.- Distribución de los tipos de contratos eléctrico .....	12
Figura 2.- Distribución de los contratos en función de la potencia contratada.....	13
Figura 3.- Situación actual de los contratos en función de la potencia contratada.....	14
Figura 4.- Consumo de energía activa distribuida por periodos tarifarios .....	17
Figura 5.- Consumo de energía activa distribuida de forma mensual .....	18
Figura 6.- Distribución de los puntos de suministro en función de la energía activa anual consumida.....	19
Figura 7.- Suministros con energía reactiva facturable.....	20
Figura 8.- Distribución de los costes del suministro energético .....	22
Figura 9.- Distribución de los centros de mando en función de la potencia instalada .....	24
Figura 10.- Distribución de los centros de mando en función del tipo de montaje.....	26
Figura 11.- Distribución de los centros de mando en función del tipo de material de construcción. ....	28
Figura 12.- Situación de la red de puesta a tierra en los centros de mando .....	30
Figura 13.- Distribución de los equipos de encendido y apagado en función de su tipología....	31
Figura 14.- Modelos y fabricantes existentes de los equipos de encendido y apagado.....	32
Figura 15.- Lámpara VSAP .....	35
Figura 16.- Lámpara de vapor de mercurio.....	36
Figura 17.- Lámpara de halogenuros metálicos .....	36
Figura 18.- Luminaria con LEDS.....	37
Figura 19.- Lámparas fluorescentes compactas y de tubo .....	37
Figura 20.- Lámpara incandescente .....	38
Figura 21.- Lámpara halógena.....	38
Figura 22.- Tipos de lámparas instaladas en el total de la instalación.....	39
Figura 23.- Potencia de las lámparas instaladas en el total de la instalación .....	42
Figura 24.- Tipos de equipos auxiliares .....	44
Figura 25.- Tipos de soportes .....	48
Figura 26.- Altura de montaje de las luminarias .....	49
Figura 27.- Tipos de luminarias instaladas .....	54
Figura 28.- Distribución normal o campana de gauss .....	64
Figura 29.- Iluminancia media actual de las vías de Marbella .....	65
Figura 30.- Niveles de iluminación por número de puntos de luz .....	65

Figura 31.- Calificación energética de las vías en la situación actual.....	68
Figura 32.- Distribución de los puntos de luz en base a la calificación energética de la vía donde se encuentran ubicados .....	68
Figura 33.- Clasificación de los suministros según el ratio PC / PIL.....	70
Figura 34.- Distribución de los suministros según el ratio consumo / PTI .....	71
Figura 35.- Distribución de los suministros según el ratio (PIL / Nº lámparas).....	72
Figura 36.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / consumo).....	73
Figura 37.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / PIL) .....	73
Figura 38.- Nº de suministros a optimizar.....	76
Figura 39.- Ahorros por optimización de los suministros .....	77
Figura 40.- Tipo de remodelación en los centros de mando.....	79
Figura 41.- Inversión para la sustitución / renovación de los centros de mando .....	82
Figura 42.- Inversión para la instalación del sistema de telegestión a nivel cuadro.....	84
Figura 43.- Niveles de iluminación nuevos por secciones de vías.....	89
Figura 44.- Niveles de iluminación por número de puntos de luz. ....	89
Figura 45.- Calificación energética de las vías en la situación nueva.....	90
Figura 46.- Distribución de los puntos de luz en base a la calificación energética de la vía donde se encuentran ubicados .....	91
Figura 47.- Distribución de los suministros en función de la potencia instalada.....	97
Figura 48.- Nº de suministros a optimizar.....	98
Figura 49.- Distribución de los tipos de contratos eléctrico .....	99
Figura 50.- Ahorros por optimización de los suministros .....	100
Figura 51.- Consumo nuevo de energía activa distribuida por periodos tarifarios.....	101
Figura 52.- Distribución de puntos de suministro en función de la nueva energía activa anual consumida .....	102
Figura 53.- Inversión para la sustitución / renovación de los centros de mando .....	103
Figura 54.- Número de nodos para el sistema de regulación .....	105
Figura 55.- Curva de regulación fijada inicialmente para el sistema de regulación (horario de invierno y horario de verano).....	106
Figura 56.- Inversión para la implantación del sistema de regulación.....	108
Figura 57.- Distribución de los ahorros energéticos .....	109
Figura 58.- Distribución de los costes de facturación .....	110
Figura 59.- Distribución de los ahorros económicos.....	110
Figura 60.- Distribución de la inversión total .....	111

Figura 61.- Ahorros de las emisiones de CO <sub>2</sub> .....	112
Figura 62.- Clasificación de los suministros según el ratio PC / PIL.....	113
Figura 63.- Distribución de los suministros según el ratio (PIL / Nº lámparas).....	114
Figura 64.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / consumo) .....	115
Figura 65.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / PIL) .....	116

## ÍNDICE IMAGENES

Imagen 1.- Centro de mando montado sobre zócalo (CM-308) .....	25
Imagen 2.- Centro de mando adosado a fachada (CM-066) .....	25
Imagen 3.- Centro de mando ubicado en interior de caseta con puerta metálica (CM-060).....	25
Imagen 4.- Centro de mando empotrado en fachada (CM-067) .....	25
Imagen 5.- Cuadro políester (CM-205).....	27
Imagen 6.- Cuadro de poliester (CM-210).....	27
Imagen 7.- Cuadro metálico (CM-355).....	27
Imagen 8.- Módulo de medida electrónico en centro de mando (CM-001) .....	29
Imagen 9.- Módulo de medida electromagnético en centro de mando (CM-032).....	29
Imagen 10.- Modelo ORBIS astronómico (CM-033).....	32
Imagen 11.- Modelo ORBIS analógico (CM-084).....	32
Imagen 12.- Balastro electromagnético .....	43
Imagen 13.- Columna metálica troncocónica (12 m) .....	45
Imagen 14.- Columna metálica (4 m) .....	45
Imagen 15.- Columna ornamental (4 m) .....	45
Imagen 16.- Columna con brazo (11m).....	46
Imagen 17.- Brazo fijado en pared (6m) .....	46
Imagen 18.- Báculo (8m) .....	47
Imagen 19.- Luminaria tipo I (Viento-IVF).....	50
Imagen 20.- Luminaria Tipo II (DM2) .....	51
Imagen 21.- Luminaria Tipo III (Cazoleta) .....	51
Imagen 22.- Luminaria tipo vial peatonal (Vialia) .....	52
Imagen 23.- Luminaria de tipo artística (Farol Fernandina).....	52
Imagen 24.- Luminaria de tipo esférica sin reflector (Globo Ler) .....	53
Imagen 25.- Luminaria de tipo esférica con reflector (Globo Lekr) .....	53
Imagen 26.- Proyector (Neos 2) .....	53

## **1) CONCEPTO, DEFINICIÓN GENERAL Y ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO EXTERIOR**

La auditoría energética debe abarcar, tal y como indica el IDAE, todas las instalaciones de alumbrado público de titularidad municipal, tanto ejecutadas por el propio Ayuntamiento como recibidas o asimiladas de promociones privadas, abarcando tanto la iluminación vial, sea funcional o ambiental, como la ornamental y cualquier otro tipo de instalación de iluminación exterior fija que se considere susceptible de incluir en la auditoría. Dentro del alumbrado público municipal y en el estudio realizado se incluirá toda la iluminación de cualquier tipo de vía, de las zonas de estacionamiento, parques y jardines, plazas y equipamientos urbanos, la de monumentos y la de fachadas de los edificios.

Las instalaciones de **Alumbrado Público Municipal** se encuentran generalmente constituidas por:

- Los cuadros de mando de maniobra y protección.
- Las líneas y redes eléctricas para el transporte de la energía.
- Los sistemas de regulación y de ahorro de energía.
- Los sistemas de encendido y apagado.
- Las luminarias y lámparas de todas las vías (principales, secundarias y terciarias del municipio), plazas, rotondas, parques públicos, zonas ajardinadas, elementos de iluminación ornamental, de seguridad y señalización.

## **2) OBJETIVOS DE LA AUDITORÍA**

El trabajo a desarrollar en la auditoría debe permitir conocer el estado físico de las instalaciones de alumbrado público de forma que se conozca como es el uso de la energía y el funcionamiento correcto de las instalaciones para las que han sido diseñadas y ejecutadas cumpliendo la normativa vigente.

Con la información recogida sobre las características energéticas de las instalaciones a través del estudio de la documentación aportada por el ayuntamiento y del trabajo de campo realizado se ha elaborado un informe de auditoría en el que se incluye además del estudio de las instalaciones actuales, las propuestas de soluciones técnicas y las posibles medidas para reducir los consumos energéticos, así como las diferentes tecnologías que permiten mejorar la gestión energética de las instalaciones y el Plan Director de alumbrado público. Dichas propuestas están sometidas a una evaluación técnica y económica, para así facilitar las

decisiones y ayudar a priorizar las inversiones necesarias y futuras en la instalación. La auditoría tiene como finalidad el conseguir los siguientes objetivos fundamentales:

- Elaboración del Plan Director para el alumbrado exterior.
- Analizar en profundidad las condiciones actuales de funcionamiento y el estado de las instalaciones de alumbrado público exterior.
- Determinar el potencial de ahorro energético de las instalaciones en términos cuantitativos.
- Evaluar las alternativas de mejora más viables, tanto desde un punto de vista técnico como económico garantizando la entrada de una empresa de servicios energéticos (ESE).

Para llegar a conseguir estos objetivos fundamentales, durante el proceso de auditoría se deben cumplir unos objetivos secundarios y no menos importantes que los fundamentales, los cuales son:

- Determinar y detectar las posibles mejoras que conduzcan a obtener ahorros tanto energéticos como económicos, así como el uso de tecnologías más eficientes y sistemas que mejoren la gestión energética, de esta forma se promocionarán inversiones en el ámbito del ahorro energético.
- Dotar al Ayuntamiento de un inventario actualizado de las instalaciones de alumbrado exterior y adecuar las mismas a las características y requisitos técnicos exigidos en las recomendaciones y normativas vigentes.
- Determinar los consumos de energía de las instalaciones y diagnosticar la eficiencia energética de las instalaciones, para fomentar un uso racional de la energía sin que ello conlleve una menor iluminación o inseguridad para los ciudadanos.
- Mantener al máximo las condiciones naturales para así minimizar los efectos de intrusión luminosa en el entorno doméstico, disminuyendo sus molestias y perjuicios.
- Prevenir y corregir los efectos del resplandor luminoso nocturno y la contaminación lumínica.

### **3) PLAN DIRECTOR DE ALUMBRADO PÚBLICO EXTERIOR**

El Plan Director de alumbrado público exterior es una herramienta fundamental cuando se plantea la externalización del alumbrado público en pos de unas mayores inversiones en eficiencia energética por parte de una Empresa de Servicios Energéticos (ESE), para tener

conocimiento exacto de la situación actual y una valoración precisa de lo que costaría llegar a tener la ciudad del modo deseado.

La base de todo Plan Director es partir de una información real y detallada de la situación actual, para ello se ha hecho un inventario exhaustivo punto a punto en formato GIS para así tenerlo como aplicación futura, detallando las características de cada uno de los puntos de luz y de todos los centro de mando, así como su ubicación dentro de la ciudad. Con esta metodología se ha podido garantizar un diagnóstico de partida de la ciudad, real y muy preciso.

Con la elaboración del Plan Director se consigue unir la información con el conocimiento y la tecnología con las necesidades, de esta forma las propuestas que se hacen en el documento son ambiciosas, viables y concretas, fácilmente ejecutables, tanto por la empresa de servicios energéticos (ESE), como por el ayuntamiento.

El Plan Director de alumbrado exterior elaborado consigue englobar todos los objetivos perseguidos por la auditoria, dando lugar a una escena total, clara y coherente de barrios, viales y edificios, formando una composición luminosa de la ciudad totalmente equilibrada, además la elaboración de este Plan Director aporta ahorro, orden, coherencia y confort al ciudadano.

Como consecuencia de la aplicación del Plan Director que se ha elaborado se han llegado a obtener unas soluciones que van a aportar a la ciudad un mayor atractivo tal y como se verá en la auditoría realizada, entre las medidas que se van a proponer destacan la iluminación LED al 100% de la ciudad, sistemas de control y de regulación a nivel luminaria que permiten apagados y encendidos de forma flexible y a gusto de la ciudadanía permitiendo un control absoluto de la instalación.

### **3.1) MOTIVOS QUE JUSTIFICAN LA ELABORACIÓN DEL PLAN DIRECTOR**

Las instalaciones de alumbrado exterior de Marbella se han acometido en diferentes fases y épocas, como consecuencia de las necesidades urbanísticas o incluso de las necesidades de la propia instalación, que a veces están separadas por meses o incluso por años. Este desfase en el tiempo, en un sector tecnológico en el que las innovaciones son constantes, ha acabado causando una falta de armonía y sobre todo una obsolescencia muy común en las citadas instalaciones en parte o en la totalidad de las mismas.

Las consecuencias de la aplicación en diferentes fases, son los múltiples inconvenientes de las instalaciones, que se pueden resumir en:

- Empleo de fuentes de luz de baja eficacia luminosa, porque históricamente no existían otras que permitiesen un menor consumo eléctrico para obtener los niveles luminosos adecuados.

- Utilización de luminarias ineficientes, es decir, cuyo factor de utilización es inadecuado y se encuentra por debajo del mínimo exigible, con lo que se desperdicia mucha luz y por tanto también mucha energía eléctrica.
- Uso de luminarias contaminantes que emiten un flujo luminoso indeseado, bien hacia el hemisferio superior (cielo) o bien hacia edificios de vecinos, provocando molestias en las personas, y perturbaciones del medio ambiente.
- Empleo de equipos auxiliares electromagnéticos (necesarios para el funcionamiento de las fuentes de luz, o para la reducción de su flujo luminoso durante ciertas horas de la noche), de baja eficiencia energética, es decir con muchas pérdidas de potencia en forma de calor.
- Falta de coherencia entre los componentes luminosos de la instalación (fuentes de luz, luminarias, columnas o soportes) y los puramente eléctricos (cableados, cuadros de mando, sectorización, sistemas de gestión y control, etc.);
- Realización de una gestión y control de la instalación o instalaciones absolutamente manual y dependiente de un servicio de vigilancia y de otro de mantenimiento, costosos y a veces inoperantes.
- Falta de coherencia en las instalaciones desde el punto de vista estético relativo a la escala urbanística (soportes de luminarias de altura muy superior a la necesaria que sobrepasan las de las viviendas del entorno).
- Implantación inadecuada de las luminarias a las zonas a iluminar (situación de las luminarias de forma no apropiada, como por ejemplo luminarias que no iluminan las aceras, sino exclusivamente las calzadas).
- Existencia de formas estéticas muy tradicionales ya obsoletas o decadentes junto a otras muy afectadas y con complejidades de diseño

Todos estos inconvenientes detectados y que surgen de la necesidad de satisfacer a los ciudadanos, pero que se ha ejecutado de forma anárquica y ligada a la tecnología del momento es lo que se pretende evitar mediante la auditoría realizada y el Plan Director de alumbrado exterior obtenidas con las medidas propuestas.

### **3.2) VENTAJAS QUE APORTA EL PLAN DIRECTOR**

Las ventajas para el Ayuntamiento de tener elaborado el Plan Director de alumbrado exterior son múltiples y de gran relevancia para su buen funcionamiento:

- El Plan Director de alumbrado al estar bien elaborado va a permitir mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, a través de la mejora de la vida en la ciudad (consiguiendo resultados satisfactorios para un tráfico más fluido y seguro, así como un buen

ambiente ciudadano, habilitando los aumentos de comunicación en los espacios urbanos).

- Se consigue la creación de una conciencia ciudadana que permite a los habitantes del municipio sentirse orgullosos de las instalaciones que les facilitan la vida en el mismo, otorgándoles algo similar a lo que se siente por un cierto monumento emblemático de la ciudad.
- Con las actuaciones promovidas por el Plan Director de alumbrado no solo se consigue la satisfacción de los ciudadanos sino también de los visitantes, obteniéndose o recuperándose el carácter emblemático de la ciudad.
- El Plan Director busca preservar las condiciones medioambientales necesarias para garantizar una calidad de vida adecuada para los ciudadanos. Esta situación se puede conseguir limitando la emisión lumínica molesta, tanto hacia el cielo, como hacia las ventanas de los edificios colindantes, respetándose la ecología, la astronomía y la privacidad de los ciudadanos. Además, las luminarias deberán limitar su haz de distribución luminosa del modo más adecuado a las superficies que se pretende iluminar, valorándose notablemente las mayores eficiencias energéticas de las mismas en base a sus factores de utilización y a su utilancia (flujo luminoso sobre superficie a iluminar dividido por flujo luminoso emitido por la luminaria).
- Mediante la utilización de los componentes idóneos para la instalación se puede llegar a conseguir ahorros de explotación muy importantes además de las exigencias sociales en cuanto a reducción de la expulsión a la atmósfera del CO<sub>2</sub> que se generaría como consecuencia del exceso de energía eléctrica que no haría falta producir.
- Desde el punto de vista económico son varias las importantes razones que justifican la elaboración de un Plan Director de alumbrado:
  - Ahorros de consumo energético.
  - Prolongación de la duración de la vida de los elementos que componen la instalación como consecuencia de la utilización de equipos y sistemas con una mayor duración de vida útil y sobre todo cuando no se acortan las vidas de estos componentes por fenómenos tales como las sobretensiones de alimentación.
  - Disminución de actividades de supervisión y mantenimiento de la instalación.

### **3.3) DESARROLLO METODOLÓGICO DE LAS FASES DEL PLAN DIRECTOR Y DE LA AUDITORÍA**

Para el desarrollo de la auditoría se va a realizar un Plan Director de alumbrado que se realiza a través de una serie de pasos previos conducentes a obtener el documento final. Las fases de las que se compone este proceso de auditoría son las siguientes:

- 1) Recopilación de información previa.
- 2) Visita a las instalaciones y realización del inventario.
- 3) Diagnóstico y análisis. Propuestas de mejoras.
- 4) Análisis económico y energético de las propuestas.
- 5) Redacción de documento final y plan de actuaciones – Plan Director de alumbrado.

### **3.3.1) Fase 1 – Recopilación de información previa**

Esta es una fase previa al trabajo de campo, en la que se ha recopilado la información necesaria para la realización de la planificación y estudio previo del alumbrado exterior.

Esta información incluye:

- Cartografía municipal y callejero del municipio para su introducción posterior en el GIS.
- Recopilación de la toda la facturación de alumbrado público con al menos un periodo completo de 12 meses.
- Planos de detalle de redes, ubicación de centros de mando.
- Tipos de luminarias y de lámparas existentes.
- Datos disponibles de los cuadros y de los sistemas de encendido – apagado.
- Nivel de prestación en el mantenimiento actual.

### **3.3.2) Fase 2 – Visita a las instalaciones, realización de inventario y mediciones**

Esta es una fase crítica del proyecto dado que la precisión en la toma de datos consigue obtener gran precisión en los datos de ahorro, de ahí que se empleen herramientas y equipos que aporten esta precisión. En esta fase se han realizado las siguientes tareas:

- **Inventario energético de alumbrado exterior – software de inventario y gestión.** Este inventario se ha llevado a cabo mediante una herramienta software que facilitará la gestión posterior de los servicios públicos dado el entorno gráfico GIS que permite la geoposición y la introducción de todas las características técnicas y descriptivas de los elementos de las instalaciones (módulos de medida o punto de suministro, centro de mando o cuadro de control, puntos de luz, vías,...).

- **Medidas luminotécnicas.** Estas medidas se han realizado mediante un equipo de medición dinámica LX-GPS y mediante un luxómetro manual empleando el método de los 9 puntos, obteniéndose los mapas lumínicos y un informe exhaustivo de las mismas.
- **Medidas eléctricas.** Estas medidas se han realizado con el analizador trifásico GSC53 (HT), con el analizador trifásico CA 8335 (CHAUVIN-ARNOUX) y con la pinza vatimétrica (CHAUVIN-ARNOUX), obteniendo con el analizador de redes medidas a nivel global del centro de mando y con la pinza vatimétrica medidas para cada una de las fases del centro del mando y para cada uno de los circuitos del mismo.

El inventario ha permitido tener todo el alumbrado público controlado y detallado dado el grado de precisión que permite el software.

Las mediciones han permitido controlar una gran cantidad de variables las cuales han definido las instalaciones y han dado precisión a la auditoría. Entre las variables que se han registrado y controlado están las siguientes:

- Tensión e intensidad. Potencia activa, reactiva y aparente. Factor de potencia. Resistencia a tierra. Comprobación de protecciones.
- Niveles de iluminación (lux).

### **3.3.3) Fase 3 – Diagnostico y análisis. Propuesta de mejoras**

El análisis y explotación de toda la información recopilada ha conducido a una lista de propuestas de modificaciones y mejoras en el servicio, que serán valoradas, en términos de ahorro energético, económico y medioambiental. Para ello se han realizado los siguientes análisis:

- **Análisis de facturas y tarifas.** Se ha realizado una revisión y optimización de las potencias contratadas, así como la revisión y corrección de las posibles penalizaciones por exceso de energía reactiva. Analizándose el horario de funcionamiento, la modelización de los consumos y costes y proponiéndose las medidas de mejora.
- **Análisis de los niveles de iluminación.** Se ha realizado un análisis global de las instalaciones obteniendo los mapas temáticos de iluminación (mapa de niveles de iluminación, uniformidades, temático de alturas, tipo de fuentes de luz con potencias, clasificación energética, ineficientes,...), además de realizarse los cálculos luminotécnicos necesarios para establecer las propuestas de cambio y de mejora en la eficiencia energética, cumpliendo siempre la normativa vigente (iluminancia media, uniformidad media y extrema, resplandor luminoso, tipología de vía,...). Estos análisis han conducido a considerar medidas como reducción de potencia de las lámparas instaladas, sustitución por luminarias más eficientes, empleo de fuentes de luz de

elevada eficacia luminosa, utilización de luminarias eficientes energéticamente, utilización tecnología LED, uso de luminarias no contaminantes, redistribución de las luminarias, así como a elaborar un plan de mantenimiento adecuado a la situación futura.

- **Análisis de mediciones eléctricas.** Se han analizado los resultados de las medidas obtenidas con los equipos de análisis de redes (potencia de cada una de las fases, potencia total, equilibrio de fases, potencia reactiva, factor de potencia). El análisis de estos parámetros ha conducido a considerar medidas como las modificaciones en los contratos eléctricos, la corrección del factor de potencia, la optimización de los niveles de reducción de potencia, los excesos de potencia consumida y los ahorros potenciales de equipos de regulación que estabilizan la tensión.
- **Análisis de luminarias, lámparas y equipos auxiliares.** Se han estudiado los datos actuales de la instalación (tipo de lámpara, potencia de la lámpara, estado de conservación, limpieza y mantenimiento). En función de este análisis junto al análisis de los niveles de iluminación se determina la sustitución de las luminarias y balastos, la instalación de equipos reguladores y sistemas de regulación, la reinstalación o retirada de puntos de luz, así como la elaboración de un plan de mantenimiento.
- **Análisis de cuadros de mando y regulación.** Se ha analizado el funcionamiento de los sistemas de encendido, control y regulación enfocado a optimizar el encendido y apagado de las lámparas y el buen funcionamiento del sistema de regulación en caso de existencia. En el supuesto de que no exista sistema de regulación se ha instalado aquel que mejor se adapte a las condiciones de la instalación y permita obtener el máximo de los ahorros.
- **Análisis de equipos de maniobra y protección.** Se han analizado los cuadros e implementado las medidas encaminadas a la adaptación y cumplimiento del REBT (renovación cuadros obsoletos, adecuación cuadros con deficiencias leves, estabilización de fases, sistemas de telegestión para una futura integración en una futura Smart y elaboración de un plan de mantenimiento).

#### **3.3.4) Fase 4 – Análisis económico y energético de la propuesta**

Esta fase ha permitido caracterizar todas las propuestas desde el punto de vista energético, económico y medioambiental y así poder determinar aquellas soluciones óptimas para cada uno de los casos.

El ahorro energético y económico que genere cada medida será detallado de forma individual para así tener controlados todos los ahorros de forma pormenorizada:

- Ahorro de la mejora energética – porcentaje de ahorro con respecto al consumo actual.

- Ahorro por tipo de energía, los cambios de otros costos de operación, intereses y capital.
- Desglose de los gastos de mano de obra del proyecto, los contratistas, los materiales, gastos generales y vida útil de los cambios y las condiciones financieras asumidas como tipo de interés, precios de la energía actual, cualquier tasa de aumento, condiciones de pago para los prestamistas, inversores.

Los ahorros se han basado en la disminución de consumos, en el alargamiento de la vida útil y en el mantenimiento de la instalación

### ***3.3.5) Fase 5 – Redacción del documento final y plan de actuaciones – Plan Director de alumbrado público exterior***

Se han elaborado los documentos pertinentes de la auditoría de alumbrado exterior y se ha establecido el Plan Director que marcará la política de actuación a aplicar. Dentro de las operaciones que incluyen el Plan Director del alumbrado hay que remarcar las siguientes:

- Definición del ámbito de actuación, es decir, si se aplica sólo a las instalaciones de alumbrado de vías públicas y zonas ajardinadas y parques, si por el contrario sólo se aplica a alumbrado de edificios y monumentos del Municipio, o si se aplica a la totalidad de las instalaciones de alumbrado de uno y otro tipo.
- Determinación de las Actividades Sociales y de Tráfico por sectores, manzanas o barrios.
- Establecimiento, de los Requisitos Técnicos fundamentales a satisfacer en las instalaciones de alumbrado, denominados Criterios de Calidad, según las actividades antes recogidas y que son entre otros: niveles medios mantenidos de iluminación, uniformidades de iluminación, control del deslumbramiento, limitación del flujo contaminante hacia el hemisferio superior, etc.
- Redacción de propuestas de carácter estético que permitan acometer los Proyectos de las distintas instalaciones de una forma armónica y coherente en su resultado final y en su conjunto.
- Fijación de condicionantes básicos comunes para todas las instalaciones desde el punto de vista eléctrico, incluyendo la seguridad, la gestión y el control de las citadas instalaciones.
- Fase de puesta en práctica, con evaluación de las prioridades dictadas por las necesidades básicas, técnicas y financieras.

- Confección del Documento de Seguimiento que permita controlar la puesta en práctica del Plan Director de alumbrado.

#### **4) ESTADO Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR**

El estado actual de las instalaciones hay que conocerlo de forma exhaustiva para definir mucho mejor cuales son las medidas a poder aplicar y los ahorros que nos pueden generar.

Dentro del estado actual de las instalaciones se deben controlar los siguientes aspectos:

- Suministro energético
- Centros de mando (sistemas de encendido, sistemas de regulación, equipos de maniobra y protección,...)
- Puntos de luz (luminarias, lámparas, equipos auxiliares,...)
- Niveles de iluminación (análisis del servicio prestado)

##### **4.1) SITUACIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES**

El alumbrado público del municipio de Marbella se compone de mas de 319 centros de mando (se han inventario 319 centros de mando y durante el inventario al no poder acceder a algunos centros de mando que mantiene carreteras, se han inventario los puntos de luz de estos centros de mando y se han asignado los puntos a un centro de mando ficticio CM (SIN ACCESO)). Estos centros de mando se encuentran repartidos a lo largo de todo el municipio (Plano 04 (291 de mantenimiento municipal y 29 de mantenimiento de carreteras contando el ficticio), el cual tiene una superficie de 116,82 km<sup>2</sup> y una población de 139.537 habitantes censados (año 2015).

Los 319 centros de mando que gestionan toda la red de alumbrado público, centralizan 19.006 puntos de luz, aunque existen 19.064 lámparas, dado que hay puntos de luz que tienen dos o más lámparas, lo que ofrece una media de 59,57 puntos de luz y 59,76 lámparas por centro de mando, si los repartimos en función del mantenimiento de los mismos se tiene:

- Mantenimiento municipal: 291 centros de mando, 16.623 puntos de luz, 16.681 lámparas, ofreciendo una media de 59,16 puntos de luz y 59,36 lámparas por centro de mando.
- Mantenimiento de Carreteras: 29 centros de mando (se incluye el ficticio (CM (SIN ACCESO)) que engloba los centros de mando a los que no se ha tenido acceso), 2.383

puntos de luz, 2.383 lámparas, ofreciendo una media de 63,71 puntos de luz y 63,71 lámparas por centro de mando.

El horario de funcionamiento vendrá determinado por los equipos de encendido y apagado instalados en cada uno de los centros de mando, según el reloj astronómico el número de horas es de aproximadamente 4.310 horas, pero dado que por indicaciones municipales los centros de mando funcionan con un atraso y un adelanto de unos 15 minutos respecto del horario de encendido y apagado que fijaría el reloj astronómico se toma como referencia que el número de horas del último año ha sido aproximadamente de 4.128 horas.

#### **4.2) SUMINISTRO ENERGÉTICO**

En el alumbrado exterior únicamente existe suministro eléctrico. En Marbella se tienen localizados 298 contratos para el suministro eléctrico con la compañía ENDESA ENERGÍA, S.A, hay centros de mando de los que no se ha podido localizar el contrato asociado. En la Tabla 1 del Anexo I se muestra el listado de todos los centros de mando (los 319 centros de mando además de una serie de puntos que no han podido ser asignados a ningún centro de mando y han sido englobados en el CM (SIN ACCESO)) donde vienen reflejados todos los datos relativos al punto de suministro (dirección de suministro, CUPS, tarifa contratada y potencia contratada).

Por cada centro de mando de alumbrado exterior es fundamental conocer el estado de facturación del suministro energético y un estudio detallado del mismo, analizando el término de potencia y el término de energía, para así llegar a obtener una optimización de la factura. En la Tabla 2 del Anexo I se muestra una tabla resumen del consumo eléctrico (kWh) desglosado mensualmente por cada uno de los centros de mando, así como el coste anual de facturación, mientras que en la Tabla 3 del Anexo I se muestra de forma resumida el consumo eléctrico (kWh) desglosado por cada periodo tarifario. De forma resumida y global al punto de suministro se muestra en la Tabla 4 del Anexo I los consumos energéticos, los costes de facturación, así como las emisiones de CO<sub>2</sub> que en el caso de la situación actual son de 4.586,14 tonCO<sub>2</sub>/año (4.273,19 tonCO<sub>2</sub>/año debidas al alumbrado público y 312,95 tonCO<sub>2</sub>/año debidas a otros elementos) y deben ser reducidas en la búsqueda de la mejora de la eficiencia energética. Hay que reseñar que de los centros de mando de la ciudad de Marbella cuelgan algunos otros elementos (semáforos, cámaras de vigilancia, barreras automáticas, kioskos, riego,...), aunque su consumo es pequeño en comparación con el consumo del alumbrado exterior, tal y como se puede observar en la Tabla 2 y Tabla 3 del Anexo I, así como en términos globales sus consumos y costes de facturación en la Tabla 4 del Anexo I. Estos consumos de otros elementos se han podido detectar a partir de las mediciones realizadas a los centros de mando y de las desviaciones observadas en la facturación de los centros de mando.

**4.2.1) Tipos de tarifa y potencia contratada (análisis del término de potencia)**

En el alumbrado de Marbella se tienen localizados 298 contratos de suministro eléctrico, del resto no se han podido localizar los contratos, existiendo una tarifa que predomina sobre las demás la 2.0DHA. Hay que reseñar que se han localizado 15 centros de mando que pertenecen a suministros mayores donde el consumo principal no es alumbrado público (son edificios municipales o zonas deportivas), luego los costes asociados al término de potencia no le son imputables al alumbrado público. La potencia media contratada obviando los suministros no propios de alumbrado es de 10,12 kW en el total de la instalación. A continuación se muestran los diferentes contratos existentes (Tabla 1) y el porcentaje que representa cada tipo de tarifa (Figura 1), así como el rango de potencias actualmente contratadas (Tabla 2, Figura 2).

Tabla 1.- Tipos de contratos existentes

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
TARIFA 2.0A	8
TARIFA 2.0DHA	181
TARIFA 2.1A	2
TARIFA 2.1DHA	51
TARIFA 3.0A	56
TARIFA DESCONOCIDA	12

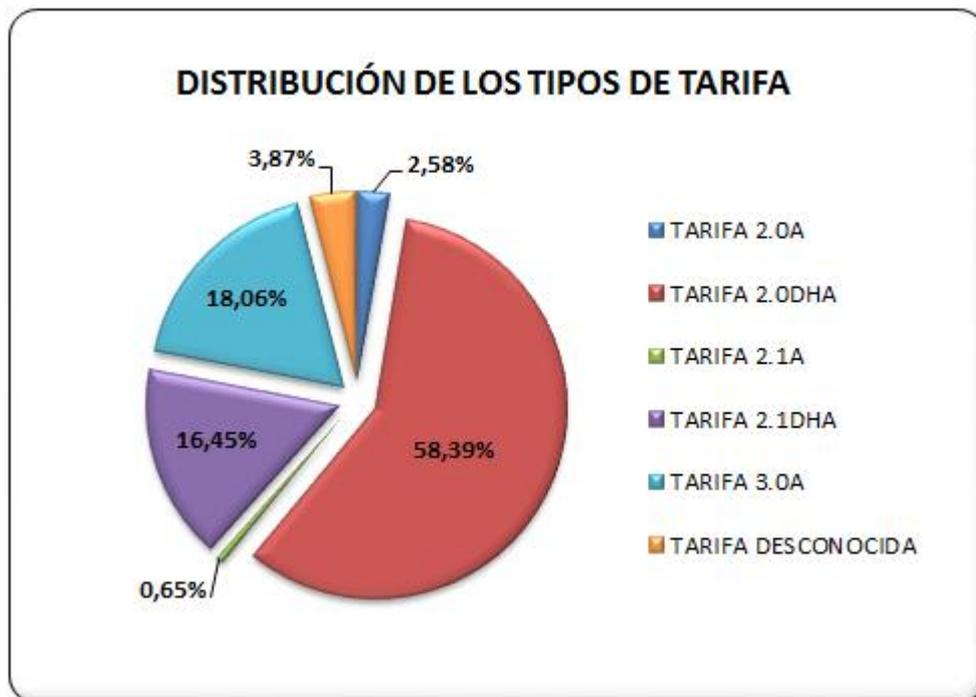


Figura 1.- Distribución de los tipos de contratos eléctrico

Tabla 2.- Rango de potencias contratadas

POTENCIA CONTRATADA (kW)	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
0 - 2 kW	15
2 - 4 kW	70
4 - 6 kW	50
6 - 8 kW	34
8 - 10 kW	20
10 - 15 kW	53
> 15 kW	56

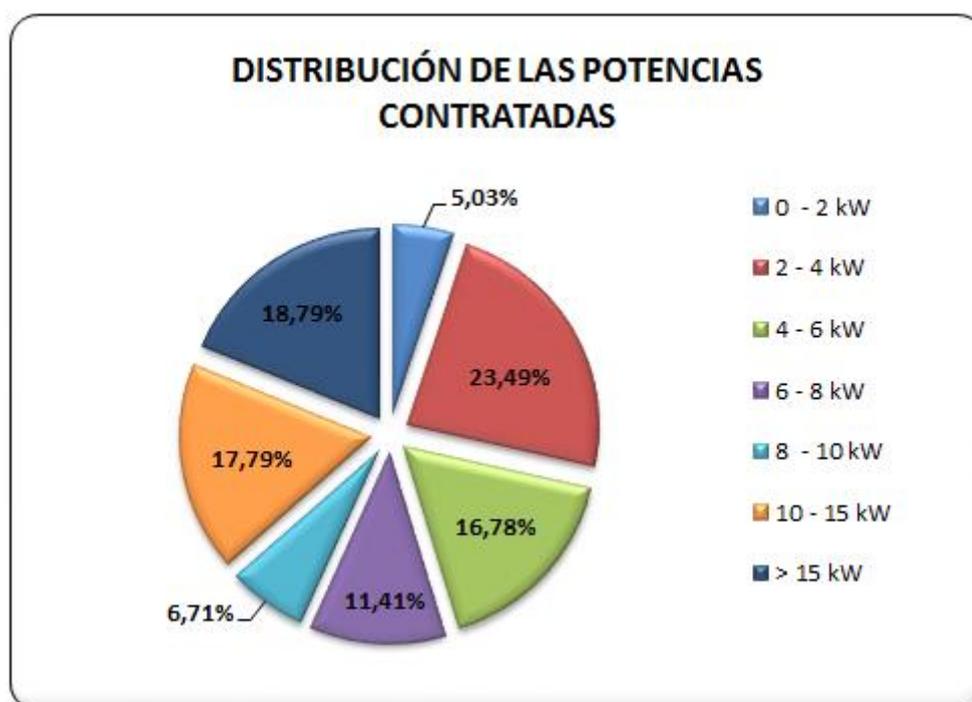


Figura 2.- Distribución de los contratos en función de la potencia contratada

Los centros de mando de la ciudad de Marbella como se verá posteriormente presentan una potencia media instalada (lámparas + balastos) de 10,21 kW, lo que indica que en términos globales los contratos se encuentran optimizados dado que la potencia media contratada es prácticamente similar a la potencia instalada. A pesar de que en términos globales parezca esté optimizado hay que realizar un análisis exhaustivo a cada punto de suministro para ver si es posible realizar una optimización en alguno de ellos e incluso detectar si en algún suministro se pueden producir penalizaciones.

Para realizar la optimización de la potencia contratada se dispone de los datos mensuales de un año completo por lo que se ha realizado un análisis exhaustivo de cada suministro eléctrico, analizando los picos máximos de potencia registrados en cada uno de los periodos

para así establecer la idoneidad de la potencia contratada actual. A continuación se puede observar el número de contratos que exceden la potencia contratada que son aquellos contratos en los que se puede realizar una optimización mayor, los que ya están optimizados y aquellos en los que sería necesario un aumento de la potencia a contratar para evitar las penalizaciones (Tabla 3, Figura 3).

Tabla 3.- Situación actual de los contratos en función de la potencia contratada

POTENCIA CONTRATADA	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
EXCESO	98
CORRECTO	36
DEFECTO	164
SIN DATOS	12

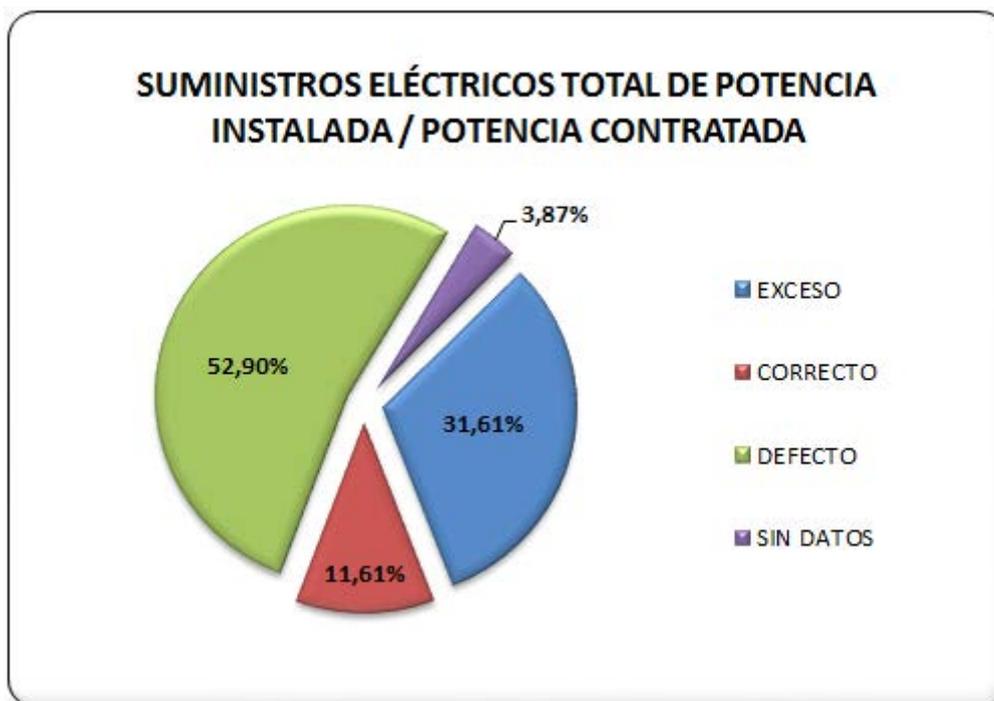


Figura 3.- Situación actual de los contratos en función de la potencia contratada

En la Figura 3 se observa que con el funcionamiento actual existe un número elevado de suministros que tienen un defecto de potencia contratada (52,90% del total de los contratos) por lo que sería conveniente realizar una revisión de estos contratos y aumentar la potencia a contratar para evitar penalizaciones. Hay que reseñar que en una amplia mayoría de los centros de mando que tienen una potencia contratada menor que la potencia instalada no se están produciendo penalizaciones por excesos de potencia al carecer de máxímetro, siendo esta una posible razón para no haber realizado una adecuación de las potencias contratadas aunque puede haber otras razones como carecer de disponibilidad de potencia por parte de la compañía eléctrica.

Dado que se tiene conocimiento del tipo de tarifa existente actualmente en los centros de mando del alumbrado público de Marbella se pueden obtener los costes medios por tarifa y periodo tarifario para el término de potencia (Tabla 4).

Tabla 4.-Costes asociados al término de potencia por periodos tarifarios

	P1 (€/kW día)	P2 (€/kW día)	P3 (€/kW día)	Precio medio (€/kW día)
TARIFA 2.0A	-	-	-	0,115187
TARIFA 2.0DHA	-	-	-	0,115187
TARIFA 2.1A	-	-	-	0,121766
TARIFA 2.1DHA	-	-	-	0,121766
TARIFA 3.0A	0,111586	0,066952	0,044634	-

A la vista de los precios del término de potencia se tiene un coste total asociado de 204.445,87 €/año. En la Tabla 5 se muestra este coste total desglosado por cada uno de los periodos tarifarios.

Tabla 5.-Costes asociados al término de potencia por periodos tarifarios

	P1	P2	P3	TOTAL
TÉRMINO POTENCIA (€/año)	148.305,82	34.138,06	22.001,99	204.445,87

#### 4.2.2) *Análisis del término de energía*

Al igual que para el análisis del término de potencia se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo del término de energía para cada suministro. Para realizar este análisis energético se dispone de los datos mensuales de un año completo por lo que se va a proceder a analizar la evolución mensual del consumo y la tendencia en la curva de consumos, además de establecer los consumos por periodo de facturación, dado que la predominancia en el periodo nocturno es el alumbrado exterior. Además de los consumos relativos al alumbrado exterior hay que reseñar que de los centros de mando de la ciudad de Marbella cuelgan algunos otros elementos (semáforos, cámaras de vigilancia, barreras automáticas, kioskos, riego,...), aunque su consumo es pequeño en comparación con el consumo del alumbrado exterior. El consumo y coste en aquellos centros de mando que se desconoce la tarifa actual se ha estimado con la tarifa mas adecuada en base a la potencia actualmente instalada y al horario de funcionamiento de alumbrado público. En algunos suministros cuyo contrato pertenece realmente a un edificio del cual cuelga el alumbrado exterior (edificio (iluminación, equipos de fuerza, climatización) y el alumbrado público,...), el consumo de factura no es realmente de alumbrado público sino que se corresponde con el consumo total del suministro, debido a esto

para tener un análisis más concreto de la parte correspondiente al alumbrado se han desgregado los consumos del alumbrado y el consumo del edificio ha sido obviado.

El consumo global es de 13.897.407,04 kWh/año (el consumo de edificios ha sido eliminado) pero tal y como se ha comentado anteriormente anteriormente es importante desgregar los consumos, dado que se factura el consumo del alumbrado público (12.949.065,69 kWh/año (93,18%)) y los consumos de otros elementos (948.341,35 kWh/año (6,82%), todos estos consumos en los suministros de mantenimiento municipal) que a la vista de los números se puede decir que son consumos pequeños tal y como se había afirmado anteriormente. En la Tabla 6 y en la Figura 4 se muestra de forma desglosado por periodos tarifarios y tipos de tarifas los consumos asociados al alumbrado público y a los otros elementos.

Tabla 6.- Desglose del consumo energético por periodos tarifarios del consumo de alumbrado público

		P1	P2	P3	TOTAL
<b>TOTAL ALUMBRADO (kWh/año)</b>	<b>2.0A</b>	140.817,20	0	0	140.817,20
	<b>2.0DHA</b>	1.485.028,10	0	4.418.140,71	5.903.168,81
	<b>2.1A</b>	107.022,53	0	0	107.022,53
	<b>2.1DHA</b>	615.143,48	0	1.880.705,06	2.495.848,54
	<b>3.0A</b>	530.000,88	977.885,55	2.794.322,18	4.302.208,61
	<b>TOTAL</b>	<b>2.878.012,19</b>	<b>977.885,55</b>	<b>9.093.167,95</b>	<b>12.949.065,69</b>
<b>TOTAL OTROS ELEMENTOS (kWh/año)</b>	<b>2.0A</b>	0	0	0	0
	<b>2.0DHA</b>	140.868,60	0	93.923,00	234.791,60
	<b>2.1A</b>	51.279,31	0	0	51.279,31
	<b>2.1DHA</b>	188.474,34	0	68.190,29	256.664,63
	<b>3.0A</b>	108.232,92	250.674,74	46.698,15	405.605,81
	<b>TOTAL</b>	<b>488.855,17</b>	<b>250.674,74</b>	<b>208.811,44</b>	<b>948.341,35</b>
<b>TOTAL SUMINISTROS (kWh/año)</b>	<b>2.0A</b>	140.817,20	0	0	140.817,20
	<b>2.0DHA</b>	1.625.896,70	0	4.512.063,71.	6.137.960,41
	<b>2.1A</b>	158.301,84	0	0	158.301,84
	<b>2.1DHA</b>	803.617,82	0	1.948.895,35	2.752.513,17
	<b>3.0A</b>	638.233,80	1.228.560,29	2.841.020,33	4.707.814,42
	<b>TOTAL</b>	<b>3.366.867,36</b>	<b>1.228.560,29</b>	<b>9.301.979,39</b>	<b>13.897.407,04</b>

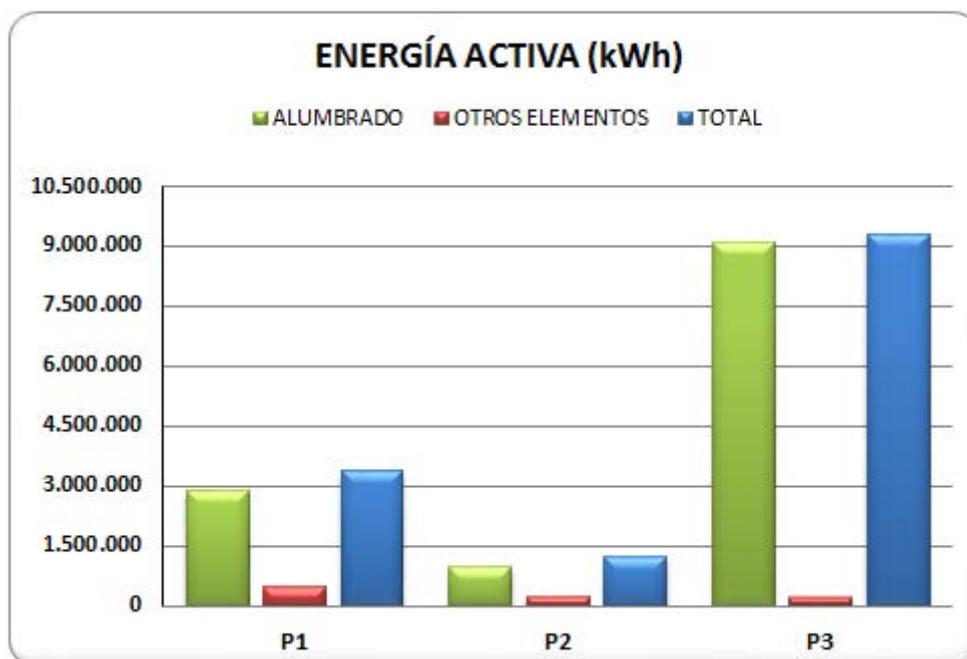


Figura 4.- Consumo de energía activa distribuida por periodos tarifarios

En el caso que nos ocupa solo nos interesa el consumo debido al alumbrado público por lo que todos los cálculos de auditoría serán sobre este consumo, es interesante también conocer los consumos de forma mensual, en la Figura 5 y en la Tabla 7 se pueden observar estos consumos, viéndose perfectamente la curva de carga del alumbrado público con mayores consumos en los meses de invierno y menor consumo en los de verano dado que hay más horas de luz y no es necesario tenerlo tantas horas encendidas.

Tabla 7.- Desglose del consumo energético de forma mensual

CONSUMO ENERGÉTICO (kWh)	TOTAL ALUMBRADO	TOTAL OTROS ELEMENTOS	TOTAL SUMINISTROS
ENERO	1.309.012,95	87.857,71	1.396.870,66
FEBRERO	1.105.860,74	72.711,68	1.178.572,43
MARZO	1.122.510,34	84.505,74	1.207.016,08
ABRIL	980.527,32	82.267,78	1.062.795,10
MAYO	919.584,27	79.236,54	998.820,81
JUNIO	856.095,77	79.533,88	935.629,66
JULIO	897.531,04	78.166,00	975.697,04
AGOSTO	978.509,38	76.965,46	1.055.474,84
SEPTIEMBRE	1.043.673,13	74.006,29	1.117.679,43
OCTUBRE	1.166.463,54	75.317,93	1.241.781,47
NOVIEMBRE	1.231.503,33	71.263,99	1.302.767,32
DICIEMBRE	1.337.793,87	86.508,33	1.424.302,21
<b>TOTAL</b>	<b>12.949.065,69</b>	<b>948.341,35</b>	<b>13.897.407,04</b>

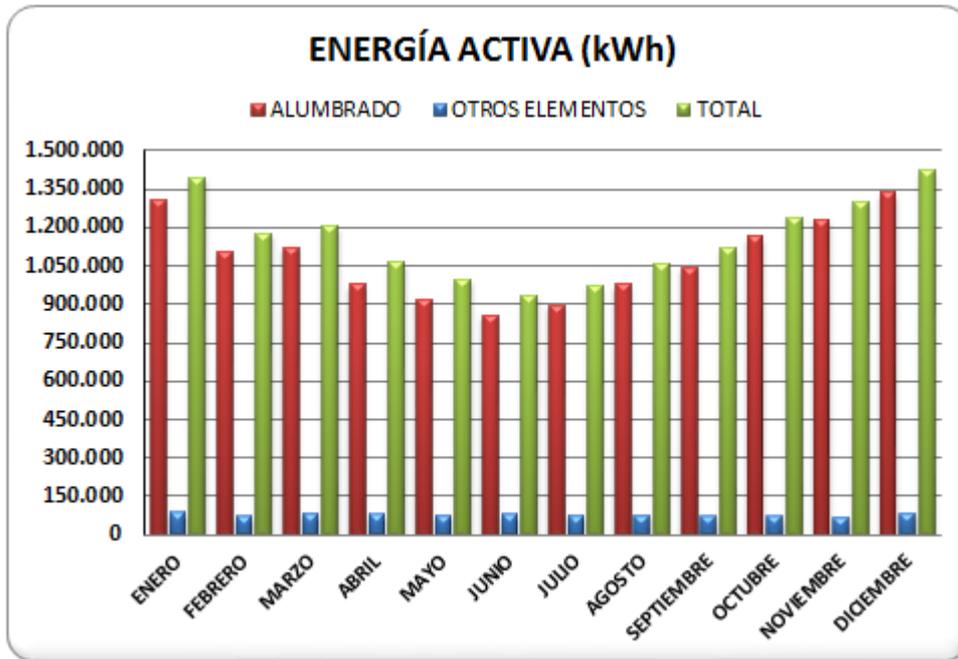


Figura 5.- Consumo de energía activa distribuida de forma mensual

Este consumo global obtenido de la facturación de cada uno de los centros de mando es el real de la instalación. Este matiz de real es importante dado que durante el inventario se ha detectado que aproximadamente unos 1.860 puntos (9,8% del total de puntos, que se corresponde con un 10% del total de potencia instalada) se encuentran fuera de servicio, ya bien sea por problemas en la línea de distribución, porque la lámpara se encuentra fundida o bien porque sea un punto de luz que actualmente no está operativo. El motivo de que cierto número de lámparas se encuentre fuera de servicio hace que la línea teórica de funcionamiento en el supuesto de funcionar al 100%, sería un 10,61% superior a la real, por lo tanto el consumo debido al alumbrado sería de 14.322.926,05 kWh/año. Teniendo en cuenta el consumo de los otros elementos se tendría un total de 15.271.267,38 kWh/año.

A la vista de los datos obtenidos y conocido el consumo global de la instalación, así como los consumos desgregados, es interesante conocer el número de puntos de suministro con mayor consumo de energía activa discriminándolos en función del consumo anual (en el Anexo I aparecen desglosados los consumos), tal y como se muestra en la Tabla 8 los puntos de suministros de Marbella en términos globales no tienen un tamaño determinado dado que existen tanto suministros de pequeño consumo como de gran consumo (Figura 6), de media 42.529,56 kWh anuales teniendo en cuenta el consumo de otros elementos, sin tener en cuenta estos consumos se tienen 39.470,39 kWh anuales (solo alumbrado público exterior).



Figura 6.- Distribución de los puntos de suministro en función de la energía activa anual consumida

Tabla 8.- Puntos de suministro en función de energía activa anual consumida

CONSUMO ANUAL (kWh)	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
0 - 10.000	39
10.000 - 20.000	45
20.000 - 30.000	51
30.000 - 40.000	53
40.000 - 50.000	34
> 50.000	88

También es fundamental determinar aquellos puntos de suministro en los que el consumo de energía reactiva es facturable (Figura 7), actualmente solamente en 23 suministros están facturándola representando únicamente el 7,44% de la totalidad de los puntos de suministro. En los suministros donde se ha observado energía reactiva facturable sería necesario colocar baterías de condensadores, para así eliminar este sobrecoste innecesario de la instalación. El sobrecoste en algunos suministros es ínfimo y por lo tanto la instalación de una batería se haría difícil de amortizar (en la Tabla 4 del Anexo I se pueden ver los suministros con energía reactiva facturable y el importe asociado).

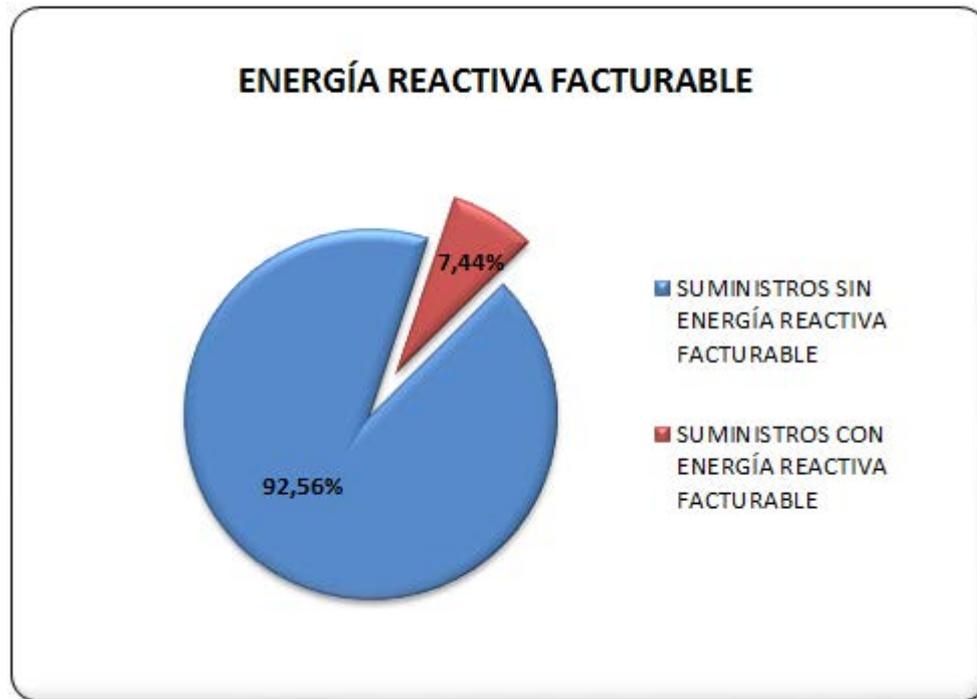


Figura 7.- Suministros con energía reactiva facturable

Dado que se tiene conocimiento del tipo de tarifa existente actualmente en los centros de mando del alumbrado público de Marbella se pueden obtener los costes medios por tarifa y periodo tarifario (Tabla 9). De forma global a todos los contratos el precio medio independientemente del periodo tarifario para el alumbrado de Marbella es de 0,093007 €/kWh día.

Tabla 9.- Costes asociados al término de energía por periodos tarifarios

	P1 (€/kWh día)	P2 (€/kWh día)	P3 (€/kWh día)	Precio medio (€/kWh día)
<b>TARIFA 2.0A</b>	0,118329	-	-	<b>0,118329</b>
<b>TARIFA 2.0DHA</b>	0,144401	-	0,064753	<b>0,084790</b>
<b>TARIFA 2.1A</b>	0,154562	-	-	<b>0,154562</b>
<b>TARIFA 2.1DHA</b>	0,172278	-	0,095758	<b>0,114617</b>
<b>TARIFA 3.0A</b>	0,131650	0,105928	0,075577	<b>0,089384</b>

El coste total de alumbrado asociado al término de energía activa es de 1.204.348,50 €/año, siendo el total de los suministros de 1.321.818,52 €/año dado que hay que sumar el coste de los otros elementos (117.470,02€) que como ya se han comentado anteriormente se encuentran colgando de los suministros de propiedad municipal y tienen un coste pequeño en comparación al alumbrado. Por otro lado se tiene el coste asociado a la energía reactiva facturable que como se puede observar en la Tabla 10 es ínfimo en comparación con el coste total de la energía activa, siendo su coste asociado de 5.736,01 €/año. En la Tabla 10 se muestra el coste de energía activa y de reactiva desglosado para los suministros.

Tabla 10.- Costes asociados al término de energía activa y energía reactiva para los suministros

COSTE ANUAL (€/año)		TOTAL SUMINISTROS
TÉRMINO ENERGÍA ACTIVA ALUMBRADO	P1	423.394,69
	P2	103.585,46
	P3	677.368,35
	<b>TOTAL</b>	<b>1.204.348,50</b>
TÉRMINO ENERGÍA ACTIVA OTROS ELEMENTOS	P1	74.763,32
	P2	26.553,47
	P3	16.153,23
	<b>TOTAL</b>	<b>117.470,02</b>
<b>TÉRMINO ENERGÍA ACTIVA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1.321.818,52</b>
<b>TÉRMINO ENERGÍA REACTIVA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>5.736,01</b>

#### 4.2.3) Otros términos de facturación

Además de los términos de potencia y de energía, en la facturación existen otros términos en este caso puramente económicos que son el impuesto eléctrico, el alquiler de equipos de medida y el IVA. Estos tres términos puramente económicos son conocidos a partir de la facturación, por lo que se pueden conocer los costes atribuibles a cada uno de ellos para así poder establecer cómo se distribuyen dentro de la facturación y la importancia que tienen cada uno de ellos (Tabla 11).

Tabla 11.- Costes asociados al impuesto eléctrico, alquiler de equipos e IVA

COSTE ANUAL (€/año)		TOTAL SUMINISTROS
ALUMBRADO	ALQUILER EQUIPOS MEDIDA	11.156,54
	IMPUESTO ELÉCTRICO	72.320,64
	IVA	314.581,59
OTROS ELEMENTOS	IMPUESTO ELÉCTRICO	6.005,89
	IVA	25.929,94
TOTAL	ALQUILER EQUIPOS MEDIDA	11.156,54
	IMPUESTO ELÉCTRICO	78.326,53
	IVA	340.511,53

#### 4.2.4) Resumen de costes de facturación

El coste actual de facturación de los contratos de suministro eléctrico pertenecientes al alumbrado público de Marbella es de 1.621.483,48 €/año IVA no incluido (IVA = 340.511,53

€/año), de los cuales 1.498.007,57 €/año IVA no incluido (IVA = 314.581,59 €/año) son imputables al alumbrado público y 123.475,90 €/año IVA no incluido (IVA = 25.929,94 €/año) son imputables a los otros elementos consumidores de energía. En la Tabla 12 se muestran los costes de facturación totales para los suministros de alumbrado de Marbella.

Este coste total se debe como ya se ha mencionado anteriormente al término de potencia, al término de energía activa, al término de energía reactiva, al alquiler de equipos de medida, al impuesto eléctrico y al IVA, por este motivo es importante conocer cuál es el peso de cada una de las partidas (Figura 8) y así conocer donde se debe actuar para conseguir una mayor eficiencia en la gestión y por lo tanto mayores ahorros.

Tabla 12.- Costes totales de facturación

COSTE ANUAL (€/año)		TOTAL SUMINISTROS
ALUMBRADO	COSTES SIN IVA	1.498.007,57
	IVA	314.581,59
	<b>COSTES FACTURACIÓN</b>	<b>1.812.589,16</b>
OTROS ELEMENTOS	COSTES SIN IVA	123.475,90
	IVA	25.929,94
	<b>COSTES FACTURACIÓN</b>	<b>149.405,84</b>
TOTAL	COSTES SIN IVA	1.621.483,48
	IVA	340.511,53
	<b>COSTES FACTURACIÓN</b>	<b>1.961.995,01</b>

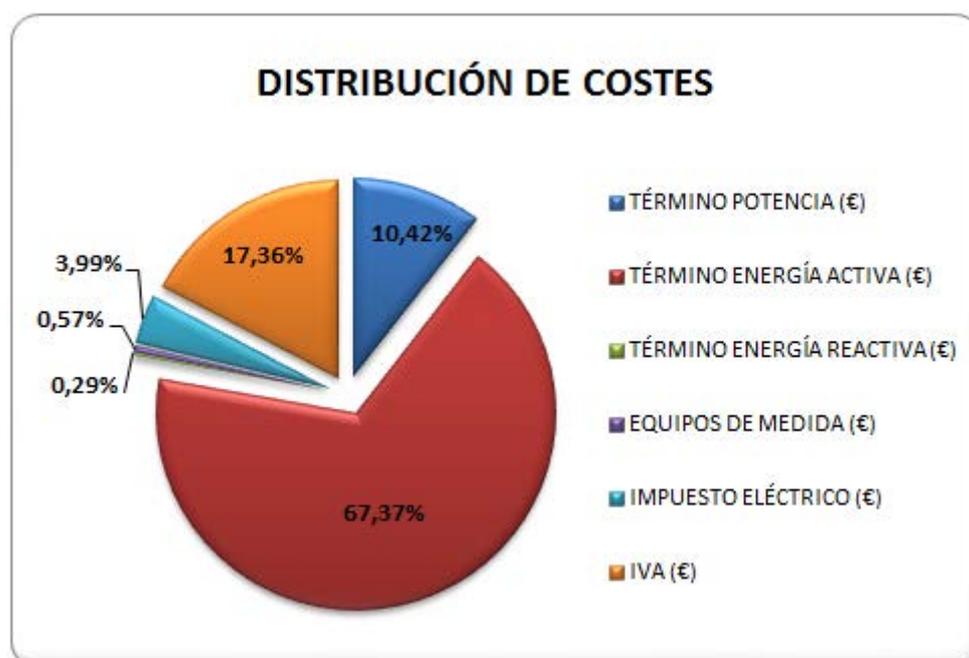


Figura 8.- Distribución de los costes del suministro energético

En la Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4 del Anexo I se muestra el análisis tanto a nivel energético, como a nivel de costes respectivamente.

#### 4.3) CENTROS DE MANDO

La red de alumbrado público se encuentra gestionada por 319 centros de mando inventariados (291 de mantenimiento municipal y los 28 de mantenimiento de carreteras (no se incluye el ficticio que engloba los centros de mando a los que no se ha tenido acceso)) se encuentran repartidos a lo largo de todo el municipio (Plano 04). Estos cuadros se encargan de gestionar todos los puntos de luz por lo que se ha hecho un análisis exhaustivo (mediciones, inventario,...) de la situación actual que permitirá determinar el estado de las instalaciones, todo ello perfectamente documentado en la información GIS facilitada, así como en las tablas resumen del Anexo II.

##### 4.3.1) Potencia instalada

La potencia total instalada en el alumbrado de Marbella es de 2.844,56 kW (solo luminarias), repartida a lo largo de la ciudad en 19.006 puntos de luz que son 19.064 lámparas lo que hace que se tenga de media por cada centro de mando 8,72 kW instalados, con un ratio de 145,98 W por lámpara. Las luminarias tienen un consumo adicional de aproximadamente el 16,5% debido al balastro, siendo éste un valor medio obtenido de las mediciones realizadas en campo. Esto hace que la potencia total instalada sea de 3.318,76 kW y de media por cada centro de mando 10,18 kW instalados, con un ratio de 170,38 W por lámpara. En la Tabla 13 se muestran estos parámetros para la totalidad de los centros de mando de la instalación.

Tabla 13.- Potencia total y ratios de alumbrado teniendo en cuenta el balastro

		TOTAL SUMINISTROS*
<b>Nº PUNTOS DE LUZ</b>		19.006
<b>Nº LÁMPARAS</b>		19.064
<b>LÁMPARAS</b>	<b>POTENCIA (kW)</b>	2.844,56
	<b>POTENCIA / CENTRO DE MANDO (kW)</b>	8,72
	<b>POTENCIA / LÁMPARA (W)</b>	145,98
<b>LÁMPARAS + BALASTRO</b>	<b>POTENCIA (kW)</b>	3.318,76
	<b>POTENCIA / CENTRO DE MANDO (kW)</b>	10,18
	<b>POTENCIA / LÁMPARA (W)</b>	170,38
<b>*NOTA:</b> El CM (SIN ACCESO), no se ha tenido en cuenta a la hora de obtener los promedios		

A la vista de los datos mostrados anteriormente que dan idea de la potencia total instalada, es interesante conocer el número de puntos de centros de mando con mayor

potencia instalada discriminándolos en función de la potencia total instalada (solo luminarias), tal y como se puede ver en la Tabla 14. En la Figura 9 se muestra la distribución de los centros de mando en función de la potencia instalada de forma porcentual observando que no tienen un tamaño determinado dado que existen tanto centros de mando de pequeña potencia instalada como de gran potencia instalada.

Tabla 14.- Discriminación de los centros de mando en función de la potencia instalada

POTENCIA INSTALADA (kW)	Nº DE CENTROS DE MANDO (TOTAL)
0 - 2,5 kW	43
2,5 - 5 kW	56
5 - 7,5 kW	60
7,5 - 10 kW	47
> 10 kW	104

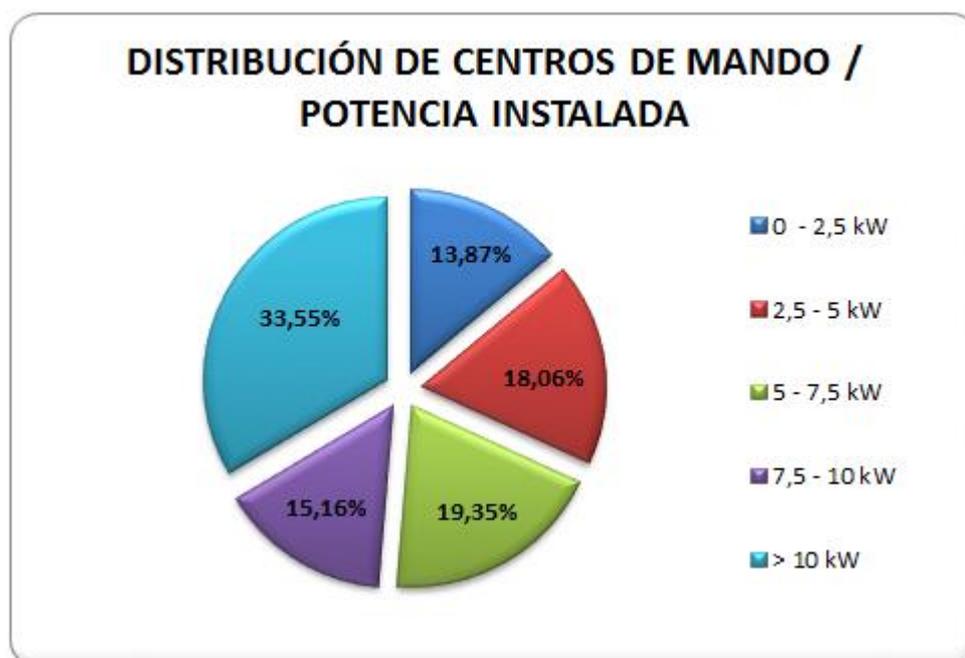


Figura 9.- Distribución de los centros de mando en función de la potencia instalada

En la Tabla 1 del Anexo II se detalla el número de puntos de luz, el número de lámparas instaladas, así como la potencia instalada solo lámparas y la potencia total instalada de cada uno de los centros de mando.

#### 4.3.2) Tipo de acometida

La mayoría de los centros de mando del alumbrado público del ayuntamiento de Marbella, tienen acometida individual. Existen algunos centros de mando de alumbrado público que se encuentran en el interior de edificios donde el suministro se realiza a través de la acometida

del edificio, así como algunos centros de mando que comparten acometida al estar ambos compartiendo suministro, siendo estos la excepción del alumbrado de Marbella.

#### ***4.3.3) Montaje del centro de mando respecto el mobiliario urbano y del contador respecto del centro de mando***

Los centros de mando del alumbrado público de Marbella se encuentran ubicados en exterior (en zócalos, adosados a fachada,...), en interior (dentro de un edificio o dentro de una caseta con puerta metálica), e incluso empotrados en fachadas. Lo ideal es que todos los centros de mando se encuentren ubicados en exterior dado que de esta forma es más fácil un posible desplazamiento para una futura reubicación por modificaciones urbanísticas u otras razones. En la Imagen 1, Imagen 2, Imagen 3, Imagen 4 se muestran las configuraciones de montaje zócalo, fachada, interior y empotrado respectivamente.



Imagen 1.- Centro de mando montado sobre zócalo (CM-308)



Imagen 2.- Centro de mando adosado a fachada (CM-066)



Imagen 3.- Centro de mando ubicado en interior de caseta con puerta metálica (CM-060)



Imagen 4.- Centro de mando empotrado en fachada (CM-067)

El motivo de montar centros de mando sobre zócalo o fachada es que con el paso de los años las vías del municipio pueden cambiar lo que implica en algunos casos el derribo del centro de mando mientras que si el centro de mando es móvil se puede instalar en cualquier otro emplazamiento sin que los equipos de protección se vean afectados, de ahí que lo ideal sea eliminar en un futuro el montaje de centros de mando empotrados. En la Tabla 15 se muestra el número de centros de mando en función de la tipología de instalación y en la Figura 10 se puede ver el porcentaje que representa cada tipología de instalación, tal y como se observa predomina el montaje en interior (alojado en caseta) (72,41%). Este tipo de instalación confiere a la instalación de una menor versatilidad para adaptarse ante posibles modificaciones en los viales del municipio, aunque por otro lado dota a la instalación de un menor impacto visual y una mayor integración de los centros de mando con el entorno de los viales. En la Tabla 2 del Anexo II se muestran la tipología de montaje para cada centro de mando.

Tabla 15.- Número de centros de mando en función de la tipología de montaje

TIPO DE MONTAJE	Nº DE CENTROS DE MANDO (TOTAL)
EXTERIOR-ADOSADO EN FACHADA	46
EXTERIOR-EMPOTRADO EN FACHADA	33
EXTERIOR-OTRO MONTAJE	1
EXTERIOR-SOBRE ZÓCALO	1
INTERIOR-OTRO MONTAJE	2
INTERIOR-ADOSADO EN PARED	5
INTERIOR-ALOJADO EN CASETA	231

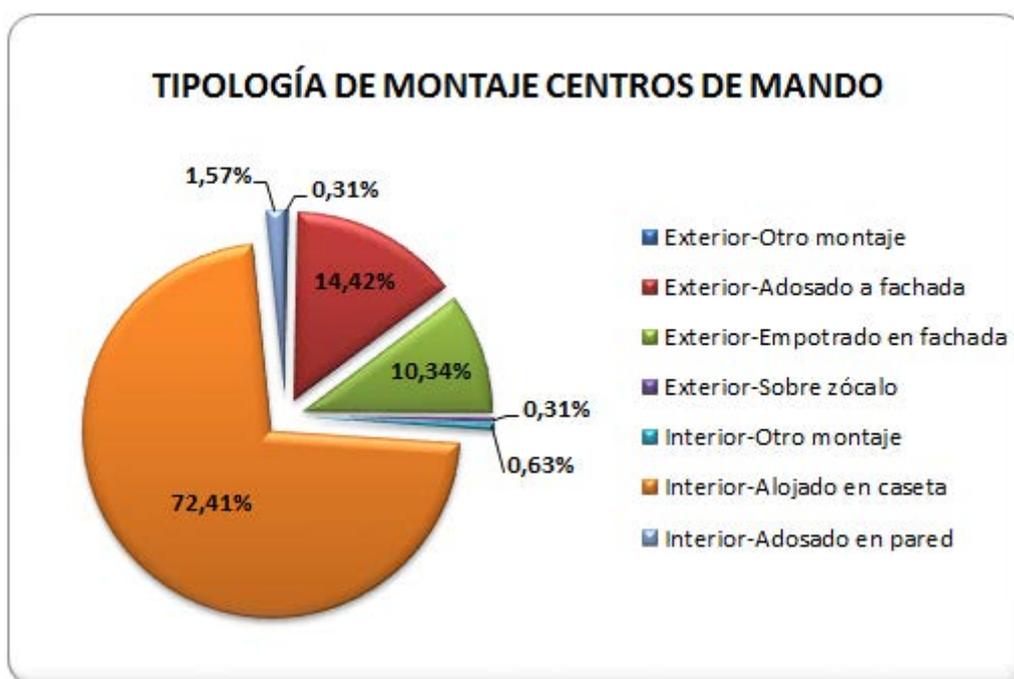


Figura 10.- Distribución de los centros de mando en función del tipo de montaje

Por otro lado el equipo de medida de la compañía eléctrica no se encuentra en el interior del centro de mando, sino que aparece en un módulo adyacente totalmente independiente por lo que se cumple en todo instante lo fijado y marcado por el REBT.

#### 4.3.4) *Materiales de fabricación de los centros de mando*

Los centros de mando de Marbella están principalmente fabricados en poliéster (89,66%) (Imagen 5) lo que hace que la instalación tenga menos seguridad frente a impactos o actos vandálicos pero da una mayor protección al ciudadano al evitar los contactos directos a tensión al ser el centro de mando un material aislante. Para dotar de mayor robustez y protección frente a actos vandálicos a la instalación cuando se realiza el montaje exterior alojado en caseta se coloca una puerta metálica (Imagen 6), y los elementos de medida se encuentran situados en un módulo independiente. En material metálico se encuentran fabricados un 10,03%, lo que confiere a la instalación de una mayor seguridad frente a los actos vandálicos. Dentro de los centros de mando metálicos principalmente se encuentran los de la tipología mostrada en la Imagen 7y existe un centro de mando que no tiene envolvente al alojarse en el interior de un edificio.



Imagen 5.- Cuadro poliéster (CM-205)



Imagen 6.- Cuadro de poliéster (CM-210)



Imagen 7.- Cuadro metálico (CM-355)

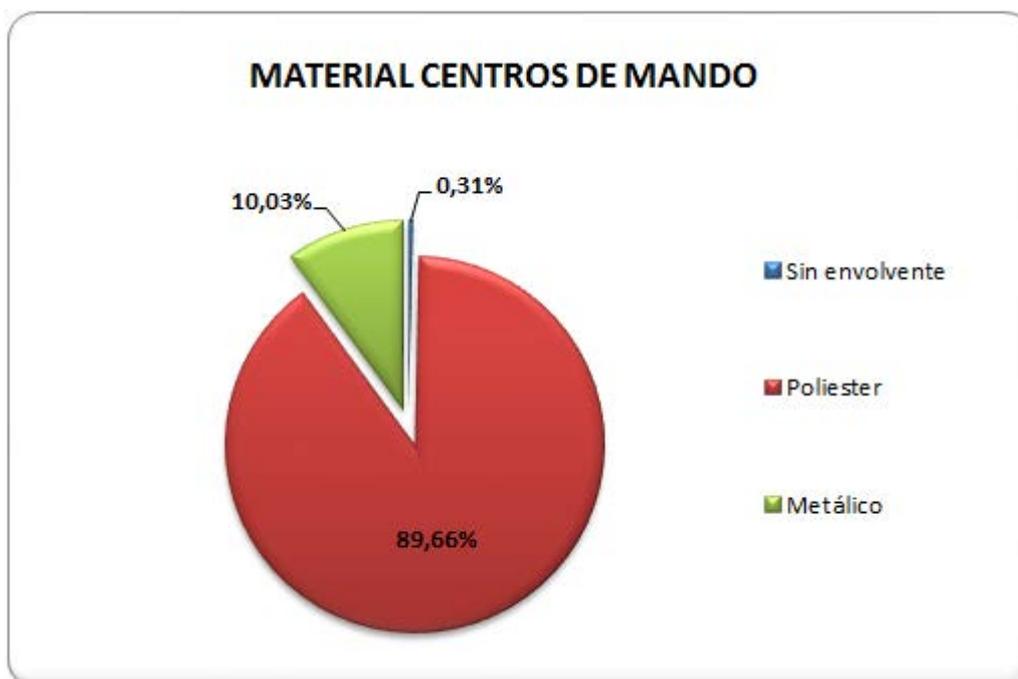


Figura 11.- Distribución de los centros de mando en función del tipo de material de construcción.

Tabla 16.- Número de centros de mando en función del tipo de material de construcción

TIPO DE MONTAJE	Nº DE CENTROS DE MANDO (TOTAL)
SIN ENVOLVENTE	1
POLIÉSTER	286
METÁLICO	32

Tanto en la Figura 11 (relación porcentual) como en la Tabla 16 (relación absoluta) se muestra el número de cuadros en función del material de construcción del mismo. En la Tabla 2 del Anexo II se muestra de forma resumida el tipo de material del centro de mando. De forma más detallada en el Anexo III se puede ver el reportaje fotográfico para cada uno de los centros de mando existentes.

#### 4.3.5) *Sistemas de medida*

Los sistemas de medida existentes en el alumbrado de Marbella son mayoritariamente de tipo electrónico lo que permite llevar un control exhaustivo del gasto energético por tramos horarios y permite conocer todos los datos relativos a la energía activa, la energía reactiva (si la tarifa asociada al centro de mando permite la facturación de la reactiva) y los picos de demanda máxima de potencia, este último parámetro fundamental para poder realizar un ajuste de las potencias contratadas, aunque también se han podido observar contadores de tipo electromecánico en la instalación teniendo en este caso una menor fiabilidad y un menor control y seguridad en la facturación. Tal y como se ha comentado anteriormente los módulos

se encuentran principalmente separados del centro de mando (Imagen 8 (sistema de medida electrónico), Imagen 9 (sistema de medida electromagnético)), aunque también existen algunos dentro del propio centro de mando tal como el mostrado en la Imagen 7.



Imagen 8.- Módulo de medida electrónico en centro de mando (CM-001)



Imagen 9.- Módulo de medida electromagnético en centro de mando (CM-032)

#### 4.3.6) *Acometida, líneas de distribución y equipos de maniobra y protección*

En el alumbrado de Marbella las acometidas son subterráneas prácticamente en la totalidad de los centros de mando, mientras que en las líneas de distribución se observan las tres tipologías de montaje típicas: mixta, enterrada bajo tubo y aérea trenzada.

Las líneas de distribución de tipo mixto (aéreo y subterráneo) se encuentran sobre todo en la zona del casco urbano de Marbella dado que gran cantidad de las líneas se distribuyen a lo largo de las fachadas. Las líneas de distribución enterradas bajo tubo se encuentran sobre todo en las zonas de avenidas, zonas poligonales y zonas más alejadas del casco urbano, y las líneas de distribución aéreas trenzadas sobre todo en las zonas periféricas y más aisladas del Ayuntamiento de Marbella.

Los equipos de maniobra y protección (contactores, magnetotérmicos, diferenciales,...) son de muy diversas marcas y clases dada la cantidad de centros de mando existentes, aunque de forma generalizada tienen un funcionamiento correcto y mayoritariamente cumplen el reglamento, en las imágenes mostradas anteriormente se puede ver la estructura de montaje más empleada en el alumbrado de Marbella.

La puesta a tierra de los centros de mando es un elemento primordial a comprobar en los centros de mando dado que es la forma de evitar los contactos directos a tensión. Durante el proceso de auditoría se ha observado que este es uno de los elementos a subsanar dado que actualmente el 9,09% de los centros de mando se encuentran sin puesta a tierra y sería necesario colocarla dado que son metálicos y por otro lado el 26,65% de los centros de mando no cumplen el reglamento a pesar que tienen puesta a tierra por tener un valor superior a  $30\Omega$  o sección inferior a  $16\text{ mm}^2$ , aunque hay que reseñar que la mayoría de centros de mando que

no cumplen son de poliéster y según reglamento al no ser material conductor no sería necesaria la instalación de tierra. En definitiva solo el 5,02% de los centros de mando que actualmente tienen puesta a tierra se encontrarían dentro de la legalidad en el cumplimiento de la misma, aunque hay que indicar que al ser la inmensa mayoría de poliéster no es necesaria su colocación por eso existe un 59,25% de centros de mando que no tienen puesta a tierra y no es necesaria su instalación (Tabla 17, Figura 12). En cambio en las líneas de distribución se observa red de puesta a tierra y llega a prácticamente la totalidad de las luminarias.

Tabla 17.- Situación actual de la red de puesta a tierra en los centros de mando

PUESTA A TIERRA	Nº DE CENTROS DE MANDO (TOTAL)
CORRECTA	16
EXISTE (NO CORRECTA)	85
NO EXISTE	29
NO NECESARIA	189

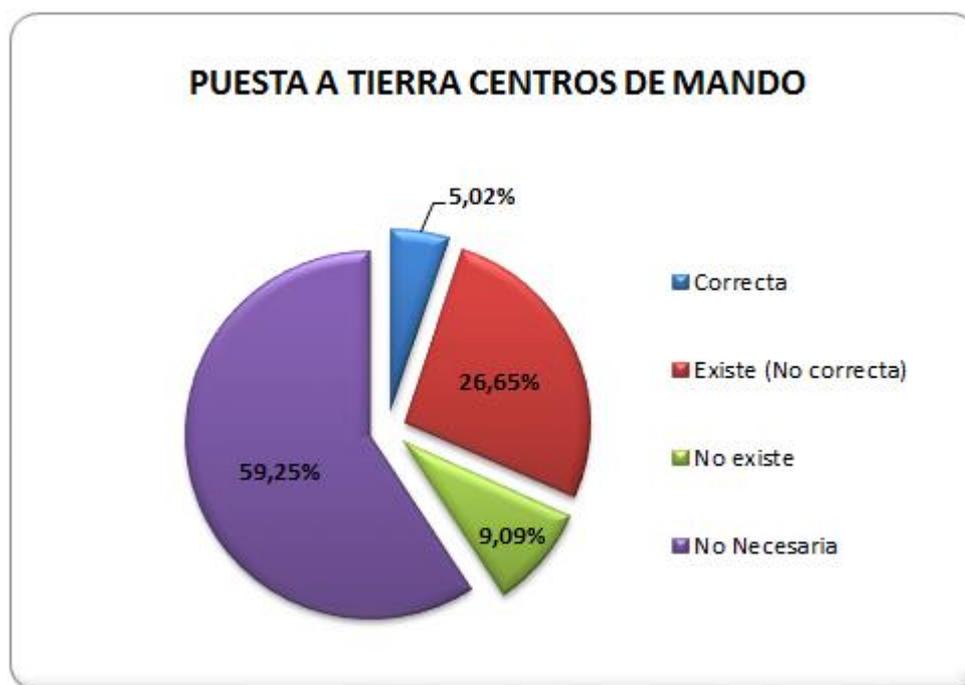


Figura 12.- Situación de la red de puesta a tierra en los centros de mando

Todos los parámetros de los equipos de protección, así como de la puesta a tierra de los centros de mando están detallados en la Tabla 2 del Anexo II.

#### **4.3.7) Sistemas de encendido y apagado**

Los sistemas de encendido y apagado son los sistemas que garantizan que el horario de funcionamiento del alumbrado público se adapte perfectamente al ciclo de iluminación

natural, con el fin de evitar los espacios de tiempo en penumbra y la iluminación innecesaria en ciertos momentos del día.

Los sistemas de control de encendido y apagado más comunes son las células fotoeléctricas, los relojes analógicos, los relojes digitales, los relojes astronómicos y los programadores astronómicos telegestionables. En el caso del alumbrado público de Marbella predominan los relojes astronómicos (92,19%). En la Tabla 18 se muestra el número de centros de mando con las diferentes tipologías de sistema de encendido y apagado, mientras en la Figura 13 la relación en términos porcentuales.

Tabla 18.- Tipos de sistemas de encendido y apagado

TIPO DE SISTEMA DE ENCENDIDO	Nº DE EQUIPOS (TOTAL)
RELOJ ASTRONÓMICO	295
RELOJ ANALÓGICO	24

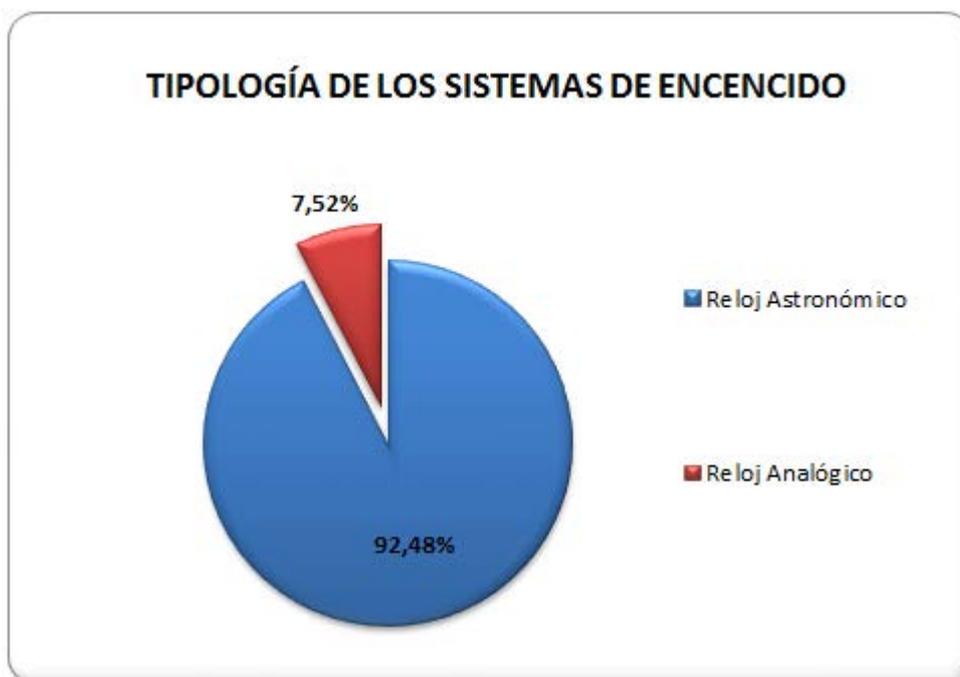


Figura 13.- Distribución de los equipos de encendido y apagado en función de su tipología

Dado que en el alumbrado de Marbella son casi todos los sistemas de tipo astronómico se tiene un control absoluto sobre la instalación dado que no requieren de ajustes cada cierto tiempo al funcionar de acuerdo a la longitud y a la latitud de donde se encuentre ubicado el centro de mando, pudiéndose programar para encendidos parciales o reducciones, siendo este ya un elemento de ahorro en la instalación. En el caso de Marbella se tienen programados con un atraso y un adelanto de 15 minutos sobre el encendido y apagado respectivamente.

Tanto en los relojes astronómicos (Imagen 10) como en los analógicos (Imagen 11) la marca más utilizada es ORBIS. Tanto en la Tabla 19, como en la Figura 14 se muestran los

diferentes modelos de equipos de encendido y apagado existentes actualmente de forma absoluta y porcentual respectivamente.



Imagen 10.- Modelo ORBIS astronómico (CM-033)



Imagen 11.- Modelo ORBIS analógico (CM-084)

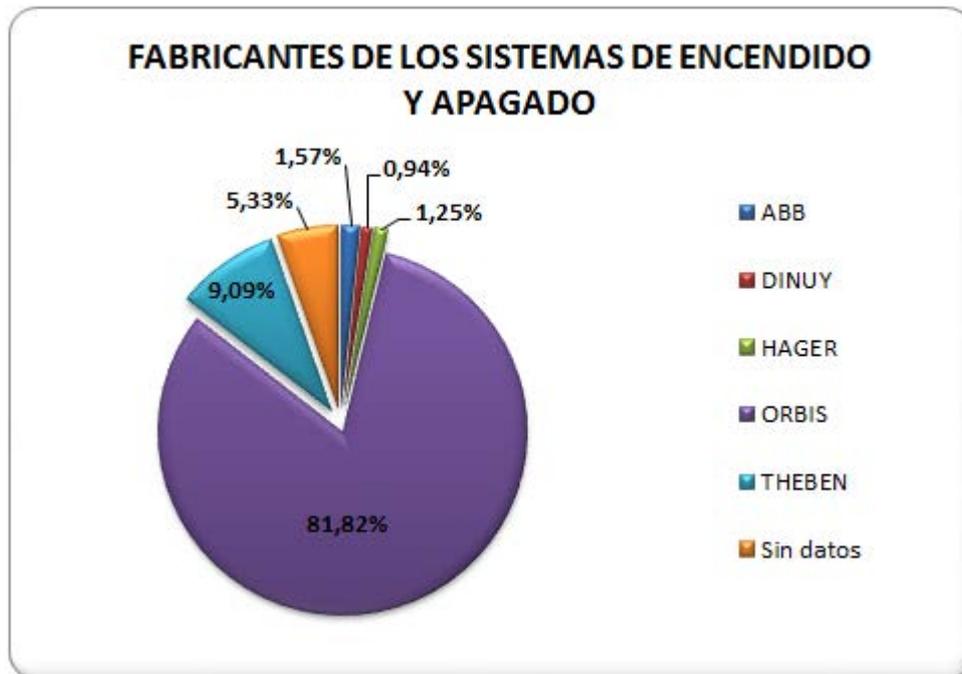


Figura 14.- Modelos y fabricantes existentes de los equipos de encendido y apagado

Tabla 19.- Modelos y fabricantes de los sistemas de encendido y apagado

TIPO DE SISTEMA DE ENCENDIDO	Nº DE EQUIPOS (TOTAL)
ABB	5
DINUY	3
HAGER	4
ORBIS	261
THEBEN	29
SIN DATOS	17

En la Tabla 3 del Anexo II se muestra con más detalle cada uno de los sistemas de encendido y apagado.

#### **4.3.8) Sistemas de regulación**

Según las características de la zona a tratar, el nivel de iluminación varía, por lo que resulta interesante conseguir ahorros energéticos en las horas de mínima circulación o actividad reduciendo los niveles de iluminación y la potencia solicitada mediante la regulación del flujo emitido.

En el caso de Marbella la existencia de sistemas de regulación es prácticamente nula, detectándose únicamente regulación en 5 centros de mando y siendo básicamente una regulación basada en balastos de doble nivel. Los centros de mando que presentan regulación consiguen ahorros energéticos que oscilan entre el 15% y el 25%, siendo la reducción energética aportada ínfima.

#### **4.3.9) Parámetros eléctricos y diagnóstico del centro de mando**

Los parámetros eléctricos son todas las mediciones realizadas en el centro de mando. De cada uno de los centros de mando se han realizado mediciones puntuales (se ha medido el centro de mando de forma global con un analizador trifásico, se ha realizado medición de todas las fases de todas las salidas de los centros de mando, medición de todas las tierras y comprobación de todos los diferenciales y protecciones) (Tabla 4, Tabla 5 del Anexo II).

Al analizar los centros de mando no se han observado sobretensiones, ni variaciones apreciables en la frecuencia del suministro, lo que indica que las tensiones son correctas y no se van a producir ni excesos de consumos, ni pérdidas en las líneas, ni efectos negativos sobre las luminarias. Por otro lado el consumo de las fases en las mediciones se observa que es homogéneo, es decir que la intensidad en valor eficaz es similar en las tres fases, lo que indica que las luminarias se encuentran bien repartidas entre los circuitos. A pesar de la existencia de una buena distribución entre las fases en la mayoría de los centros de mando se ha detectado una intensidad de neutro muy elevada, en algunos casos superando el valor eficaz de las intensidades de fase. También se ha podido observar que los centros de mando se encuentran a nivel global bien compensados con factores de potencia superiores a 0,95, de ahí que el número de centros de mando donde se factura energía reactiva es ínfimo, aunque habría que realizar una compensación a nivel de fases, dado que existe un número importante de centros de mando cuyas salidas tienen factores de potencia inferiores a 0,9.

El análisis visual y realizado en campo de los centros de mando (Anexo III), junto con las mediciones (Tabla 4, Tabla 5 del Anexo II), permite elaborar una ficha de diagnóstico para cada centro de mando (Anexo IV), que detalla los defectos encontrados en cada centro de mando. Los problemas que más se repiten son la inexistencia de puesta a tierra o valores muy elevados de la misma en algunos centros de mando, la inexistencia de protecciones diferenciales en

todas las salidas de algunos centros de mando y la no identificación de los conductores ni la chapa identificativa en gran parte de los centros de mando.

Otros problemas detectados aunque en menor medida, pero muy graves son la existencia de puntos accesibles bajo tensión en aquellos centros de mando con la envolvente metálica en malas condiciones y la inexistencia de protección contra sobretensiones. Hay que reseñar que al existir en su amplia mayoría centros de mando de poliéster este problema se encuentra minimizado.

Además del análisis extraído de las mediciones se ha realizado uno complementario mediante termografías a la mayoría de los centros de mando (Anexo III), este análisis aporta información fundamental dado que permite determinar los puntos calientes del centro de mando evitando así problemas o fallos inmediatos. Durante el análisis termográfico se ha revisado la temperatura de funcionamiento de los diferentes componentes del centro de mando (protecciones magnetotérmicas, protecciones diferenciales, contactores, baterías de condensadores,...), así como de los conductores realizándose un diagnóstico individualizado para cada centro de mando. De forma generalizada se puede decir que los centros de mando funcionan con unos parámetros correctos, dado que no se ha observado unos sobrecalentamientos o puntos calientes excesivos.

#### 4.4) PUNTOS DE LUZ

Los puntos de luz del alumbrado público se encuentran gestionados por 319 centros de mando inventariados (291 de mantenimiento municipal y los 28 de mantenimiento de carreteras (no se incluye el ficticio que engloba los centros de mando a los que no se ha tenido acceso)). Actualmente se tienen 19.006 puntos de luz (se incluyen los puntos de luz asociados al centro de mando ficticio), aunque existen 19.064 lámparas, dado que hay puntos de luz que tienen dos o más lámparas, lo que ofrece una media de 59,57 puntos de luz y 59,76 lámparas por centro de mando. Si los repartimos en función del mantenimiento de los mismos se tiene:

- Mantenimiento municipal: 291 centros de mando, 16.623 puntos de luz, 16.681 lámparas, ofreciendo una media de 59,16 puntos de luz y 59,36 lámparas por centro de mando.
- Mantenimiento de Carreteras: 28 centros de mando (no se incluye el ficticio (CM (SIN ACCESO)) que engloba los centros de mando a los que no se ha tenido acceso), 2.383 puntos de luz, 2.383 lámparas, ofreciendo una media de 63,71 puntos de luz y 63,71 lámparas por centro de mando.

El punto de luz es el elemento que transforma la energía eléctrica en luz visible y la proyecta para iluminar una zona determinada; está constituido por cuatro sistemas muy diferenciados según la función que realizan: **la lámpara, el equipo auxiliar, la lumbrera y el soporte**. La eficiencia energética global dependerá de la eficiencia de cada uno de estos

componentes, exceptuando a los soportes. En el Anexo V se muestra de forma desglosada por cada centro de mando todos los puntos de luz inventariados en la red de alumbrado público.

#### 4.4.1) Lámparas

Las lámparas son los dispositivos encargados de producir la luz. Las lámparas empleadas en el alumbrado exterior deben caracterizarse por unas características impuestas por las exigencias fijadas por el propio funcionamiento. Las dos características fundamentales a cumplir por las lámparas son las siguientes:

- Eficacia luminosa: Una eficacia luminosa elevada disminuye a la vez los costes de la instalación (potencia instalada) y los gastos de explotación o funcionamiento (energía consumida).
- Duración de la vida útil: Se define como la duración de la vida óptima desde el punto de vista de su coste de funcionamiento (el precio más bajo de la relación lumen / hora). La vida útil de la lámpara dependerá de dos factores técnicos fundamentales:
  - La duración de la vida real de las lámparas en las condiciones de utilización y de instalación.
  - El flujo luminoso de la lámpara y su evolución en el transcurso del tiempo.

En el alumbrado público de Marbella se han encontrado los tipos de lámparas empleados en todas las instalaciones de alumbrado público. Estos tipos son los siguientes:

- **Lámparas de vapor de sodio de alta presión (VSAP):** Son luminarias con alta eficacia luminosa dado que pueden dar entre 100 – 130 lm/W, con una vida útil entre 20.000 – 30.000 horas. Las potencias encontradas en el alumbrado público de Marbella son las más comunes siendo estas de 70 W, 100 W, 150 W, 250 W, 400 W (Figura 15).

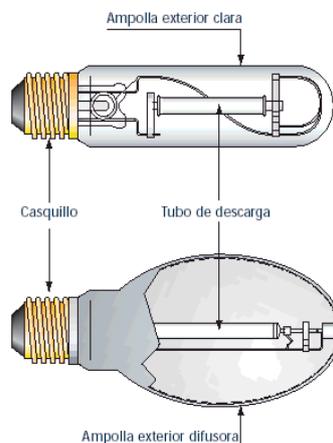


Figura 15.- Lámpara VSAP

- **Lámparas de vapor de mercurio (VM):** Son luminarias con una eficacia baja en comparación a las VSAP dado que pueden dar entorno a los 60lm/W. Su vida útil se encuentra entre las 16.000 – 20.000 horas. Las potencias encontradas en el alumbrado público de Marbella son las más comunes siendo estas de 80 W, 125 W y 250 W (Figura 16).

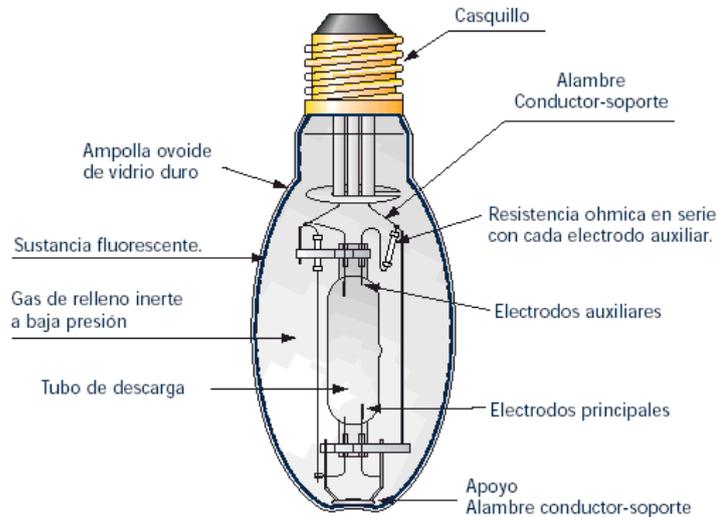


Figura 16.- Lámpara de vapor de mercurio

- **Lámparas de halogenuros metálicos (HM):** Son lámparas de vapor de mercurio a alta presión que además contienen otros componentes. Existen dos tipos (halogenuros metálicos cerámicos y halogenuros metálicos de cuarzo). Pueden dar una luminosidad entre los 80 – 120 lm/W, con una vida útil entre 10.000 – 15.000 horas. Las potencias existentes van desde los 35 W hasta los 400 W (35 W, 50 W, 70 W, 100 W, 150 W, 250 W y 400 W) (Figura 17).

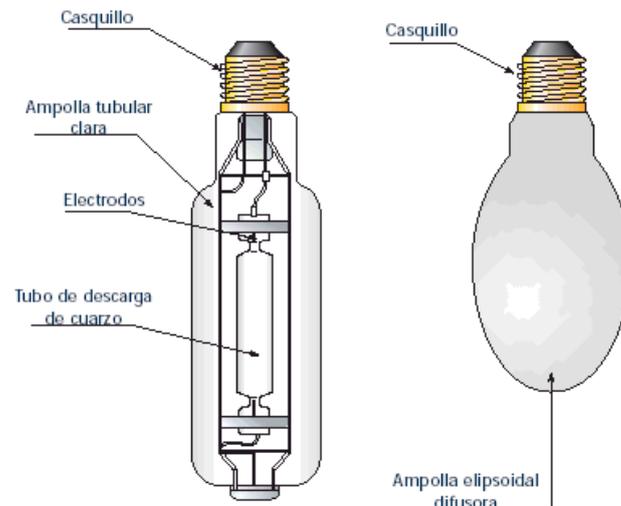


Figura 17.- Lámpara de halogenuros metálicos

- **Leds (LEDS):** Son diodos emisores de luz. Son los más populares actualmente y en el alumbrado de Marbella se ha podido observar la existencia de equipos aunque todavía de forma residual. Presentan una vida útil muy alta, superior a 80.000 horas. Su eficacia luminosa va en aumento dado que ya se consiguen en algunos casos más de 130 lm/W. El rango de potencias de luminarias LED encontrado en Marbella es muy diverso existiendo una amplia variedad (Figura 18).

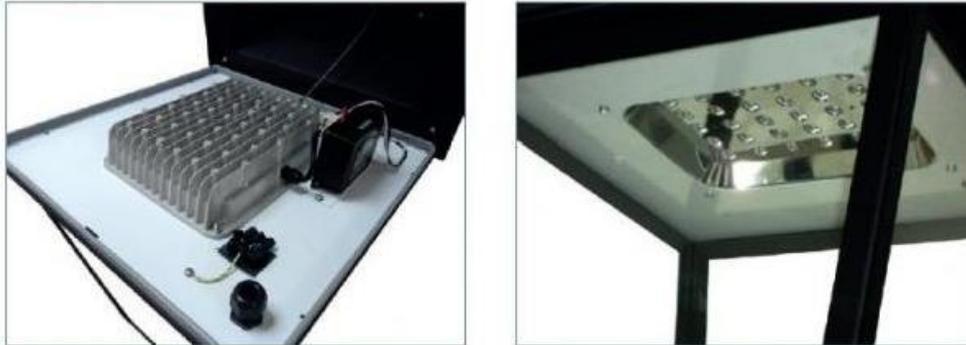


Figura 18.- Luminaria con LEDS.

- **Fluorescentes:** Se distinguen dos tipologías los fluorescentes de tubo (FT) y los fluorescentes compactos (FC). La vida útil de estos equipos es diversa dado que pueden ir desde las 8.000 a las 20.000 horas. Su eficacia luminosa al igual que su vida útil es diversa teniendo valores entre 50 – 70 lm/W. Las potencias de fluorescente compactos es muy diversa (10 W, 18 W, 26 W,...), mientras que de fluorescentes de tubo se tienen principalmente de 14 W, 18 W, 24 W, 36 W, 40 W, 48 W, 55 W y 56 W. (Figura 19).

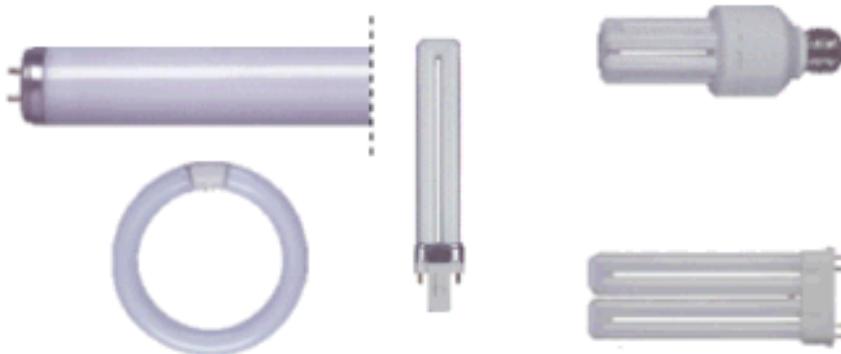


Figura 19.- Lámparas fluorescentes compactas y de tubo

- **Incandescentes:** Son lámparas muy ineficientes y de muy baja duración (1.000 horas). En alumbrado público se encuentran en vías de extinción, aunque existen algunas todavía en ojos de buey o plafones pero en proceso de sustitución (Figura 20).

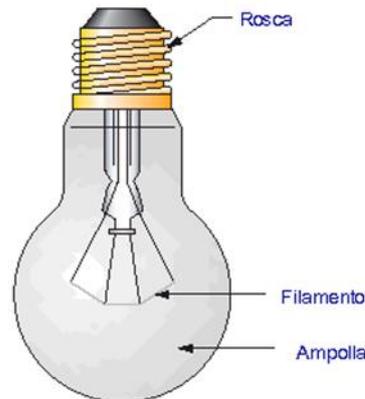


Figura 20.- Lámpara incandescente

- **Halógena:** Su vida útil puede variar desde las 2.000 a 4.000 horas de funcionamiento. Presentando una eficacia luminosa entre 10 - 30 lm/W. El rango de potencias existentes es muy diverso, encontrándose en Marbella potencias de 16 W y 18 W (Figura 21).

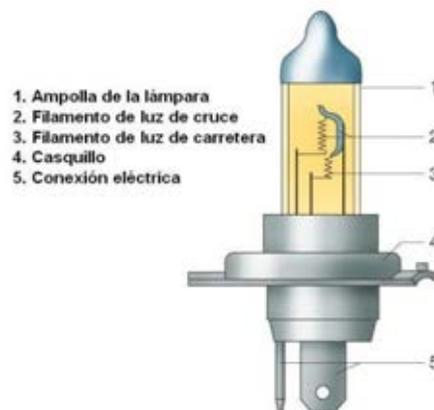


Figura 21.- Lámpara halógena.

En el alumbrado público de Marbella se tienen las principales tipologías existentes en el mercado, predominando sobre el resto las luminarias de halogenuros metálicos (43,34%) y las de vapor de sodio de alta presión (VSAP), con el 40,86%, el resto representan un porcentaje muy bajo, siendo las siguientes las luminarias LED (7,53%), vapor de mercurio (3,94 %), fluorescentes compactos y de tubo (2,44% y 1,26% respectivamente), incandescente (0,13%) y halógena (0,07%). El hecho de se emplee tecnología de halogenuros metálicos y vapor sodio de alta presión hace que el alumbrado de Marbella tenga una mayor eficiencia y por lo tanto se consigue una mayor iluminación sobre la calle dado que el balance energético es superior al de resto tecnologías, a excepción del LED.

En la Tabla 20 se muestran las unidades y la relación porcentual sobre el total de las lámparas instaladas en el alumbrado público, mientras en la Figura 22 se puede ver de forma gráfica el valor porcentual y absoluto en el total de la instalación.

Tabla 20.- Tipos de lámparas instaladas.

TIPOS DE LÁMPARAS	TOTAL	
	UNIDADES	%
HALOGENUROS METÁLICOS (HM)	8.262	43,34%
VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN (VSAP)	7.789	40,86%
LED (LED)	1.436	7,53%
VAPOR DE MERCURIO (VM)	752	3,94%
FLUORESCENTE COMPACTO (FC)	465	2,44%
FLUORESCENTE (FT)	240	1,26%
SIN LÁMPARA	81	0,42%
INCANDESCENTE (I)	25	0,13%
HALÓGENA (H)	14	0,07%
<b>TOTAL</b>	<b>19.064</b>	

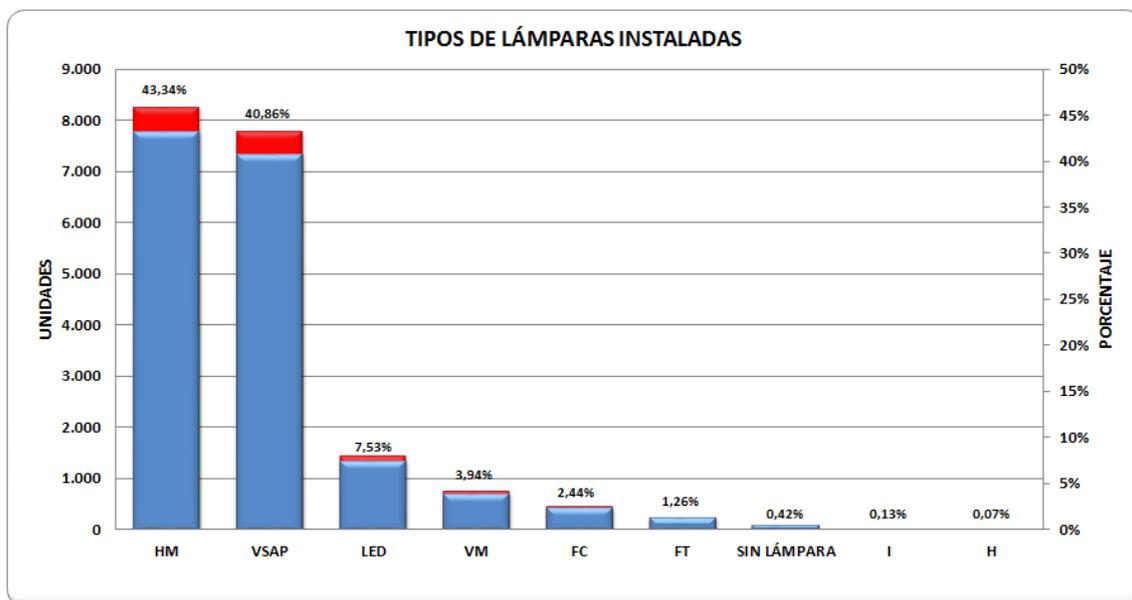


Figura 22.- Tipos de lámparas instaladas en el total de la instalación.

Además de conocer las tipologías de lámparas existentes es muy importante conocer la potencia de las mismas para así tener controlada la potencia instalada en la ciudad de Marbella, en la Tabla 21 se muestra de forma desglosada por tipología de lámpara y potencia, mientras en la Figura 23 se puede ver de forma gráfica.

Tabla 21.- Potencia de las lámparas instaladas.

TIPOS DE LÁMPARAS	POTENCIA (W)	TOTAL	
		UNIDADES	%
HALOGENUROS METALICOS	150	5636	29,61%
VSAP	150	4549	23,90%
VSAP	250	2854	15,00%
HALOGENUROS METALICOS	100	1183	6,22%
HALOGENUROS METALICOS	250	851	4,47%
VAPOR DE MERCURIO	125	600	3,15%
VSAP	100	368	1,93%
HALOGENUROS METALICOS	70	319	1,68%
HALOGENUROS METALICOS	35	217	1,14%
LED	1,2	154	0,81%
LED	1,5	148	0,78%
FLUORESCENTE COMPACTA	18	141	0,74%
VAPOR DE MERCURIO	250	118	0,62%
LED	36	97	0,51%
FLUORESCENTE COMPACTA	12	90	0,47%
FLUORESCENTE	36	86	0,45%
SIN LÁMPARA	-	81	0,00%
FLUORESCENTE COMPACTA	25	74	0,39%
LED	48	66	0,35%
FLUORESCENTE	48	60	0,32%
LED	71	58	0,30%
LED	29,4	54	0,28%
LED	3,1	54	0,28%
LED	35	52	0,27%
LED	38	52	0,27%
LED	86	50	0,26%
LED	56	49	0,26%
FLUORESCENTE COMPACTA	24	48	0,25%
LED	8	48	0,25%
FLUORESCENTE COMPACTA	36	42	0,22%
FLUORESCENTE	14	38	0,20%
LED	90	38	0,20%
LED	55	37	0,19%
LED	64	37	0,19%
HALOGENUROS METALICOS	50	34	0,18%

TIPOS DE LÁMPARAS	POTENCIA (W)	TOTAL	
		UNIDADES	%
VAPOR DE MERCURIO	80	34	0,18%
LED	6,2	33	0,43%
FLUORESCENTE	55	30	0,16%
LED	46	29	0,15%
LED	30	28	0,15%
LED	45	27	0,14%
LED	44	25	0,13%
LED	18	24	0,13%
INCANDESCENCIA	60	23	0,12%
HALOGENUROS METALICOS	400	22	0,12%
LED	26	22	0,12%
LED	27	21	0,11%
LED	9	21	0,11%
FLUORESCENTE COMPACTA	85	20	0,11%
LED	45,4	20	0,11%
FLUORESCENTE COMPACTA	15	19	0,10%
LED	25	19	0,10%
LED	37	19	0,10%
LED	4,8	16	0,08%
LED	40	16	0,08%
LED	61,6	16	0,08%
LED	20	14	0,07%
HALÓGENA	16	12	0,06%
LED	5,5	12	0,06%
LED	24	11	0,06%
LED	70	11	0,06%
VSAP	400	11	0,06%
FLUORESCENTE	56	10	0,05%
FLUORESCENTE COMPACTA	11	10	0,05%
LED	28	10	0,05%
LED	34	9	0,05%
FLUORESCENTE	18	8	0,04%
LED	460	8	0,04%
FLUORESCENTE COMPACTA	52	7	0,04%
VSAP	70	7	0,04%
LED	10	6	0,03%

TIPOS DE LÁMPARAS	POTENCIA (W)	TOTAL	
		UNIDADES	%
LED	50	6	0,03%
FLUORESCENTE	24	5	0,03%
LED	32	5	0,03%
LED	63	5	0,03%
FLUORESCENTE COMPACTA	27	3	0,02%
FLUORESCENTE COMPACTA	40	3	0,02%
FLUORESCENTE COMPACTA	45	3	0,02%
FLUORESCENTE COMPACTA	75	3	0,02%
LED	52	3	0,02%
LED	6	3	0,02%
LED	79	3	0,02%
FLUORESCENTE	40	2	0,01%
FLUORESCENTE COMPACTA	72	2	0,01%
INCANDESCENCIA	40	2	0,01%
FLUORESCENTE	51	1	0,01%
HALÓGENA	18	1	0,01%
HALÓGENA	200	1	0,01%
<b>TOTAL</b>		<b>19.064</b>	

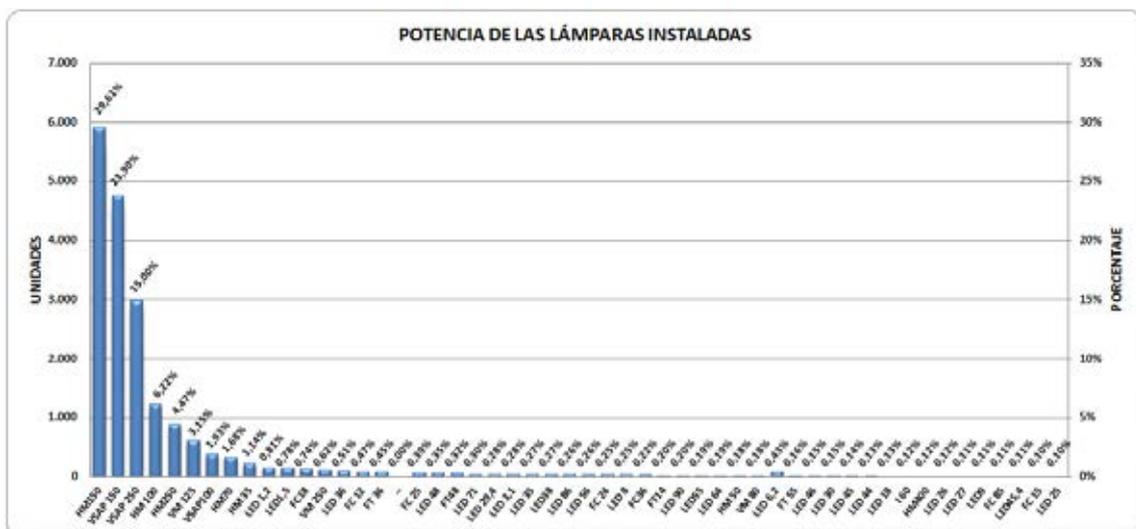


Figura 23.- Potencia de las lámparas instaladas en el total de la instalación

El mayor número de lámparas instaladas corresponden a HM 150 (29,61%), VSAP 150 (23,90%), VSAP 250 (15,00%), HM 100 (6,22%), HM 250 (4,47%), VM 125 (3,15%), VM 100 (1,93%), HM 70 (1,68%). El resto de lámparas representa un porcentaje en torno al 15% sobre

el total. En el Anexo V se muestra de forma desglosada la lámpara asociada a cada punto de luz con su potencia correspondiente, mientras que en el Anexo VI se muestra el catálogo de las lámparas con todas las tipologías empleadas en el alumbrado público de Marbella. En el Plano 02 y en el Plano 03 se puede ver el mapa de tipología de lámparas y el de potencias de lámparas respectivamente, para así de esta forma tener una noción global de la situación de la red de alumbrado público y su caracterización en función de la zona del municipio.

#### 4.4.2) Equipo auxiliar

Los equipos auxiliares son el motor del sistema que permite el encendido de las lámparas. Pueden ser equipos electromagnéticos, electrónicos, de doble nivel o triple nivel. Los equipos auxiliares pueden mejorar el funcionamiento del punto de luz al conseguir una reducción de los consumos de energía activa y reactiva, dado que la lámpara trabajará de una forma más óptima e incrementará la vida útil del punto de luz.

Los equipos auxiliares (reactancias o balastos), son accesorios para utilizar en combinación con las lámparas de descarga, dado que se encargan de limitar la corriente que circula por la lámpara y de esta la hace trabajar por los parámetros exigidos para un funcionamiento correcto.

El consumo que produce un equipo auxiliar es muy diverso dado que puede provocar un incremento de un 5% a un 30% sobre el consumo de la lámpara. Existiendo dos tipologías básicas de balastro, que son:

- **Balastro electromagnético:** Balastro utilizado de forma generalizada en todas las lámparas de descarga formado fundamentalmente por hilos de cobre enrollados similares a los de un transformador en un núcleo de acero o hierro. En la Imagen 12 se puede ver un balastro electromagnético de los utilizados en el alumbrado público de Marbella.



Imagen 12.- Balastro electromagnético

- **Balastro electrónico:** Los equipos de arranque basados en electrónica, proporcionan gran ventaja respecto a los balastos electromagnéticos dado que hacen que la lámpara tenga mayor eficacia, las pérdidas por el balastro son menores, son más compactos y ligeros, además de tener un menor consumo energético. Actualmente solo se encuentran en las luminarias de tipo LED y las luminarias que tienen equipos fluorescentes compactos.

En el caso del alumbrado de Marbella el 88,17% de los balastos son de tipo electromagnéticos, en la Tabla 22 se muestran los diferentes equipos auxiliares existentes y en la Figura 24 la representación gráfica del total. Los parámetros de consumo adicional que produce el balastro electromagnético se cumplen perfectamente e incluso se han tenido consumo de balastos superiores (más de un 30%) dada la antigüedad del equipo. Dadas las mediciones realizadas en los cuadros y en los puntos de luz se ha determinado que el consumo medio adicional que produce el balastro es de un 16,5%.

Tabla 22.- Tipos de equipos auxiliares

TIPOS DE LÁMPARAS	TOTAL	
	UNIDADES	%
ELECTROMAGNÉTICO	16.808	88,17%
ELECTRÓNICO	2.018	10,59%
SIN BALASTRO	238	1,25%
<b>TOTAL</b>	<b>19.064</b>	

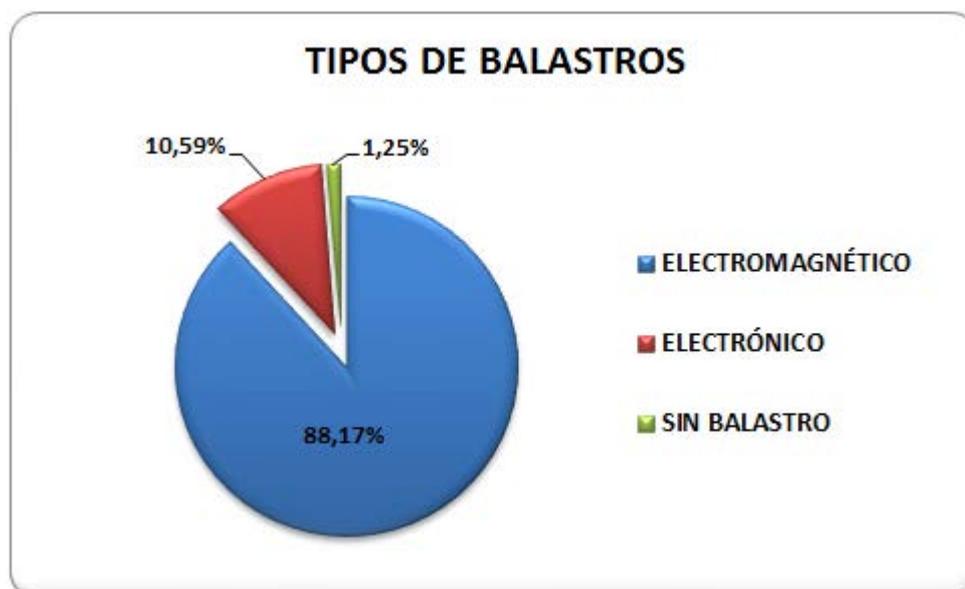


Figura 24.- Tipos de equipos auxiliares

En el Anexo V se muestra de forma desglosada el tipo de equipo auxiliar asociado a cada punto de luz.

#### 4.4.3) Soportes

Los soportes son el sistema auxiliar que se encarga de sostener y mantener la luminaria sobre la superficie a iluminar y de esta forma garantizar una iluminación correcta.

En el alumbrado de Marbella se han podido observar diferentes configuraciones o tipos de soporte, entre los cuales hay que señalar los siguientes:

- **Columna (CO)**: Es una de las tipologías de soporte más empleadas dada la estructura del alumbrado público de Marbella. El tamaño de las columnas es muy diverso dado que van desde los 3 metros hasta los 19 metros, predominando en la ciudad de Marbella las columnas de 4, 3,5, 12 y 3 metros en función de la superficie a iluminar. En la Imagen 13 se puede ver una columna metálica troncocónica, en la Imagen 14 se pueden ver una columna metálica de 4 m y en la Imagen 15 se muestra una columna ornamental de 4 m.



Imagen 13.- Columna metálica troncocónica (12 m)



Imagen 14.- Columna metálica (4 m)



Imagen 15.- Columna ornamental (4 m)

- **Columna + Brazo (CO + BR)**: Esta definición de soporte ha sido empleada para denominar a las luminarias que mediante un brazo se encuentran acopladas a una columna. También se utiliza para aquellos soportes que tienen dos o más luminarias. En la Imagen 16 se muestra la tipología considerada columna con brazo.



Imagen 16.- Columna con brazo (11m)

- **Brazo (BR)**: Esta tipología de soporte ha sido considerada para aquellas luminarias que se encuentran fijadas sobre pared. Siendo la configuración más empleada en el centro de ciudad y generalmente un brazo de tipo recto con sus diferentes dimensiones. Este tipo de soporte se encuentra fijado de forma mayoritaria entre los 3,5 y 9 metros. En la Imagen 17 se muestra un brazo fijado en pared.



Imagen 17.- Brazo fijado en pared (6m)

- **Báculo (BA)**: Es una tipología de soporte empleada principalmente en avenidas o calles de cierta anchura donde se requieren luminarias a una altura elevada. Se

fabrican de material metálico con alturas comprendidas principalmente entre los 5 y 12 metros. En la Imagen 18 se muestra un báculo de los ubicados en el alumbrado público de Marbella.



Imagen 18.- Báculo (8m)

- **Otros tipos:** Además de las tipologías de montaje mostradas existen otras en el alumbrado de Marbella como son las luminarias adosadas en fachada o las luminarias ubicadas en el suelo, todas ellas de forma muy residual.

En el alumbrado de Marbella el montaje mediante columna (48,16%) es la tipología de montaje predominante. En la Tabla 23 se muestran las unidades y la relación porcentual sobre el total de tipología de soporte empleado, mientras en la Figura 25 se muestra de forma gráfica.

Tabla 23.- Tipos de soportes

TIPOS DE SOPORTES	TOTAL	
	UNIDADES	%
COLUMNA	9.154	48,16%
BRAZO	4.472	23,53%
COLUMNA + BRAZO	2.404	12,65%
BACULO	1.497	7,88%
OTRO	1.384	7,28%
SIN LUMINARIA	95	0,50%
<b>TOTAL</b>	<b>19.006</b>	

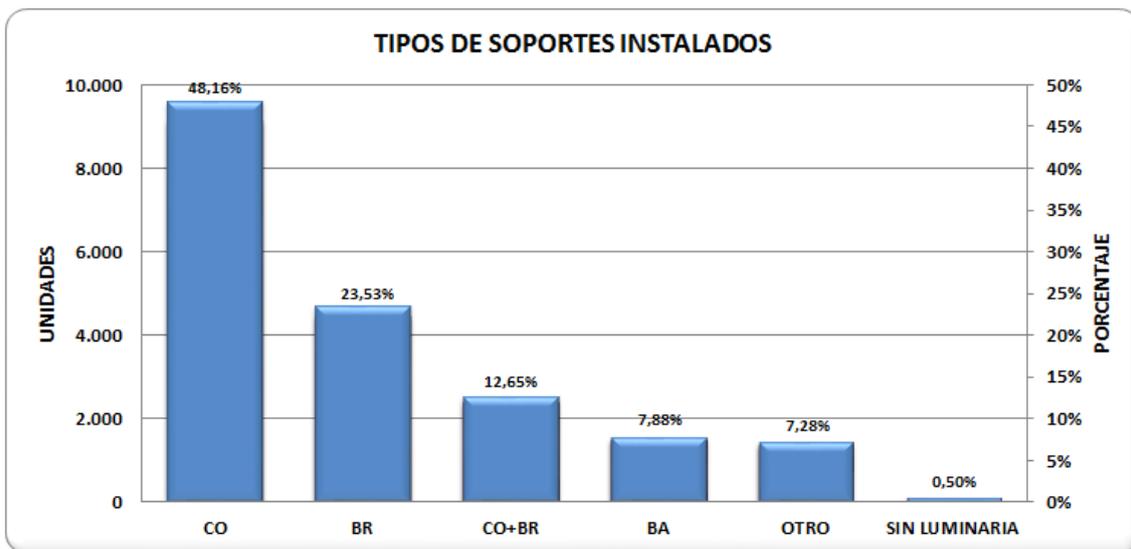


Figura 25.- Tipos de soportes

Además de conocer las tipologías de soporte empleada es muy importante conocer la altura a la que se han colocado las luminarias para así de esta forma tener controlada la altura de montaje y por lo tanto el tipo de equipos necesarios para las operaciones de mantenimiento de la red de alumbrado público, en la Tabla 24 se muestra de forma desglosado por alturas de montaje, mientras en la Figura 26 se puede ver de forma gráfica.

Tabla 24.- Altura de montaje de las luminarias

TIPO DE SOPORTES	TOTAL	
	UNIDADES	%
<= 1	1.141	6,00%
1,5	4	0,02%
2	96	0,51%
2,5	88	0,46%
3	1.566	8,24%
3,2	63	0,33%
3,5	2.678	14,09%
4	2.904	15,28%
4,3	5	0,03%
4,5	952	5,01%
5	1.157	6,09%
5,2	101	0,53%
5,5	125	0,66%
6	981	5,16%
6,2	31	0,16%
6,3	6	0,03%

TIPO DE SOPORTES	TOTAL	
	UNIDADES	%
6,5	189	0,99%
7	846	4,45%
7,3	10	0,05%
7,5	82	0,43%
8	817	4,30%
8,5	70	0,37%
9	1.460	7,68%
9,3	22	0,12%
9,5	218	1,15%
10	563	2,96%
10,5	1	0,01%
11	736	3,87%
11,5	6	0,03%
>= 12	2.088	10,99%
<b>TOTAL</b>	<b>19.006</b>	

El mayor número de soportes se encuentra a 4 metros (15,28%), 3,5 metros (14,09%), a 12 metros o mas (10,99%), 3 metros (8,24%) y 9 metros (7,68%). La distribución de alturas es heterogénea no predominando una altura de montaje adaptándose a las circunstancias del vial. En el Anexo V se muestra de forma desglosada el tipo de soporte asociado a cada punto de luz con su altura correspondiente, mientras que en el Anexo VI se muestra el catálogo de soportes con todas las tipologías existentes en el alumbrado público de Marbella.



Figura 26.- Altura de montaje de las luminarias

#### 4.4.4) Luminarias

Las luminarias son el aparato que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de las lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.

Su misión es distribuir el flujo luminoso generado por la lámpara para conseguir un reparto de la iluminación adecuado a las necesidades de su utilización, de ahí que sea fundamental tener un gran control sobre la óptica y que en el diseño del sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara – luminaria y el deslumbramiento que se pueda provocar en los usuarios. También deben cumplir el requisito de tener una fácil instalación y mantenimiento.

Los materiales empleados en la construcción de la luminaria han de ser adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder aspectos no menos importantes como la economía de la luminaria y la estética. Además las luminarias deben cumplir con la premisa de la emisión de luz hacia el hemisferio superior ( $FHS_{inst}$ ), y no sobrepasar los valores admitidos por cada tipo de zona medioambiental (entre el 1% y el 25%).

El número de luminarias existentes en Marbella es de 19.006 pudiendo ser clasificadas en las siguientes tipologías:

- **Tipo vial (VIAL):** Es el tipo de luminaria empleada en las calzadas con tráfico de vehículos. Dentro de esta tipología encontramos tres tipos de luminaria que son descritos a continuación:
  - **Tipo I:** Son luminarias que disponen de un sistema óptico cerrado, con fotometría regulable y cuerpo generalmente de inyección de aluminio. El cierre de la luminaria siempre será de vidrio y tendrá una capacidad y un grado de hermeticidad muy alta. El equipo debe ser capaz de garantizar una alta eficacia lumínica. En la Imagen 19 se muestra la luminaria Viento-IVF que es una luminaria tipo I.



Imagen 19.- Luminaria tipo I (Viento-IVF)

- Tipo II: Son luminarias que disponen de un sistema óptico cerrado, con fotometría regulable y cuerpo generalmente de inyección de aluminio. El cierre de la luminaria puede ser de diversos materiales (vidrio, policarbonato o metacrilato). El grado de hermeticidad y la capacidad de iluminación será inferior siempre a las luminarias Tipo I. En la Imagen 20 se muestra la luminaria DM2 que es una luminaria tipo II.



Imagen 20.- Luminaria Tipo II (DM2)

- Tipo III: Son luminarias que disponen de un sistema óptico abierto y con una fotometría en todo instante fija y cuerpo de chapa de aluminio o de plástico técnicos con equipo auxiliar incorporado de tipo electromagnético. En la Imagen 21 se muestra la luminaria tipo cazoleta que es una luminaria tipo III.



Imagen 21.- Luminaria Tipo III (Cazoleta)

- Tipo peatonal: Es el tipo de luminaria que se encarga generalmente de iluminar caminos peatonales, urbanizaciones con amplias zonas ajardinadas o incluso parques por donde se puede pasear. Tienen una fotometría fija o regulable, cuerpo de inyección de aluminio, acero o plásticos técnicos y con un cierre de vidrio, o policarbonato plano o curvo. En algunos casos se pueden englobar también en esta categoría las luminarias de diseño que iluminan zonas peatonales o plazas. En la Imagen 22 se muestra la luminaria Vialia.



Imagen 22.- Luminaria tipo vial peatonal (Vialia)

- **Tipo artística (ARTÍSTICA):** Es el tipo de luminaria que corresponde con los faroles (Fernandina, Regal, Villa, Palacio, Versailles...) y con las luminarias de hierro forjado u otro material que tienen carácter histórico y que se encuentran instalados en el casco antiguo y las zonas monumentales artísticas. La luminaria generalmente lleva incorporado un sistema óptico que permite dirigir la luz adecuadamente y reducir la contaminación luminosa. En la Imagen 23 se muestra la luminaria Fernandina que es una luminaria tipo artística.



Imagen 23.- Luminaria de tipo artística (Farol Fernandina)

- **Tipo esférica (ESFÉRICA):** Es el tipo de luminaria que se emplea generalmente en zonas ajardinadas, parques, caminos peatonales e incluso en el alumbrado de Marbella se está empleando para iluminar calles viales aunque no es la aplicación para la que está diseñado. Tiene una fotometría fija y un cierre esférico de metacrilato o policarbonato. Este tipo de luminaria actualmente tiene incorporado un reflector en la semiesfera superior que limita la emisión de flujo luminoso hacia el cielo, haciendo que la luminaria sea denominada como esférica con reflector (**ESFÉRICA REFLECTOR**). En la Imagen 24 se muestra un globo Ler que es una luminaria esférica sin reflector,

mientras en la Imagen 25 se muestra un globo Lekr que es una luminaria esférica con reflector.



Imagen 24.- Luminaria de tipo esférica sin reflector (Globo Ler)



Imagen 25.- Luminaria de tipo esférica con reflector (Globo Lekr)

- **Tipo proyector (PROYECTOR):** Se utiliza generalmente en las zonas de aparcamiento y zonas deportivas dado que ofrecen una mayor luminosidad y una mejor proyección de la luz. También se utilizan para la iluminación de zonas monumentales artísticas, así como de zonas comerciales o donde se requiere una iluminación adicional. En la Imagen 26 se muestra un proyector Neos 2 que es un tipo de proyector.



Imagen 26.- Proyector (Neos 2)

- **Otros tipos (OTROS):** Dentro de otros tipos se englobarían aquellas luminarias minoritarias como es el caso de las balizas (se emplean como elemento de señalización para facilitar el paseo de los viandantes) o de difícil clasificación como los plafones de techo y los ojos de buey en paseos subterráneos entre edificios y las pantallas estancas instaladas en zonas peatonales, además de otras que no se englobarían en las otras categorías. Hay que reseñar que en el alumbrado público de Marbella se pueden encontrar un número elevado de pantallas estancas que se encuentran iluminando zonas peatonales.

En el Anexo VI se muestra con más detalle todo el catálogo de luminarias existentes en el alumbrado público de Marbella.

En el alumbrado público de Marbella como es lógico predominan las luminarias viales dado que el 49,52% son de esta tipología, aunque hay un gran número de faroles (36,75%) dado que en un número importante de viales han sido instalados a pesar de que no sea la tipología de luminarias más eficiente para realizar este tipo de iluminación. El resto de tipologías son residuales dado que su porcentaje de implantación es inferior al 15%. En la Tabla 25 se muestran las unidades y la relación porcentual sobre el total de las luminarias instaladas, mientras en la Figura 27 se muestra gráficamente.

Tabla 25.- Tipos de luminarias instaladas

TIPOS DE LUMINARIAS	TOTAL	
	UNIDADES	%
VIAL	9.411	49,52%
FAROL	6.984	36,75%
PROYECTOR	1.339	7,05%
OTRO	791	4,16%
ESFERICA	335	1,76%
SIN LUMINARIA	137	0,72%
ESFERICA CON REFLECTOR	9	0,05%
<b>TOTAL</b>	<b>19.006</b>	

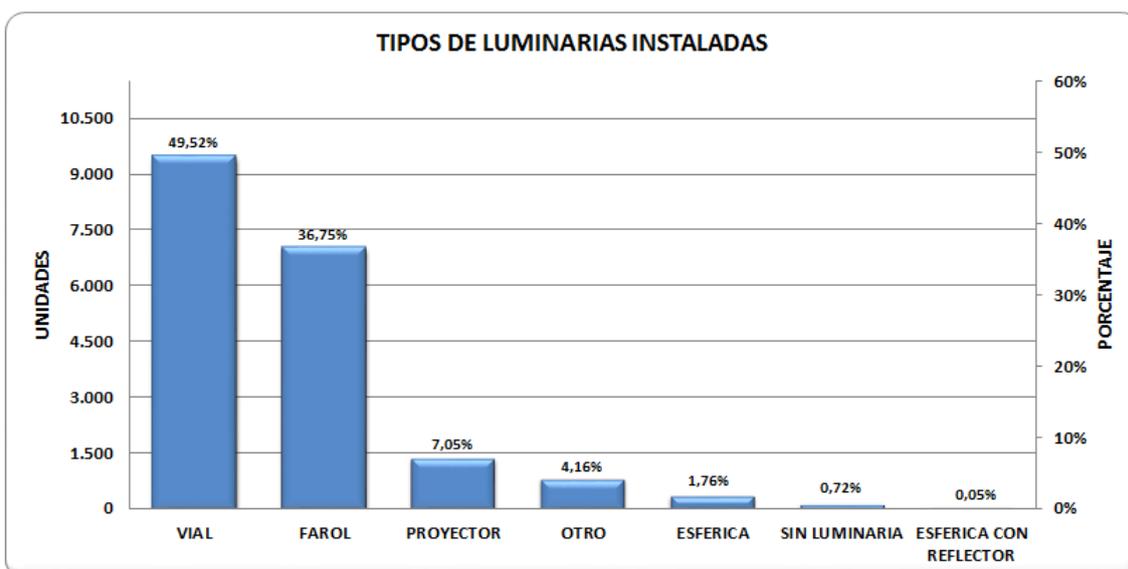


Figura 27.- Tipos de luminarias instaladas

Además de conocer las tipologías de luminarias existentes es muy importante conocer los diferentes modelos de luminarias existentes para así tener controlados los modelos y

tipologías existentes, en la Tabla 26 se muestra de forma desglosada todos los modelos de luminarias existentes.

Tabla 26.- Modelos de luminarias instaladas

MODELOS LUMINARIAS*	MARCA LUMINARIAS **	TOTAL	
		UNIDADES	%
Farol Villa	Benito	2.232	11,74%
Farol Fernandina	Benito	1.986	10,45%
Heka	SimonLighting	1.341	7,06%
HSRP 451	Philips	718	3,78%
Onix 3	Socelec	701	3,69%
Viento IVH	Indalux	573	3,01%
Neofernandina	Benito	546	2,87%
Neovilla	Benito	528	2,78%
Lat-22	Carandini	471	2,48%
Teceo	Socelec	348	1,83%
HSRP 151	Philips	333	1,75%
CMR	Indalux	313	1,65%
QS-2L	Carandini	305	1,60%
-	-	251	1,32%
AP-10 OS	SimonLighting	237	1,25%
Farol Palacio	Estilo2	234	1,23%
Farol Fva	Coyba	230	1,21%
Qs 10	Carandini	225	1,18%
Farol Fv	Coyba	222	1,17%
Cricket 26	SBP	218	1,15%
Quebec	Philips	209	1,10%
Romantica	Bjc	199	1,05%
Proyector Jolly 1/A	SBP	186	0,98%
Farol Fp-Ff	Coyba	183	0,96%
Duna Horizon	Benito	173	0,91%
Venus	Salvi	173	0,91%
MB-250	GE Lighting	170	0,89%
Onix 2	Socelec	165	0,87%
Jch 250	Carandini	161	0,85%
LYN4 TopLED	SBP	148	0,78%
SC-250	Carandini	138	0,73%
Aramis	Socelec	127	0,67%
Avior	Aldabra	119	0,63%
Nova	Salvi	110	0,58%
Astra 3	Nordex	108	0,57%
Proyector Tempo	Philips	100	0,53%
DM-2	Socelec	94	0,49%
Quios	Indalux	93	0,49%
Harmony	Indalux	93	0,49%

MODELOS LUMINARIAS*	MARCA LUMINARIAS **	TOTAL	
		UNIDADES	%
M-250A	GE Lighting	92	0,48%
Regal	Secom	92	0,48%
Saturno 3S	Socelec	91	0,48%
FSN003	AYTO MARBELLA	89	0,47%
Proyector Radial 3	Socelec	89	0,47%
LightUpWalk	iGuzzini	87	0,46%
Pescador	Atp	85	0,45%
AP1 MX	SimonLighting	85	0,45%
Iberia	GE Lighting	81	0,43%
Estoril	MAZDA	80	0,42%
FSN002	AYTO MARBELLA	78	0,41%
AP1 LX	SimonLighting	78	0,41%
Estilo	Carandini	75	0,39%
Promenade	Leds C4	70	0,37%
GEA 55-9663-CA-37	Leds C4	69	0,36%
IMR-2M2	Indalux	68	0,36%
Milewide	Philips	65	0,34%
Syrma AP-101	SimonLighting	63	0,33%
Palma	Illuca	62	0,33%
Vialia Evo	Benito	61	0,32%
Globo Serie 11000	Vilaplana	60	0,32%
BL2	SimonLighting	60	0,32%
Globo Lep-Lek	Coyba	59	0,31%
Ripa	Secom	59	0,31%
HF-220	Carandini	58	0,31%
Vialia	Benito	57	0,30%
HSRP 482	Philips	55	0,29%
AP2	SimonLighting	55	0,29%
Alcor	SimonLighting	54	0,28%
Tronic	DAE	48	0,25%
Walk	Salvi	47	0,25%
Malaga	Philips	45	0,24%
Kio	Socelec	45	0,24%
Metropoli LBL	Atp	45	0,24%
Par	Urban Square	44	0,23%
Junior	Carandini	44	0,23%
Teknik	Benito	44	0,23%
PRX	Indalux	44	0,23%
FSN001	AYTO MARBELLA	39	0,21%
LF4/C	SBP	38	0,20%
Alliance	Philips	36	0,19%
IVA1-VS	Indalux	36	0,19%
HSVO 400	Philips	35	0,18%
Noctis Midi	Socelec	35	0,18%

MODELOS LUMINARIAS*	MARCA LUMINARIAS **	TOTAL	
		UNIDADES	%
Proyector 5 STARS-WIN	SBP	34	0,18%
Basic	Salvi	32	0,17%
Farol Villa	Fejemar	32	0,17%
Esferica Marbella	Fejemar	31	0,16%
Globo Ler	Coyba	31	0,16%
Neos 2	Socelec	30	0,16%
Bagur	Illuca	28	0,15%
D550	GE Lighting	27	0,14%
Nebraska	Benito	27	0,14%
Badila LRA-7500	Ros Iluminacion	27	0,14%
Zaniah MX	SimonLighting	24	0,13%
Proyector 7891	Bega	24	0,13%
ADA-15/Q-GC	Carandini	24	0,13%
Sferico CL	Disano	24	0,13%
Proyector Optiflood MVP504	Philips	24	0,13%
DK-2	Socelec	23	0,12%
Globo MGB	Moonlight	23	0,12%
eW Profile Powercore	Philips	23	0,12%
Iway Cuadrado	iGuzzini	23	0,12%
Proyector FOGO SX	SimonLighting	23	0,12%
Vialia Lira	Benito	22	0,12%
Proyector Enos	Cariboni	22	0,12%
Supersaturno	Socelec	22	0,12%
Proyector MIG-250	Carandini	20	0,11%
Universal	Santa y Cole	20	0,11%
FSN004	AYTO MARBELLA	20	0,11%
Estilo Led	Carandini	19	0,10%
PHR-404/D	Carandini	19	0,10%
Farol Montmartre	Philips	18	0,09%
Qsa 10	Carandini	17	0,09%
HSRP 483	Philips	17	0,09%
Proyector Etna LX	SimonLighting	16	0,08%
PR30W	Threeline Technology	16	0,08%
Helios	Boluce	16	0,08%
LightUpGarden	iGuzzini	15	0,08%
Furyo	Socelec	15	0,08%
Farol Versailles	Estilo2	15	0,08%
Neos 1	Socelec	15	0,08%
Proyector Olympia 4	Lanzini	14	0,07%
Proyector Laica	Benito	14	0,07%
PR20W	Threeline Technology	14	0,07%
Tempore	Socelec	14	0,07%
City Soul	Philips	14	0,07%
Proyector PR2	SimonLighting	13	0,07%

MODELOS LUMINARIAS*	MARCA LUMINARIAS **	TOTAL	
		UNIDADES	%
Proyector PR22	SimonLighting	13	0,07%
Proyector SU7	SimonLighting	13	0,07%
P-154	GE Lighting	12	0,06%
Viana IVC	Indalux	12	0,06%
Ampera Midi	Socelec	12	0,06%
Selenium	Philips	12	0,06%
Proyector Piqueta	Gilma	12	0,06%
Farol Jargeau	Philips	12	0,06%
Zaniah LX	SimonLighting	12	0,06%
Metronomis I Berlin	Philips	12	0,06%
Str 404	Carandini	11	0,06%
AP-5	SimonLighting	11	0,06%
Proyector INDIO 1158	Disano	11	0,06%
Proyector Azar	Nordex	11	0,06%
Proyector FOGO MX	SimonLighting	11	0,06%
Nano	Socelec	10	0,05%
DS-1000	GE Lighting	10	0,05%
F45	Bjc	10	0,05%
BL7	SimonLighting	10	0,05%
Globo A	Atp	9	0,05%
Descatalogada Tipo 2	Carandini	9	0,05%
Blindado BD-4 64039	SimonLighting	9	0,05%
Proyector Litio 1148	Disano	9	0,05%
M-400A	GE Lighting	9	0,05%
Monar	Secom	9	0,05%
Proyector PR30	SimonLighting	8	0,04%
Farol Fvp	Coyba	8	0,04%
Proyector PR40	SimonLighting	8	0,04%
Proyector Woody	iGuzzini	8	0,04%
Proyector Iridio	Disano	8	0,04%
Proyector Radial 2	Socelec	8	0,04%
Proyector Zeus IZX-0	Indalux	8	0,04%
Proyector TES150	Cariboni	7	0,04%
Proyector IZT-4	Indalux	7	0,04%
Cassini	Sylvania	7	0,04%
PLZ-3000	Carandini	7	0,04%
Iridium	Philips	7	0,04%
Enur P	Atp	7	0,04%
Clamod	Carandini	6	0,03%
PRA-404/D	Carandini	6	0,03%
Proyector 30W	Electro Solar	6	0,03%
Proyector Efapar	Carandini	6	0,03%
Proyector Tempo 4	Philips	6	0,03%
ESN001	AYTO MARBELLA	6	0,03%

MODELOS LUMINARIAS*	MARCA LUMINARIAS **	TOTAL	
		UNIDADES	%
Comfort Wall Squared	iGuzzini	6	0,03%
PR10W	Threeline Technology	6	0,03%
Neos 3	Socelec	6	0,03%
PSN001	AYTO MARBELLA	6	0,03%
Proyector Tempo RVP351	Philips	6	0,03%
FSN006	AYTO MARBELLA	5	0,03%
Mini 300 Led	Philips	5	0,03%
Proyector MNF210	Philips	5	0,03%
Proyector PR12	SimonLighting	5	0,03%
Atik MPC	SimonLighting	5	0,03%
Hydra	SimonLighting	5	0,03%
Ecomirage	Socelec	5	0,03%
SGP 340 PC	Philips	5	0,03%
Proyector PR31	SimonLighting	4	0,02%
Visual-IVF	Indalux	4	0,02%
Res	Lux May	4	0,02%
Farol Siglo	Atp	4	0,02%
Eco StreetLine Square	Hella	4	0,02%
PAL-N150	Iluca	4	0,02%
Proyector Mini 333	Philips	4	0,02%
Litio 1148	Disano	4	0,02%
Proyector M-SNF 300	Philips	4	0,02%
Proyector Roma	Nordex	4	0,02%
Proyector Decoflood	Philips	4	0,02%
Raggio 2	Lanzini	4	0,02%
Proyector HNF 326	Philips	4	0,02%
Qsa 5	Carandini	3	0,02%
Globo Lekr	Coyba	3	0,02%
Proyector Rodio 2	Disano	3	0,02%
SU-2	SimonLighting	3	0,02%
PR50W	Threeline Technology	3	0,02%
Proyector Telec	Lux May	3	0,02%
FSN007	AYTO MARBELLA	3	0,02%
Image	Socelec	3	0,02%
Proyector Zeta70	Faeber	3	0,02%
Farol Fvap	Coyba	3	0,02%
7800	Bega	3	0,02%
CitySpirit Conica	Philips	3	0,02%
Proyector PR15	SimonLighting	2	0,01%
V-SAW	Philips	2	0,01%
Anima	Salvi	2	0,01%
PHR-404	Carandini	2	0,01%
Proyector M-SNF 100	Philips	2	0,01%
Missouri	Philips	2	0,01%

MODELOS LUMINARIAS*	MARCA LUMINARIAS **	TOTAL	
		UNIDADES	%
Proyector SP 1103	Disbalux	2	0,01%
Baliza Generatriz	Cabanes	2	0,01%
Proyector Tiger	Faeber	2	0,01%
Andina	Carandini	2	0,01%
Proyector Titanio	Disano	2	0,01%
Aplique Circular-Difusor Policarbonato	Bjc	2	0,01%
Proyector Af4	Socelec	2	0,01%
Proyector Vaya Flood LP Small BCP411	Philips	2	0,01%
Globo Reflector	Vilaplana	1	0,01%
FSN005	AYTO MARBELLA	1	0,01%
Vega	SimonLighting	1	0,01%
Citea	Socelec	1	0,01%
Sirius IZS	Philips	1	0,01%
PHR-104/D	Carandini	1	0,01%
Proyector SP1	Disbalux	1	0,01%
Proyector MWF331M	Philips	1	0,01%
Zaab MD	Faeber	1	0,01%
Titano	Gewiss	1	0,01%
Proyector Taos MX	SimonLighting	1	0,01%
<b>TOTAL</b>		<b>19.006</b>	

\*En algunas luminarias no ha sido posible tener una identificación exacta de marca y modelo de ahí que aparezca "-".  
\*\*Las marcas son orientativas para que se tenga noción del tipo de modelo existente, no tiene porque ser exactamente el modelo de ese fabricante el instalado.

En el alumbrado de Marbella como se puede observar existe una amplia variedad y modelos de luminarias, no imponiéndose un modelo sobre otros, aunque hay que reseñar que dentro de las viales prácticamente en su totalidad son de tipo I y las esféricas prácticamente en su totalidad llevan reflector. Hay que reseñar la particularidad del alumbrado de Marbella al tener una gran cantidad de faroles no solo para iluminar la zona centro de la ciudad En el Anexo V se muestra de forma desglosada todas las luminarias asociadas al tipo de lámpara, potencia y tipo de soporte.

#### 4.5) NIVEL DE SERVICIO PRESTADO

El mantenimiento y los niveles de iluminación son dos factores fundamentales a estudiar en el alumbrado público. El motivo de estudio se debe a que proporcionan una radiografía exhaustiva de la situación actual, dado que por el lado del mantenimiento se puede ver como es el estado de conservación de la red de alumbrado (centros de mando, puntos de luz, líneas,...), mientras que por el lado de los niveles de iluminación, estos nos informan del estado de la luminosidad de las vías, la seguridad y el confort para los ciudadanos.

#### 4.5.1) Mantenimiento

Las características y las prestaciones de una instalación de alumbrado exterior se modifican y se degradan a lo largo del tiempo, por estos motivos el mantenimiento correcto y la explotación correcta de las instalaciones permitirá conservar la calidad de la instalación dado que se asegura el mejor funcionamiento posible y se logra una idónea eficiencia energética.

Las características fotométricas y mecánicas de una instalación de alumbrado exterior se degradarán a lo largo del tiempo debido a numerosas causas, siendo las más importantes las siguientes:

- La baja progresiva del flujo emitido por las lámparas.
- El ensuciamiento de las lámparas y del sistema óptico de la luminaria.
- El envejecimiento de los diferentes componentes del sistema óptico de las luminarias (reflector, refractor, cierre, etc.).
- El prematuro cese de funcionamiento de las lámparas.
- Los desperfectos mecánicos debidos a accidentes de tráfico, actos de vandalismo, etc.

Además hay que tener en cuenta las condiciones climáticas de la ciudad dado que el ambiente afecta a los materiales de las instalaciones. Es un municipio donde no hay gran contraste de temperatura dado que los inviernos no son de temperaturas bajas siendo un clima templado y cálido, aunque hay que reseñar la existencia de altas temperaturas en el verano así como una humedad elevada al ser municipio de costero, de ahí que sea un ambiente muy agresivo para los materiales. Por todos estos motivos se debe tener un buen mantenimiento y el mantenimiento actual se puede calificar de “correcto”, a pesar de mínimas deficiencias detectadas. Las razones que llevan a afirmar que el mantenimiento es correcto son las siguientes:

- Aproximadamente un 10% de la totalidad de puntos de luz se encuentran fuera de servicio, en la mayoría de casos por motivos ajenos al mantenimiento dado que es por la búsqueda de ahorro o bien por fallos en las líneas provocados por actos vandálicos.
- El número de lámparas actualmente fuera de servicio por el hecho de que estén fundidas es ínfimo, dado que se suele realizar un cambio lo mas rápido posible de la lámpara fundida.
- Las luminarias, lámparas y equipos auxiliares tienen un estado de mantenimiento correcto, dado que en aspecto estético y funcional están operativos a pesar de la antigüedad de algunos equipos y a pesar de estirar la vida útil de los mismos al máximo.

- El estado de los soportes es correcto no detectándose problemas de sujeción en las luminarias, todas las luminarias bien fijadas y operativas e incluso gran parte de los faroles se encuentran en buenas condiciones a pesar de ser un ambiente agresivo para las luminarias de fundición.
- Los centros de mando eléctricos se encuentran todos funcionando correctamente y en caso de avería el arreglo es instantáneo. El porcentaje de centros de mando con antigüedad es muy elevado y presenta deficiencias sobre todo en protecciones dada su antigüedad y en la puesta tierra al existir en algunas de ellas valores elevados, aunque sin afectar a su funcionamiento, luego el objetivo actual es garantizar la operatividad de los mismos.
- Los niveles de luminosidad en las calles están adecuados a la tipología de calle a la que dan servicio (se verá posteriormente en el análisis de los niveles de iluminación) lo que garantiza gran visibilidad en las calles, sensación de seguridad, además el mantenimiento está garantizando que no existan zonas sin iluminación. Hay que reseñar que existen gran cantidad de zonas de sombra en las vías pero esto no es atribuible al mantenimiento sino a la propia disposición de las luminarias o a la antigüedad de las mismas que no permiten mejorar las condiciones de las vías. En algunas zonas se tienen niveles elevados porque en gran parte de los casos se está sobredimensionando de la potencia instalada, aunque actualmente ya están realizando operaciones de ajuste en el nivel lumínico dado que se ha procedido a realizar operaciones de sustitución de lámparas y de adecuación de la potencia al nivel requerido en las vías.

Con el mantenimiento actual de las instalaciones y la forma de operar de la compañía mantenedora se pueden obtener los factores de mantenimiento actuales para los principales tipos de luminarias. Estos factores de mantenimiento serán siempre inferiores a la unidad ( $F_m < 1$ ) e interesará que resulte lo más elevado posible para una frecuencia de mantenimiento lo más baja posible y 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.

Teniendo todas claros todos los aspectos que afectan al mantenimiento se puede calcular el factor de mantenimiento para los principales tipos de luminarias, tal y como se detalla en el RD 1890/2008, Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.

$$(VSAP) F_m = FDFL * FSL * FDLU = 0,9 * 0,89 * 0,87 = 0,697$$

$$(HM) F_m = FDFL * FSL * FDLU = 0,73 * 0,88 * 0,87 = 0,559$$

$$(VM) F_m = FDFL * FSL * FDLU = 0,76 * 0,76 * 0,87 = 0,503$$

#### 4.5.2) Niveles de luminosidad

Los niveles de luminosidad son un punto crítico de toda auditoría energética de alumbrado exterior. Dada la importancia que tiene determinar los niveles de luminosidad realizándose para ello mediciones exhaustivas de los niveles de iluminación de todas las vías, plazas, espacios públicos, carreteras, etc., anotándose todos los datos de tipo técnico, dimensional, tipológico, energético y luminotécnico. En la Tabla 1 del Anexo VII se muestran los datos dimensionales y tipológicos de las vías con los puntos asociados a cada vía en función de su tipología, de forma que se tengan verificadas las características de las zonas y las diferencias tipológicas de los puntos.

Las mediciones nocturnas han tenido el objetivo de comprobar el nivel y características de la iluminación, el funcionamiento real de las luminarias y comprobar que el mantenimiento es correcto. Debido a que el análisis y la medición de parámetros de alumbrado público tales como, la iluminancia, la uniformidad, etc., normalmente requieren de la realización de procesos complejos y difíciles de realizar, durante las mediciones se ha incorporado un material específico para la medida de la luminosidad. Este equipo es un equipo de medición dinámica que ha simplificado y automatizado el proceso de recogida de datos (sistema de medición dinámica LX-GPS).

Este equipo está diseñado para la medida de las iluminancias del alumbrado exterior con una curva similar a la del ojo humano, gracias a sus filtros y difusor exclusivo. Dispone de sondas que integran en una sola unidad la medición de la iluminancia y la posición GPS, que se coloca en un vehículo por eso la altura sobre el suelo a la que se han tomado las medidas es de 1,5 metros, y con el equipo se han tomado medidas georreferenciadas del nivel de iluminancia mientras éste circula por la vía, facilitando la precisión y el sincronismo en el posicionamiento de la medida de las iluminancias. En el Plano 05 se puede ver una distribución de las luminosidades que se han tomado del municipio. El equipo consta de 3 sondas que registran de forma simultánea los datos, permitiendo crear matrices 3 x n puntos a lo ancho de la calzada, permite realizar la medición de las iluminancias con un método similar al del RD 1890/2008, Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior. Una vez registradas y almacenadas las medidas, el software proporciona herramientas para gestionarlas y visualizarlas. De esta manera se pueden realizar el registro de medidas de forma

ágil, permitiendo tener conocimientos actualizados y cuantificados del estado pre-estacional de las instalaciones de alumbrado público.

El hecho de emplear este equipo tiene grandes ventajas con respecto al método de los 9 puntos dado que con este equipo se ha podido llegar a tener un registro completo de todas las calles principales, calles secundarias, y todas aquellas zonas a las que el vehículo tiene acceso incluidos algunos parques y zonas peatonales, de forma que se ha llegado a realizar un registro superior al 80% de los puntos instalados en la ciudad. El resto de puntos corresponden a zonas a las que es no es posible tener acceso dado que son zonas ajardinadas, urbanizaciones interiores, zonas peatonales interiores entre edificios, parques sin acceso a vehículos o zonas de escaleras. En los planos lumínicos (Plano 05) se muestran todas las zonas que han sido registradas y de las cuales se tienen datos muy exhaustivos que permitirán un análisis pormenorizado. Durante las mediciones se han realizado muestreos con el método de 9 puntos para determinar la veracidad de las mediciones y compararlas con las mediciones dinámicas, pudiéndose determinar una desviación ínfima, inferior al 10%, por lo que las mediciones dinámicas se asemejan a la realidad, además un registro completo de la vía que con el método de 9 puntos es algo que no es posible realizar. También se han realizado mediciones mediante el método de 9 puntos en zonas donde el acceso del vehículo no es posible.

A pesar de que las mediciones dinámicas aportan una mediciones asemejadas a la realidad actual de la vía, las mismas deben tener un proceso de filtrado para obtener la uniformidad real, dado que al registrar todos los valores, el equipo registra también las situaciones anómalas (zonas de calle donde hay alguna luminaria fuera de servicio, o bien un pico máximo justo debajo de la luminaria). Dada la tipología de los datos se puede realizar el filtrado aplicando a los datos una distribución normal o campana de gauss (Figura 28), de forma que sean seleccionados el 95% o más de los puntos y sean eliminados todos los puntos anómalos, consiguiendo que la uniformidad de la vía sea la real sin anomalías.

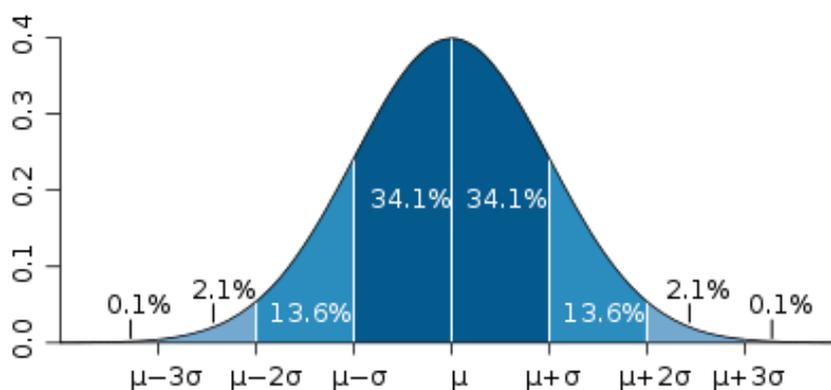


Figura 28.- Distribución normal o campana de gauss

Con el filtrado de las medidas realizado, se obtiene Tabla 2 del Anexo VII, donde se muestran los niveles actuales de luminosidad de las vías principales, secundarias y demás vías de acceso para el vehículo (iluminancia media, máxima, mínima) así como las uniformidades correspondientes (uniformidad media, extrema).

### NIVELES DE ILUMINACIÓN ACTUALES POR SECCIONES DE VÍAS

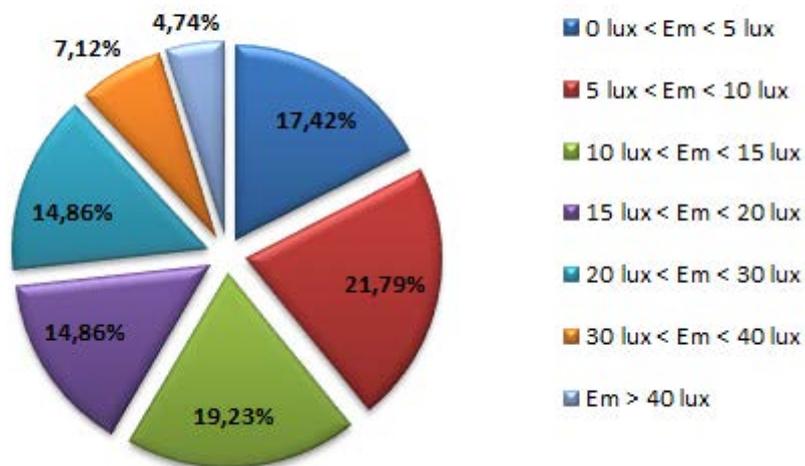


Figura 29.- Iluminancia media actual de las vías de Marbella

### NIVELES DE ILUMINACIÓN ACTUALES POR PUNTOS DE LUZ

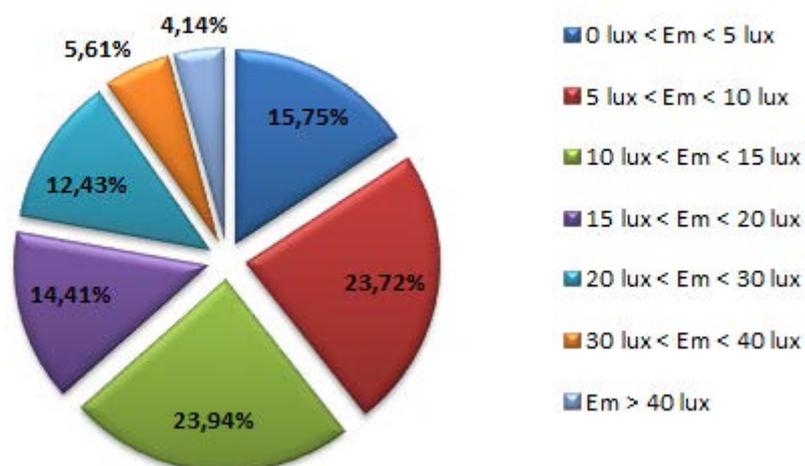


Figura 30.- Niveles de iluminación por número de puntos de luz

En la Figura 29 se muestra la distribución de las vías registradas en función de la iluminancia media. Como se puede observar el 73,28% de las vías registradas tiene niveles de iluminación inferiores a 20 lux, lo que indica que los viales actuales se encuentran en un nivel medio y en categorías del orden a las fijadas por el RD1890/2008 (Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior), mientras que por número de puntos de luz

el 77,82% de los puntos se encuentran en estas vías tal y como se puede observar en la Figura 30.

Los valores obtenidos de los niveles de iluminación medidos se tendrán en cuenta de acuerdo con la Reglamentación vigente para la clasificación de los viales se corresponderá con el máximo nivel para cada situación de Proyecto.

Las vías se han clasificado de acuerdo a lo siguiente:

- Vías principales (A3): Vías colectoras y rondas de circunvalación. Vías urbanas de tráfico importante, rápidas radiales y de distribución urbana a distritos. Vías principales de la ciudad y travesía de poblaciones. Esta definición coincide con la situación de proyecto A3 definida en la instrucción técnica complementaria ITC-EA-02. Clase de alumbrado ME2 / ME3c.
- Vías secundarias (B1-B2): Vías urbanas secundarias de conexión a urbanas de tráfico importante. Vías distribuidoras locales y accesos a zonas residenciales y fincas. Esta definición coincide con la situación del proyecto B definida en la instrucción complementaria ITC-EA-02. Clase de alumbrado ME3c, ME4b.
- Vías terciarias (D1-D2): Áreas de aparcamiento en autopistas y autovías. Aparcamientos en general. Estaciones de autobuses. Coincide con la situación del proyecto D1-D2 en la ITC-EA-02, clase CE2 o CE3.
- Vías terciarias (D3-D4): Calles residenciales suburbanas con aceras para peatones a lo largo de la calzada. Zonas de velocidad muy limitada. Coincide con la situación del proyecto D3-D4 en la ITC-EA-02, clase CE1A, CE2, S1 o S2.
- Vías peatonales (E1-E2): Espacios peatonales de conexión, calles peatonales y aceras a lo largo de la calzada. Paradas de autobús con zonas de espera. Áreas comerciales peatonales. Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. Asimilables a la situación de proyecto E en la ITC-EA-02. Clase de alumbrado CE1, CE1A, CE2, S1 o S2.

A partir de la clasificación dada a las vías se puede determinar si los niveles de luminosidad son excesivos, correctos o deficientes, en el caso de Marbella los niveles de iluminación son correctos, existiendo determinadas vías o zonas (zonas poligonales, periférica de la ciudad,...) con niveles excesivos y que por lo tanto requieren de un ajuste, aunque también existen zonas con niveles deficientes sobre todo en viales que se encuentran iluminados por faroles donde dada la distribución actual no se cumplen criterios de uniformidad y que requieren de un trato o análisis especial. Tal y como se mencionó anteriormente en la Tabla 2 del Anexo VII se muestran de forma detallada los niveles para cada una de las vías.

Además de la determinación de la idoneidad de los niveles, se ha hecho un estudio de la eficiencia energética de la instalación para cada una de las instalaciones de la red de alumbrado público (Tabla 3 del Anexo VII). El cálculo se ha realizado según la fórmula marcada

por el RD 1890/2008, Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior:

$$\varepsilon = \frac{S * E_m}{P} \left( \frac{m^2 * lux}{W} \right)$$

Siendo:

- $\varepsilon$   $\equiv$  eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ( $m^2 * lux/W$ ).
- $P$   $\equiv$  potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W).
- $S$   $\equiv$  Superficie iluminada ( $m^2$ ).
- $E_m$   $\equiv$  iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux).

A partir de la eficiencia energética se puede calcular el índice de eficiencia energética ( $I\varepsilon$ ), que se calcula como:

$$I\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

Siendo:

- $\varepsilon$   $\equiv$  eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior.
- $\varepsilon_R$   $\equiv$  valor de la eficiencia energética de referencia que es función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada.

Por ende a partir de índice de eficiencia energética se calcula el índice de consumo energético (ICE) que es la inversa del índice de eficiencia energética para así dar una etiqueta con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones. Esta etiqueta caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). En la Tabla 3 del anexo VII figura la eficiencia energética, el índice de eficiencia energética, el índice de consumo energético y la etiqueta que mide el consumo energético de la instalación, para todas aquellas vías de las que se disponen datos reales tras el proceso de medición. A continuación se muestra en la Figura 31 el número de instalaciones de alumbrado público en función de su calificación energética, como se puede observar existe un 49,13% de las vías tienen una calificación energética de A, B o C lo que denota la instalación de Marbella tiene cierto grado de eficiencia y las potencias instaladas son adecuadas en al menos la mitad de las vías del municipio.



Figura 31.- Calificación energética de las vías en la situación actual



Figura 32.- Distribución de los puntos de luz en base a la calificación energética de la vía donde se encuentran ubicados

Toda la información de análisis aportada permitirá tener una caracterización exacta de las vías y por lo tanto este análisis permitirá conseguir unas propuestas de medida que aporten una mayor eficiencia energética. Al igual que para los niveles de iluminación resulta interesante conocer la distribución de puntos de luz en base a la calificación energética de la vía donde se encuentren ubicados (Figura 32), como se puede observar el 49,22% de los

puntos de luz se encuentran ubicados en vías con calificación energética A, B o C, siendo este porcentaje ligeramente superior al de las vías lo que indica que hay vías con mejor calificación energética que concentran un número importante de puntos de luz.

#### 4.6) EVALUACIÓN DE RATIOS POR CENTRO DE MANDO

Tras tener toda la información de la situación actual estudiada, resulta interesante obtener unos ratios que resuman las condiciones de uso de la situación actual, dado que aportan información de cómo están las condiciones de contratación, de consumo y de costes. Además también aportarán información de la relación entre el consumo eléctrico y la superficie urbana y la población, y que alcanza relevancia desde el punto de vista de poner de manifiesto la relación entre la eficiencia en el consumo de energía y el modelo de municipio. De forma que en el supuesto de municipio extensivo (tipología de edificación de baja densidad, existencia de un gran número de viviendas unifamiliares), conlleva un mayor consumo relativo de energía eléctrica por el alumbrado público que el desarrollo de un municipio con mayor densidad de edificación.

En el Anexo VIII se muestran todos los ratios para cada uno de los puntos de suministro en función de los criterios que a continuación se detallan:

- **Relación entre la potencia contratada y la potencia instalada en las lámparas (PC / PIL).** Los valores deberían de oscilar entre 1,2 y 1,5 como valor máximo.
  - Valores superiores: hay que revisar los datos o bajar la potencia contratada
  - Valores inferiores: hay que revisar los datos y aumentar la potencia, adecuándose al nuevo sistema de tarifas por tramos según la potencia contratada, o bien, revisar la instalación.

Este ratio confirma el diagnóstico realizado para la potencia contratada de los suministros donde se ha observado que el 31,61% de los centros de mando tienen exceso de potencia contratada, dado que este ratio indica que el 25,18% de los suministros tienen un ratio superior a 1,5, lo cual confirma que este es un ratio bastante fiable para saber el número de suministros a optimizar, aunque hay que reseñar que gran parte de los contratos de Marbella son inferiores a 15kW por lo que la potencia a contratar se encuentra sujeta a potencias normalizadas y no es posible realizar en algunos casos un ajuste mayor. También hay que reseñar que el 52,48% de los contratos actuales según este ratio tienen menos potencia contratada de la necesaria, confirmando el diagnóstico realizado por lo que estos contratos deberían aumentar su potencia contratada para así evitar penalizaciones futuras en caso de que se produzcan. En la Tabla 27 y en la Figura 33 se muestra la clasificación de los puntos de suministro en función de este ratio.

Tabla 27.- Suministros clasificados según el ratio PC /PIL

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
PC/PIL < 1	148
1 < PC/PIL < 1,2	25
1,2 < PC/PIL < 1,5	38
PC/PIL > 1,5	71

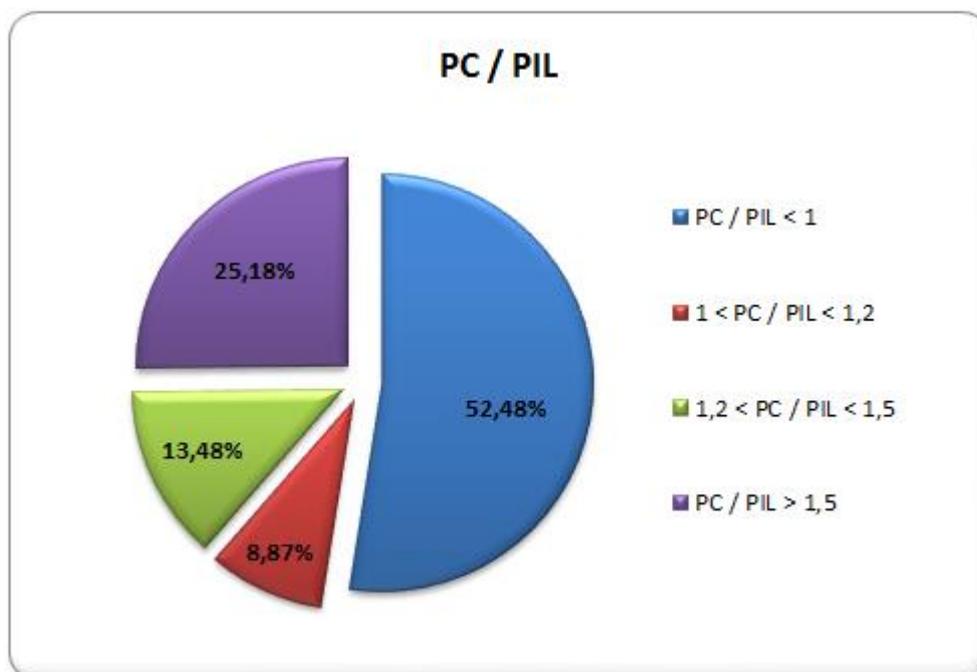


Figura 33.- Clasificación de los suministros según el ratio PC / PIL

- Relación entre el consumo global y la potencia de la lámpara más las pérdidas adicionales en los equipos auxiliares (Consumo / PTI).** Este índice indica las horas teóricas de funcionamiento de la instalación a pleno régimen que debería ser muy similares a las fijadas por el horario de funcionamiento determinado (horario de reloj astronómico con un retraso de 15 minutos en el encendido y un adelanto de 15 minutos en el apagado) de aproximadamente 4.128 horas. Para valores muy dispares a los mencionados aquí, habría que revisar cuidadosamente los sistemas de encendido y apagado, o bien, el de los sistemas de regulación existentes que en el caso de Marbella son ínfimos, aunque hay que reseñar que aquellos suministros que tienen actualmente un funcionamiento inferior al 85% del número de horas se debe a la existencia de bastantes luminarias fuera de servicio. En la Tabla 28 y en la Figura 34 se muestra la distribución de los suministros en función de este ratio.

Tabla 28.- Distribución de los suministros según el ratio consumo / PTI

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
Consumo/PTI < Nº horas-15%	32
Nº horas-15% < Consumo/PTI < Nº horas+15%	275
Consumo/PTI > Nº horas+15%	3

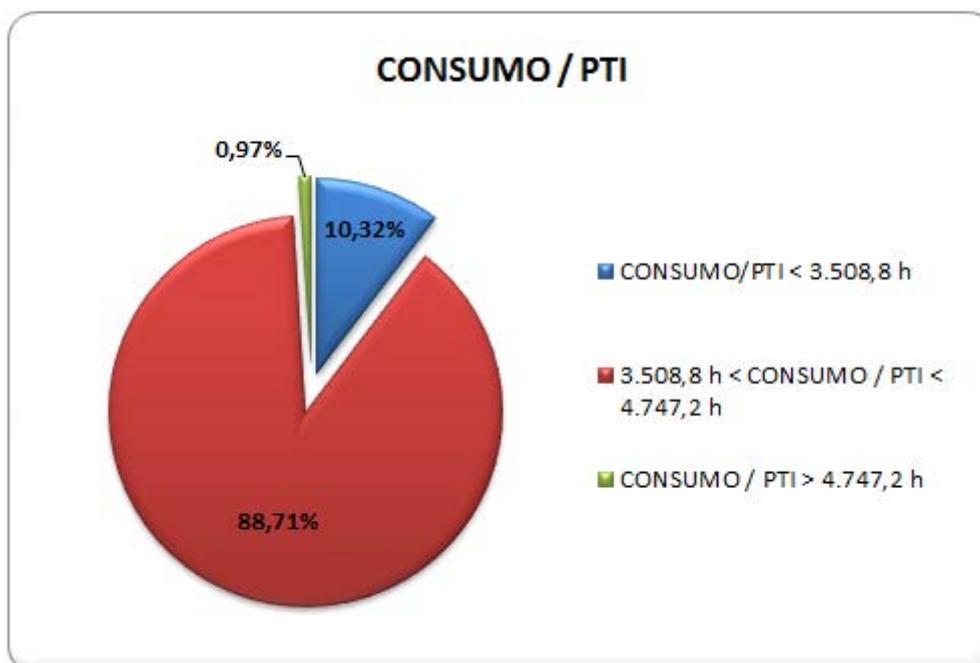


Figura 34.- Distribución de los suministros según el ratio consumo / PTI

- **Relación entre la potencia instalada por lámpara y el número de lámparas (PIL / Número de lámparas).** Este parámetro indica la potencia media de las lámparas existentes en cada uno de los suministros. En la Tabla 29 y en la Figura 35 se muestra la distribución de los suministros en función de este ratio que tal y como se puede observar el 90,32% de los suministros se encontrarían en valores del orden de la potencia media instalada en la totalidad de la instalación que es de 149,21 W.

Tabla 29.- Distribución de los suministros según el ratio (PIL / Nº lámparas)

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
PIL/Nº LÁMPARAS <= 50W	6
50W < PIL/Nº LÁMPARAS <= 100W	24
100W < PIL/Nº LÁMPARAS <= 150W	155
150W < PIL/Nº LÁMPARAS <= 250W	125

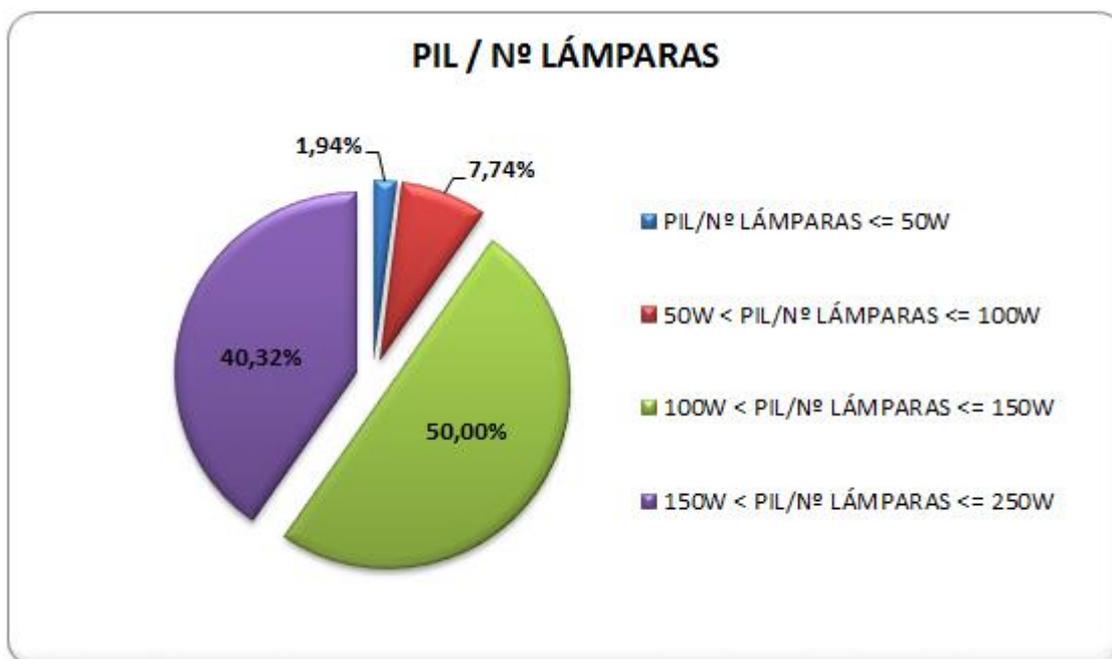


Figura 35.- Distribución de los suministros según el ratio (PIL / Nº lámparas)

- Relación entre el coste anual de facturación y consumo energético (Coste / Consumo).** Este ratio nos proporciona el precio medio de facturación del kWh en el periodo considerado. Dado que hay casi un 60% de suministros con tarifa 2.0DHA se puede considerar un valor correcto de este parámetro si es inferior a 0,16€, aproximadamente y un buen valor sería por debajo de 0,13€. Para valores superiores, es muy posible que el suministro de energía se pueda optimizar desde el punto de vista de la tarifa eléctrica y potencia contratada o factor de potencia. En la Tabla 30 y en la Figura 36 se muestra la distribución de los suministros en función de este ratio, observándose que un 48,39% de los suministros tiene un precio muy bueno que si englobamos también los correctos hace que el porcentaje aumente hasta un 78,71%, mientras que un 13,55% habría que revisar y a un 7,74% prestarles mucha atención al tener un precio elevado y por lo tanto habrá que revisar para optimizar los costes.

Tabla 30.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / consumo)

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
<b>COSTE / CONSUMO &lt;=0,13€/kWh</b>	150
<b>0,13€/kWh&lt;= COSTE / CONSUMO &lt;=0,16€/kWh</b>	94
<b>0,16€/kWh&lt; COSTE / CONSUMO &lt;=0,19€/kWh</b>	42
<b>COSTE / CONSUMO &lt;0,19€/kWh</b>	24

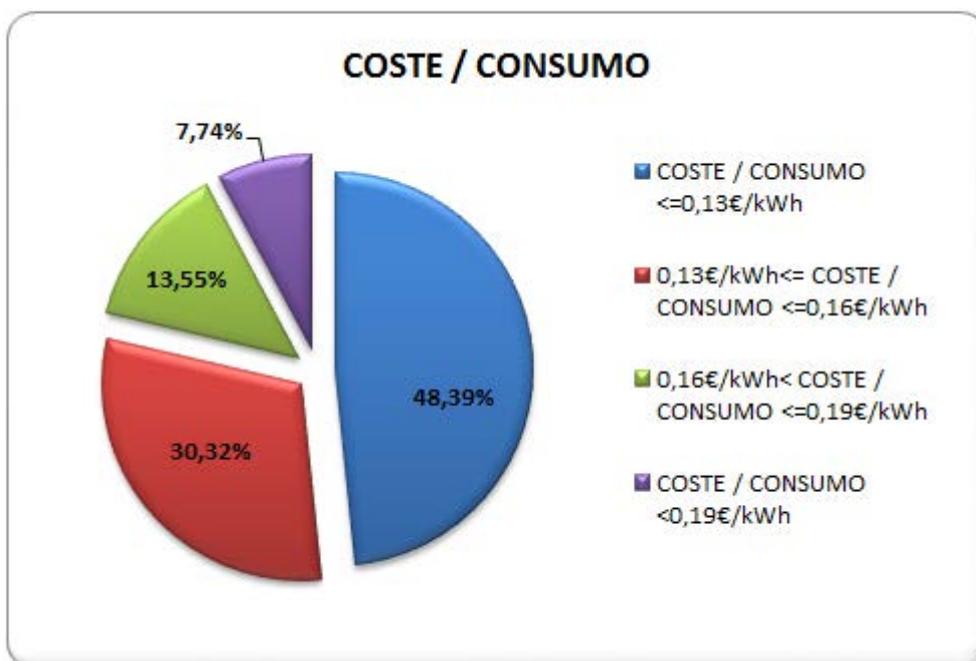


Figura 36.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / consumo)

- **Relación del coste anual de facturación por cada kW instalado (Coste / PIL).** Este parámetro facilita información sobre el estado del suministro. En la Tabla 31 y en la Figura 37 se muestra la distribución de los suministros en función de este ratio, donde se observa que el 81,61% de los suministros tienen un coste inferior a los 750€/kW.

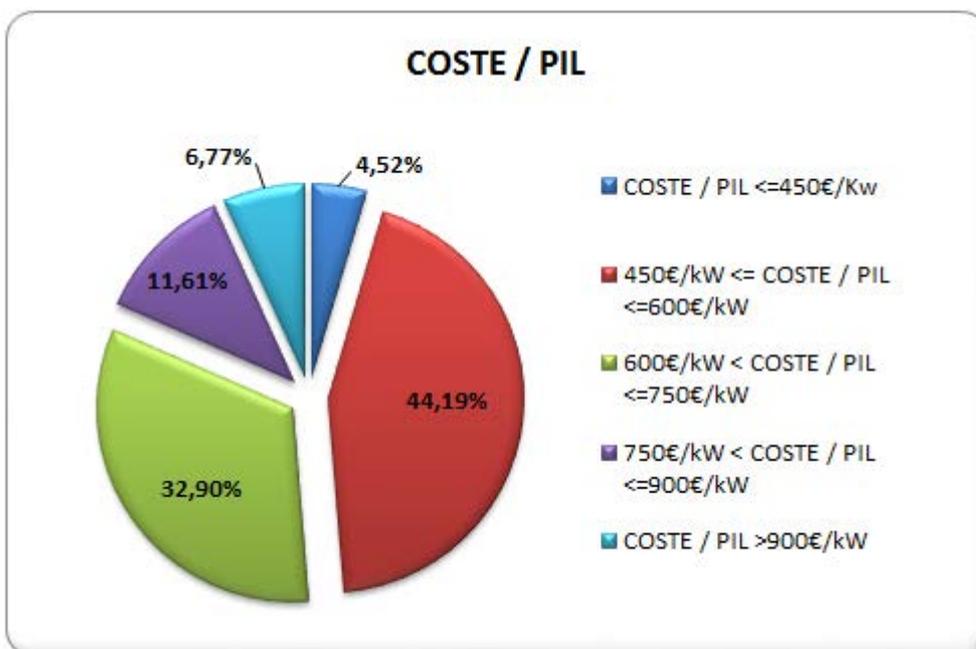


Figura 37.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / PIL)

Tabla 31.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / PIL)

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
<b>COSTE / PIL &lt;=450€/Kw</b>	14
<b>450€/kw &lt;= COSTE / PIL &lt;=600€/kw</b>	137
<b>600€/kw &lt; COSTE / PIL &lt;=750€/kw</b>	102
<b>750€/kw &lt; COSTE / PIL &lt;=900€/kw</b>	36
<b>COSTE / PIL &gt;900€/kw</b>	21

Además de los ratios relativos a cada uno de los cuadros se pueden obtener a partir de los ratios anteriores unos globales para toda la instalación y también unos donde se relacione el consumo y los costes con el número de habitantes o la superficie del municipio. Todos estos ratios globales se pueden observar en la Tabla 32.

Tabla 32.- Ratios del alumbrado público.

RATIOS DEL ALUMBRADO EXTERIOR	SITUACIÓN ACTUAL
	SUMINISTROS (TOTAL)
<b>PC / PIL</b>	<b>1,16</b>
<b>Consumo / PTI (h/año)</b>	<b>3.901,78</b>
<b>PIL / Nº Lámpara (W/lámpara)</b>	<b>149,21</b>
<b>Coste / Consumo (€/kWh)</b>	<b>0,13998</b>
<b>Coste / PIL (€/PIL)</b>	<b>637,21</b>
<b>Número de habitantes del municipio (hab)</b>	<b>139.537</b>
<b>Potencia instalada por habitante (W/hab)</b>	<b>20,39</b>
<b>Consumo energía eléctrica por habitante (kWh/hab año)</b>	<b>92,80</b>
<b>Puntos de luz por 1.000 habitantes (PL/1000hab)</b>	<b>136,21</b>
<b>Potencia instalada por superficie población (W/m<sup>2</sup>)</b>	<b>0,024</b>

## 5) MEDIDAS CORRECTORAS Y PROPUESTAS DE MEJORA

El análisis de la situación actual lleva a detectar las causas que hacen que el rendimiento energético de la instalación no sea el adecuado, debido a los problemas detectados durante el análisis de la situación actual. Por ese motivo para los problemas detectados se diseñan medidas correctoras que sean viables tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Estos problemas detectados pueden ser corregidos siguiendo alguna de las propuestas de actuación típicas en alumbrado exterior. Algunas de estas propuestas son las siguientes:

- Contratación del suministro de energía eléctrica a tarifas óptimas y adopción de la discriminación horaria en el supuesto no la haya.
- Instalación de condensadores y contadores de energía reactiva.
- Instalación de contadores con discriminación horaria.
- Corrección de las sobretensiones y eliminación de todo tipo de perturbaciones en la red.
- Instalación de sistemas de reducción de potencia.
- Sustitución del tipo de lámparas existentes por otras de mayor eficiencia energética.
- Establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo.
- Sustitución del sistema de iluminación completo.

Como se puede observar se pueden aplicar una cantidad de medidas importantes, de ahí que sea fundamental un análisis tan minucioso como el realizado. Dado que el objetivo es obtener unas instalaciones con la última tecnología, las medidas mencionadas anteriormente se quedan cortas y por lo tanto se van a aplicar medidas con cambios más profundos y con un alcance mayor (instalación de equipos de telegestión, sistemas de control punto a punto, remodelación absoluta de los cuadros,...). Todas las medidas a aplicar serán detalladas posteriormente.

Antes de aplicar las medidas es necesario determinar el alcance de las mismas y si se van a aplicar sobre la totalidad de las instalaciones o sobre una parte de las mismas. En este caso las medidas se aplicarán sobre los centros de mando que mantiene el ayuntamiento de Marbella (291 centros de mando inventariados y 281 suministros asociados dado que algún centro de mando comparte suministro). En Marbella tal y como se ha mencionado anteriormente existen centros de mando que el ayuntamiento de Marbella paga la facturación pero no mantiene dado que son centros de mando mantenidos por la Junta de Andalucía (28 centros de mando inventariados aunque está confirmada la existencia de algún centro de mando mas a los cuales no se ha tenido acceso, los puntos de luz de estos centro de mando se han inventariado y asociado todos ellos a un centro de mando ficticio), en estos centros no se pretende realizar ningún tipo de actuación.

## 5.1) OPTIMIZACIÓN DE LOS CONTRATOS ACTUALES SIN LA APLICACIÓN DE MEDIDAS

### 5.1.1) Descripción de la mejora

La optimización de los contratos actuales es la primera de las medidas de mejora que se debe aplicar a toda instalación de alumbrado público, dado que es una medida de ahorro a coste cero. Para ello se reajustará el término de potencia contratada a las condiciones actuales del suministro, y de esta forma se reducirá el coste de la factura eléctrica dado que actualmente se está pagando por una potencia que no se está utilizando.

En las instalaciones del alumbrado público de Marbella se ha visto que en los suministros sometidos a actuación aproximadamente un 25% de los suministros pueden tener una optimización, dado que el análisis de los suministros y el ratio de la relación entre la potencia contratada actual y la instalada en las lámparas así lo indican. En la Tabla 33 y en la Figura 38 se muestra el número de suministros a optimizar, que tras un análisis en mayor detalle y profundidad puede ser hasta del 12,81 %, en la instalación sometida a actuación, detallándose la optimización realizada para cada uno de los suministros en la Tabla 1 y la Tabla 2 del Anexo IX. Hay que reseñar que no se ha producido ningún cambio en la tarifa contratada actual.

Tabla 33.- Nº de suministros a optimizar

Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)	
<b>Nº SUMINISTROS A OPTIMIZAR</b>	36
<b>Nº SUMINISTROS SIN OPTIMIZAR</b>	245

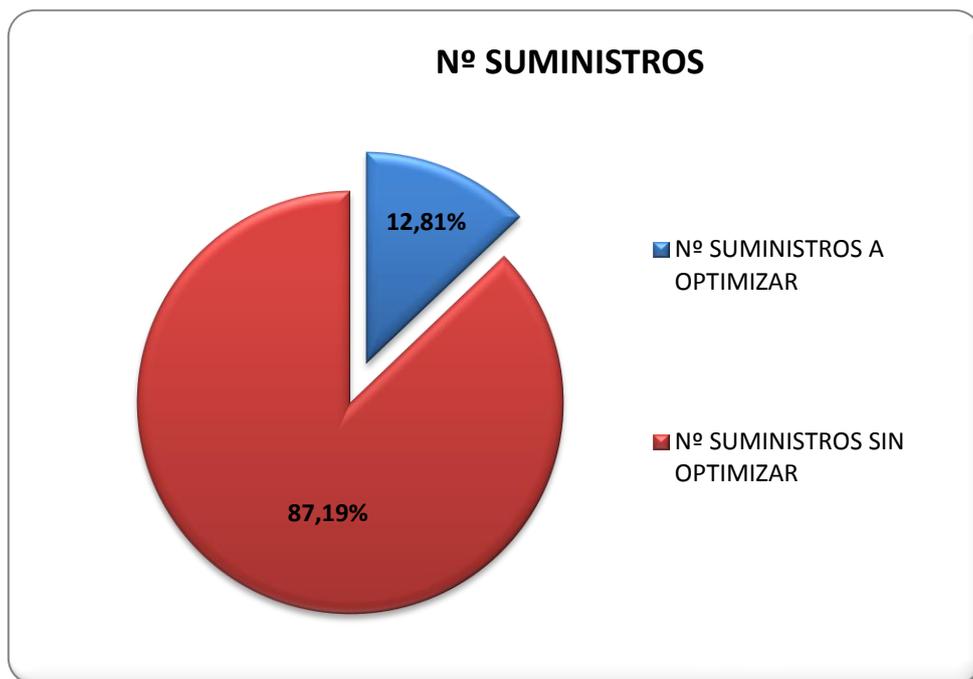


Figura 38.- Nº de suministros a optimizar

### 5.1.2) Costes, ahorro e inversión

La inversión a realizar inicialmente es 0€ dado que es una negociación del contrato (habría que pagar en el supuesto sea necesario, por la adecuación del término de potencia) para así bajar la potencia contratada.

Se estima un ahorro potencial con el precio actual de término de potencia en la instalación de 18.475,22 €/año, que se obtiene de analizar la diferencia de costes de la situación optimizada y la situación actual. En la Tabla 34 se muestran los costes asociados a la situación optimizada, así como los ahorros que esta optimización genera (Figura 39). En la Tabla 1 del Anexo IX se muestran de forma desglosada los costes y los ahorros generados.

Tabla 34.- Costes de optimización, ahorros potenciales término de potencia

		Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
<b>COSTE TÉRMINO POTENCIA TRAS OPTIMIZAR (€/año)</b>	P1	120.797,90
	P2	23.814,71
	P3	15.189,48
	<b>TOTAL</b>	<b>159.802,10</b>
<b>AHORRO OPTIMIZACIÓN TÉRMINO POTENCIA (€/año)</b>	P1	10.249,04
	P2	4.906,08
	P3	3.320,10
	<b>TOTAL</b>	<b>18.475,22</b>



Figura 39.- Ahorros por optimización de los suministros

Además de los ahorros que se generan de forma directa al reducir el término de potencia existen otros asociados a la facturación como son el impuesto eléctrico (944,58 €/año) y el IVA (4.078,16 €/año) en el total de la instalación. En la Tabla 1 del Anexo IX, se muestran los ahorros asociados desglosados para cada centro de mando, haciendo que el ahorro definitivo por la optimización de los contratos sea de 23.497,97 €/año.

## 5.2) ADECUACIÓN DE LOS CENTROS DE MANDO

### 5.2.1) Descripción de la mejora

Tras analizar los centros de mando se ha observado que existen cierto número de centros de mando con diversas anomalías, para subsanar estos problemas y teniendo en cuenta la optimización de instalaciones prevista se van a aplicar diversos planes de actuación en función del centro de mando. El plan de actuación a realizar es el siguiente:

- En 217 centros de mando se va a producir un cambio completo del mismo, ya bien sea porque no presenta unas condiciones de funcionamiento seguras o bien porque a pesar de tener un funcionamiento correcto, el centro de mando se encuentra obsoleto y al pretender instalar un sistema de telegestión en el centro de mando, así como un sistema de control y regulación se requieren centros de mando adecuados al reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT).
- En 67 centros de mando se van a realizar ligeras modificaciones (instalación de diferenciales en todas las salidas, de contactores individuales en el supuesto sean necesarios,...) para adecuarlos al REBT.
- En 7 centros de mando no se necesitan realizar modificaciones constructivas únicamente se va a realizar una limpieza y revisión del mismo.

En la Tabla 35 se muestran diferentes grados de remodelación o de adecuación que se van a aplicar en los centros de mando, mientras que en la Tabla 1 Anexo X se muestra la medida a aplicar para cada centro de mando.

Tabla 35.- Tipo de remodelación en los centros de mando

ACTUACIONES PREVISTAS	Nº DE CENTROS DE MANDO (TOTAL)
CAMBIO COMPLETO	217
REMODELACIÓN / MODIFICACIONES	67
LIMPIEZA Y REVISIÓN	7

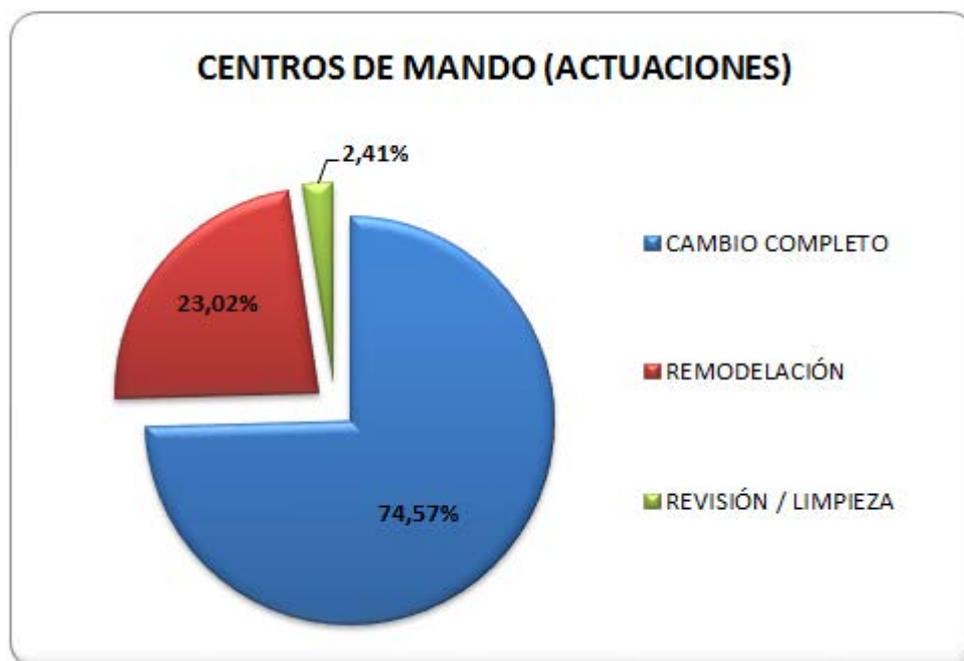


Figura 40.- Tipo de remodelación en los centros de mando

Como se puede observar en la Figura 40, en la mayoría de centros de va a realizar un cambio completo (74,57%) lo que indica que las instalaciones en lo relativo a los centros de mando se encuentran obsoletas, también hay que reseñar que en un 23,02% se va a producir una remodelación de los centros de mando. Por estas razones es importante y fundamental detallar las medidas a realizar. A continuación se detallan las medidas concretas a realizar, así como las características concretas de los equipos en cada una de las actuaciones previstas.

- **CAMBIO COMPLETO DEL CUADRO**

El cambio completo del centro de mando conlleva toda la mano de obra asociada para la adecuación del sitio de ubicación del cuadro e instalación del centro de mando, así como las verificaciones correspondientes. De forma detallada engloba:

- Desmontaje de centro de mando existente.
- Reparación o adaptación de basamento (incluido hormigón) o en caso de que se vaya a colocar en una nueva ubicación la realización del basamento.
- Fijación del nuevo centro de mando.
- Conexionado y puesta en servicio del nuevo centro de mando (no se incluye el nuevo cuadro).
- Pequeño material necesario para el montaje del centro de mando.

- Verificación de la instalación por la OCA.

Además de la mano de obra, el cambio completo lleva consigo el nuevo centro de mando a instalar, en este caso siempre con doble módulo (acometida y abonado), con grado recomendable de protección IP65, IK10. Se tiene previsto la instalación de diferentes variantes de centros de mando en función del número de salidas (2, 4, 6, 8 o 10 salidas). El mínimo a incluir en el nuevo cuadro es lo siguiente:

- Envolvente de plancha de acero inoxidable AISI-304, mínimo de 2 mm de espesor con pintura preventiva de corrosión. Puertas empotradas con cerradura de triple acción con empuñadura antivandálica, llaves estándar y soporte para bloqueo por candado. Base metálica para fijación por pernos al basamento. Este tipo de envolvente se empleará en los centros de mando que no se encuentran alojados en caseta. Los centros de mando alojados en caseta tendrán envolvente de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con cerradura y empuñadura antivandálica, llaves estándar y soporte para bloqueo por candado.
- Módulo de acometida. Según normas compañía suministradora (CGP y caja de medida).
- Módulo de abonado:
  - o Aparellaje eléctrico de primeras marcas protegido con cajas de doble aislamiento IP 65.
  - o Interruptor general automático curva C (Max. 80A).
  - o 2, 4, 6, 8 o 10 interruptores magnetotérmicos poder de corte min. 10 KA y curva C, intensidad según potencia de salida.
  - o 1, 2 o 3 centrales de relés diferenciales tipo A ultrainmunizados (30mA - 30A), junto a 2, 4, 6, 8 o 10 transformadores toroidales permitiendo protección diferencial inteligente.
  - o 2, 4, 6, 8 o 10 contactores para las líneas de salida de la intensidad que corresponda a la potencia nominal. Mínimo 40 A. en AC1.
  - o Bornas de sección adecuada a las líneas de salida y cableado del cuadro de acuerdo al cumplimiento del REBT.
  - o Configuración de protección similar al alumbrado para el resto de líneas existentes en los cuadros actuales (semáforos, usos varios,...).
  - o Certificados de calidad, esquemas de mando y unifilares del cuadro.

- Aluminado interior con fluorescente compacto u otra tecnología con similares o mejores características.
- Tomas de corriente para uso externo de mantenimiento con diferenciales de 30 mA de sensibilidad.

En los Planos 006, 007, 008, 009, 010 se muestra el esquema unifilar orientativo de montaje para los centros de mando de 2, 4, 6, 8 y 10 salidas respectivamente.

- **RENOVACIÓN Y ADECUACIÓN DEL CENTRO DE MANDO ACTUAL**

Los cambios que conllevan la renovación y adecuación del centro de mando actual son básicamente en lo relativo a las protecciones dado que actualmente no se encuentran individualizadas. El mínimo a incluir en la reforma del centro de mando es lo siguiente:

- 2, 4, 6, 8 o 10 contactores individuales para las líneas de salida con correspondencia a la potencia nominal, en el supuesto sea necesario al no existir actualmente un contactor para cada una de las salidas.
- 1, 2 o 3 centrales de relés diferenciales tipo A ultraimunizados (30mA - 30A), junto a 2, 4, 6, 8, o 10 transformadores toroidales permitiendo protección diferencial inteligente.
- Reparación del cuadro con bornas de sección adecuada a las líneas de salida y con un cableado del cuadro de acuerdo al cumplimiento del REBT, así como la reparación de las tomas de tierra en el caso de que sea necesario.
- Mano de obra y pequeño material necesario para la reforma del cuadro.
- Conexionado y puesta en servicio del cuadro tras la reforma.
- Certificados de calidad, esquemas de mando y unifilares del cuadro.
- Verificación de la instalación por la OCA.

- **REVISIÓN Y LIMPIEZA DEL CENTRO DE MANDO ACTUAL**

Esta medida será de aplicación en aquellos cuadros que no necesitan una modificación constructiva de los mismos. El mínimo a incluir en la revisión y limpieza del centro de mando es lo siguiente:

- Limpieza y revisión del centro.

- Mano de obra y pequeño material necesario para la limpieza y revisión.
- Certificados de calidad, esquemas de mando y unifilares del cuadro.
- Verificación de la instalación por la OCA.

### 5.2.2) Costes, ahorro e inversión

La inversión global a realizar para la aplicación de esta medida es de 1.115.994,93 €. En la Tabla 36 y en la Figura 41 se desglosa esta inversión.

Tabla 36.- Inversión para la sustitución / renovación de los centros de mando

	<b>CENTROS DE MANDO (TOTAL)</b>
<b>MANO DE OBRA (€)</b>	84.018,13
<b>MATERIAL (€)</b>	1.031.976,87
<b>TOTAL</b>	<b>1.115.994,93</b>

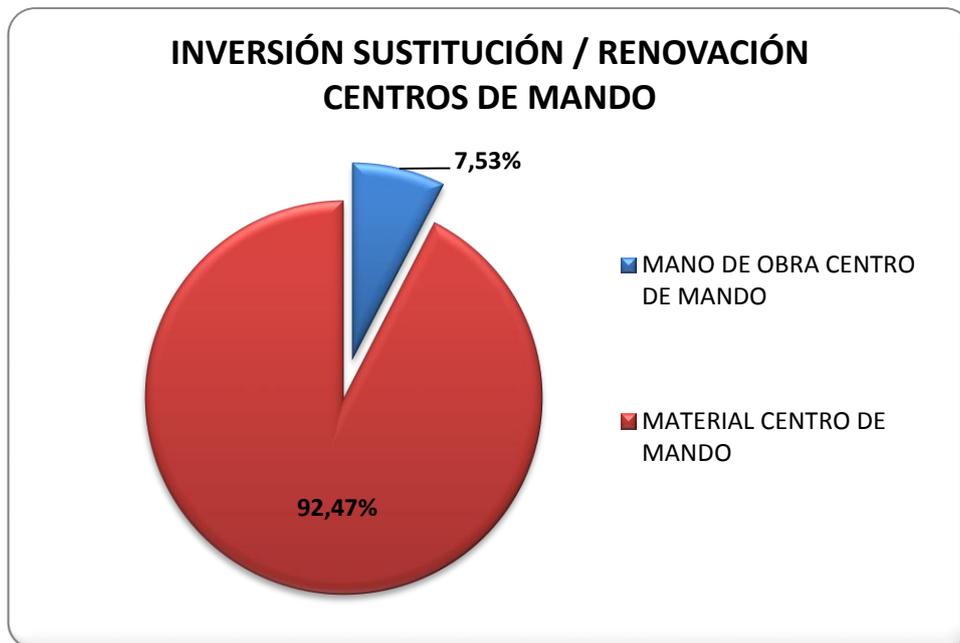


Figura 41.- Inversión para la sustitución / renovación de los centros de mando

Con esta inversión se tendrían todos los centros de mando adecuados a normativa y con cumplimiento del REBT. En la Tabla 2 del Anexo XIII se detallan los costes de sustitución / renovación para cada uno de los centros de mando.

El ahorro generado de forma directa por la aplicación de esta medida es de 0 €. Aunque lleva consigo unos ahorros indirectos al tener las instalaciones optimizadas y ello conllevará un ahorro en mantenimiento, que posteriormente será reseñado.

### 5.3) *INSTALACIÓN DE UN EQUIPO DE TELEGESTIÓN (GESTOR ENERGÉTICO) A NIVEL DE CENTRO DE MANDO*

#### 5.3.1) *Descripción de la mejora*

La instalación del equipo de telegestión a nivel centro de mando permite tener un control y un registro absoluto de las instalaciones, dado que actúa como cerebro de la instalación. El equipo de telegestión debe tener mínimo las siguientes características.

- Mando de las maniobras: Permitir realizar tantas maniobras como sean necesarias para gobernar cualquier tipo de instalación, entre las maniobras más destacadas hay que reseñar las siguientes:
  - Encendido / arranque de la instalación.
  - Dar órdenes de ahorro y de reducción a la instalación.
  - Permitir la conexión y desconexión de circuitos de forma independiente, dado el registro de alarmas.
- Análisis de todos los parámetros eléctricos: Tener un analizador de redes interno o adjunto que permite realizar las principales funciones de control energético y de calidad de suministro y operación. Todas estas medidas deben ser almacenadas internamente. Las medidas son en verdadero valor eficaz (para cada fase y trifásica) siendo las medidas a registrar, las siguientes:
  - Tensión.
  - Intensidad.
  - Potencia activa.
  - Potencia reactiva.
  - Factor de potencia.
  - Índice de distorsión armónica en corriente.
  - Índice de distorsión armónica en tensión.
  - Contador de energía activa.
  - Contador de energía reactiva inductiva.
  - Contador de energía reactiva capacitiva.

- Análisis de anomalías y averías: Registro de todos los cortes existentes en el suministro de la compañía, el disparo de las protecciones de las salidas, las desviaciones de los parámetros eléctricos respecto de sus valores nominales, etc.... Todas estas anomalías deben generar una señal de alarma en tiempo real (vía sms, e-mail,...). Además de generar las señales de alarma debe ser capaz de registrarlas internamente, para así tener un control sobre todas las incidencias que se vayan a producir en la instalación.
- Centralización y mando sobre los elementos de la instalación: A través de una conexión 485, modbus u otra de similares características se registran todos los elementos tales como los analizadores de redes, contadores de energía, reguladores de flujo, modificaciones remotas de las consignas de trabajo, etc....
- Permitir comunicación según el tipo de red de comunicación disponible (gsm / gprs, 3G / umts, wifi, fibra óptica, ufh / zigbee).

### 5.3.2) Costes, ahorro e inversión

La inversión a realizar para la instalación de los equipos de telegestión (gestor energético) a nivel de centro de mando es de 218.773,80 €, se va a realizar la colocación de un equipo por cada centro de mando, en la Tabla 1 del Anexo X se muestran los centros de mando donde se va a instalar el sistema de telegestión. Con esta inversión se tendrían todos los centros de mando perfectamente registrados y se controlarían al detalle todos los consumos eléctricos. De forma global en la Tabla 37 y en la Figura 42 se desglosa esta inversión.



Figura 42.- Inversión para la instalación del sistema de telegestión a nivel cuadro

Tabla 37.- Inversión para la instalación del sistema de telegestión a nivel centro de mando

	<b>CENTROS DE MANDO (TOTAL)</b>
<b>MANO DE OBRA (€)</b>	21.825,00
<b>MATERIAL (€)</b>	196.948,80
<b>TOTAL</b>	<b>218.773,80</b>

El ahorro generado de forma directa por la aplicación de esta medida es de 0 €. Aunque lleva consigo unos ahorros indirectos al tener las instalaciones optimizadas y perfectamente registradas con lo que ayudará a establecer todo el protocolo de medición (IPMVP) y ayudara en la liquidación de los ahorros generados, además conlleva un ahorro en mantenimiento al dar señales de alarma ante posibles anomalías. En la Tabla 2 del Anexo X se detallan los costes de la instalación del sistema de telegestión a nivel centro de mando.

#### **5.4) SUSTITUCIÓN DE LAS LUMINARIAS Y PROYECTORES ACTUALES POR LUMINARIAS Y PROYECTORES LED**

##### **5.4.1) Descripción de la mejora**

Esta es la mejora que mas cambio producirá en la instalación dado que se pretende realizar una sustitución completa de las luminarias y proyectores actuales, inclusive algunas luminarias LED actualmente colocadas dado que en algunas zonas donde se encuentran instaladas se desean niveles superiores a los que actualmente existen (en las zonas donde haya instaladas luminarias LED y se consigan los niveles deseados se mantendrán las luminarias actuales) por luminarias y proyectores LED, con lo que se permitirá una reducción de potencia instalada muy grande, dadas las ventajas que la tecnología LED proporciona respecto a las tecnologías actuales. Entre las ventajas de usar la tecnología LED hay que reseñar las siguientes:

- Vida útil más larga que el resto de tecnologías actualmente usadas en la red de alumbrado público (más de 80.000 horas).
- Reducción de los costes de mantenimiento dado que se tiene mayor vida útil.
- Mayor eficacia que las lámparas incandescentes, fluorescentes y halogenuros metálicos, dado que es un sistema de luz directa.
- Permite usar ópticas de plástico de alta eficiencia, lo que hace que se consigan uniformidades mayores y mayor calidad en la iluminación.
- Permite encendidos a bajas temperaturas (hasta -40°C), con lo cual se adapta mejor a las condiciones ambientales tanto de temperatura como de humedad.

- Trabaja en baja tensión en continua, dado que para su encendido dispone de un arrancador 1/10V o electrónico, reduciendo de esta manera los riesgos al manipular las luminarias.
- Alta eficacia en ambientes fríos y sellado de por vida en luminarias estancas
- No contiene mercurio u otros elementos altamente contaminantes del medio ambiente.
- Permite una alta flexibilidad en el diseño, luces ocultas y colores saturados sin uso de filtros y una regulación total sin cambio de color.
- Menor dispersión de luz al hemisferio superior debido a un mejor control óptico y luz dinámica con posibilidad de cambiar el punto blanco.

Dadas las grandes ventajas que proporciona el LED frente a otras tecnologías, hace que el LED sea la mejor de las alternativas para el cambio de iluminación. Para tener claro cuál es la posibilidad de cambio y el tipo de luminaria que mejor se adapta a las condiciones actuales, se ha realizado un proceso de simulación de todas las vías de las que se dispone geometría definida (vías principales, secundarias, terciarias, parques, peatonales,...), estas simulaciones abarcan más del 85% de los puntos existentes de la ciudad, no realizándose simulación en zonas o recintos deportivos (proyectores), parkings, entradas a garajes o pasos entre edificios con la existencia de una única luminaria que en este caso no es vial, y en estos casos se han propuesto cambios en base a sus características técnicas, por lo tanto se han seleccionado aquellas que mejor se adaptan a la instalación. Tampoco en aquellas luminarias en las que se propone un cambio solamente de la lámpara. En el Anexo XI se muestran las simulaciones realizadas con las luminarias que mejor se adaptan a los requerimientos técnicos.

Las simulaciones están basadas y realizadas de acuerdo a unos criterios definidos por el ayuntamiento y por las condiciones lumínicas de las instalaciones actuales. Estos criterios han permitido establecer un plan estratégico lumínico para el municipio de Marbella.

#### **5.4.2) Plan estratégico lumínico (niveles de luminosidad)**

La estrategia lumínica empleada para la renovación de las instalaciones de alumbrado público de Marbella, atiende lo primero al conjunto de la ciudad tanto en sus necesidades físicas como humanas, de ahí que no se vaya al límite de los niveles fijados el RD 1890/2008 (Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior).

Para la definición de los niveles lumínicos del ayuntamiento hay unos aspectos que han sido muy tenidos en cuenta para dar los niveles dependiendo de las zonas. Estos aspectos han sido los siguientes:

- **Funcionalidad:** Se han definido los viales que son arterias principales y en los que se basa la movilidad a través del municipio. Estos viales tienen una prioridad en la definición de los niveles lumínicos y deben cumplir perfectamente con los

requerimientos de la normativa actual y que las mediciones de la instalación actual confirman, luego las condiciones lumínicas de estas vías se mantendrán o en su defecto se mejorarán según los requerimientos definidos por la propiedad.

- Seguridad: En el municipio toda la gente debe sentirse de forma segura, siendo la iluminación un elemento que ayude a complementar las medidas de ordenación y seguridad en el municipio. De ahí que el bajar los niveles actuales de forma brusca es una temeridad y se recomiende un cambio progresivo a partir de los niveles fijados de inicio.
- Zonas turísticas y de comercio: Las zonas comerciales y turísticas agradecen el tener una mejor iluminación dado que se potencian estas zonas, haciendo que los visitantes y posibles clientes tengan mayor seguridad a la hora de realizar sus compras. Estas zonas deben ser potenciadas no tanto en cantidad sino en una mayor confortabilidad, mejorando los niveles de uniformidad.
- Zonas históricas y arquitectura: El valor de todo el municipio puede verse mejorado en el aspecto físico con una luz que ayude a potenciar aquellos edificios o zonas más singulares de la ciudad.
- Otras zonas: En el municipio existen otras zonas que tienen cierto potencial, tales como plazas, elementos constructivos modernos, de forma que en todas estas zonas se pueda mejorar la iluminación y potenciar los niveles.

La definición de estas zonas y el utilizar la luz como una herramienta para potenciar el municipio, implica el definir qué aspectos son fundamentales en la luz y cuales puedan ser manejados, para así saber cómo utilizarla y en base a ellos definir los niveles de iluminación. Estos aspectos fundamentales son los detallados a continuación:

- CALIDAD DE LUZ: La luz es la forma de energía que hace que los objetos que la reciben sean visibles al ojo humano. Pero la percepción de imagen y la forma al hacerse visibles cambian en función de las características de la luz. Dentro de estos destacan la reproducción cromática y la temperatura de color. En el caso de Marbella estos dos parámetros no van a ser una causa directa en la definición de las luminarias de sustitución, aunque hay que reseñar que la temperatura de color máxima a emplear será de 4.000K.
- CANTIDAD DE LUZ: Este es el criterio fundamental, dado que se van a definir los niveles de iluminación que van a existir en las calles y en el que se basarán las simulaciones. En este parámetro se consensuará el objetivo de ahorro energético, el cumplimiento de la normativa, las prestaciones de la tecnología, las preferencias sociales y el impacto visual.

En definitiva la combinación de estas características de la luz, con las prestaciones de la tecnología de cada tipo de lámpara y el ahorro energético en cada caso nos dan diferentes soluciones, con grados diferentes de coste, ahorro energético y prestaciones luminosas, siendo

el parámetro de los niveles de iluminación el que va a discriminar las diferentes soluciones. En base a las zonas definidas los niveles de iluminación fijados han sido los siguientes:

- Zonas comerciales, turísticas: Se aseguraran unos niveles de iluminación superiores en todo instante a los 25 lux e incluso existirán zonas muy representativas de la ciudad con niveles superiores los 30 lux (25 – 35 lux).
- Vías principales (arterias de la ciudad): Se aseguraran unos niveles de iluminación superiores en todo instante superiores a 22,5 lux e incluso en las vías de mayor densidad de tráfico, niveles cercanos a 30 lux (22,5 – 30 lux).
- Vías y zonas peatonales principales en el casco urbano: Se aseguraran unos niveles de iluminación superiores a los 20 lux e incluso niveles cercanos a los 30 lux (20 – 30 lux).
- Vías y zonas peatonales secundarias en el casco urbano: Se aseguraran unos niveles de iluminación superiores a los 15 lux, e incluso niveles cercanos a los 20 lux (15 – 20 lux).
- Vías principales del núcleo urbano: Se aseguraran unos niveles de mas de 15 lux y en determinados casos con niveles cercanos a los 22,5 lux (15 – 22,5 lux).
- Vías secundarias del núcleo urbano: Se aseguraran unos niveles de iluminación en todo instante superiores a los 10 lux y dentro de esta categoría de vías aquellas que conlleven un mayor tráfico niveles más próximos a los 15 lux (10 – 15 lux).
- Vías, zonas periféricas y zonas poligonales: Se aseguraran unos niveles de iluminación en todo instante superiores a los 10 lux y dentro de esta categoría de vías aquellas que conlleven un mayor tráfico niveles más próximos a los 15 lux (10 – 15 lux)
- Plazas, parques y jardines: Se asegurarán unos niveles lumínicos similares a las zonas donde se encuentren ubicados.

En el Plano 011 se muestran los niveles propuestos para el municipio de Marbella en base a todos los criterios definidos anteriormente. Todas las soluciones deberán cumplir con las condiciones fijadas y marcadas en el plan estratégico lumínico.

En el Anexo XI se muestran las simulaciones realizadas para las vías del municipio de Marbella, mientras que en la Tabla 1 del Anexo XI se muestran los niveles nuevos de luminosidad de las vías principales, secundarias, zonas comerciales, etc.... En la Figura 43 se muestra la distribución de las secciones de vías simuladas en función de la iluminancia media, pudiéndose observar que el 45,24% tendrá niveles de 10 – 15 lux, mientras que entre 15 – 20 lux se tiene un 26,22% y entre 20 – 30 lux con un 26,08%. Entre estos tres rangos de niveles se tiene el 97,55% de las vías simuladas. Hay que reseñar que se tiene un 2,09% en niveles superiores a los 30 lux. Como se observa los niveles se han fijado cumpliendo los requerimientos y prioridades fijadas por el ayuntamiento, siendo más importante tener unos niveles elevados de iluminación que un ajuste a los rangos fijados por la normativa vigente que conlleva un aumento de los ahorros.

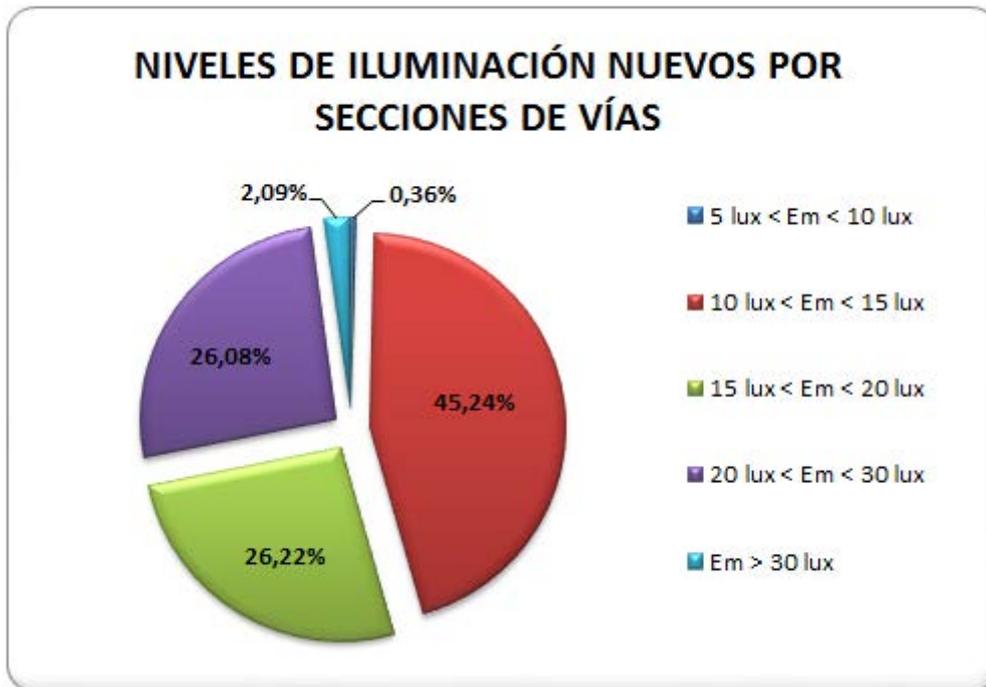


Figura 43.- Niveles de iluminación nuevos por secciones de vías

Además de conocer los niveles de iluminación en función de las secciones de vías simuladas, resulta muy interesante conocer como se distribuyen los niveles de iluminación en función de los puntos de luz, dado que de esta forma se tendrá una idea más exacta de cómo será la nueva iluminación y los niveles exactos para los puntos de luz del alumbrado público exterior del Ayuntamiento de Marbella. En la Figura 44 se muestran los niveles de iluminación por número de puntos de luz.

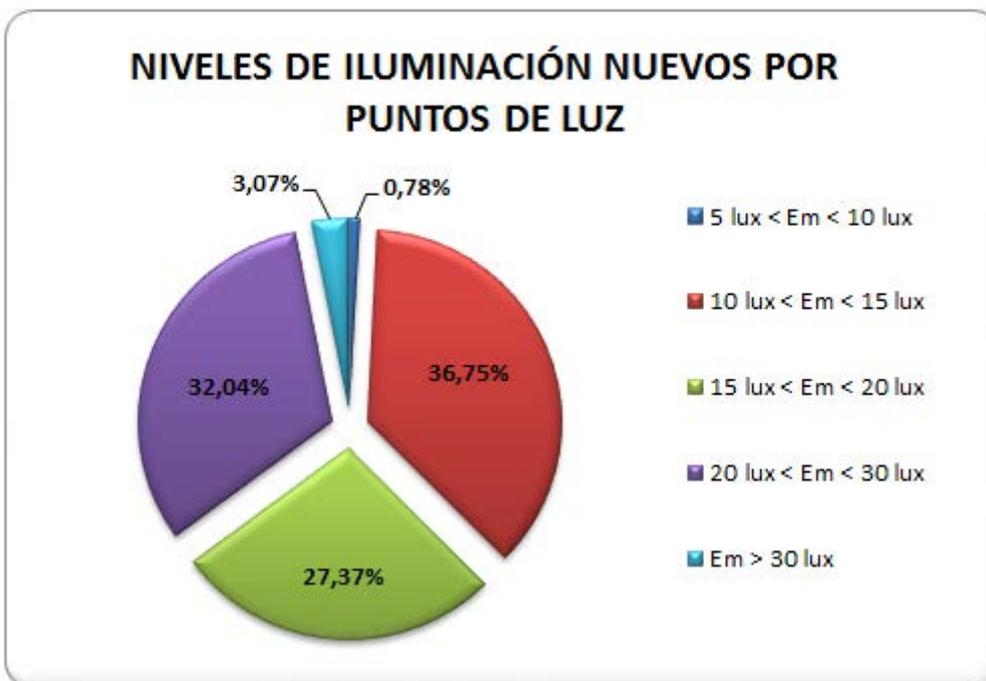


Figura 44.- Niveles de iluminación por número de puntos de luz.

En la Figura 44 se observa que prácticamente la totalidad de los puntos de luz tienen niveles de iluminación superiores a 10 lux, siendo reseñable que el 35,11% tienen niveles de iluminación superiores a 20 lux aunque representan el 28,17% de las secciones de vía.

Además de la determinación de la idoneidad de los niveles, se ha hecho un estudio de la eficiencia energética de la nueva instalación para la red de alumbrado público. El cálculo se ha realizado de la misma forma que para la situación actual. A partir de la eficiencia energética se puede calcular el índice de eficiencia energética (I<sub>ε</sub>) y por ende a partir de éste el índice de consumo energético (ICE) que es la inversa del índice de eficiencia energética. Con estos cálculos se podrá determinar una etiqueta similar a la calculada para la situación actual, caracterizando la nueva situación en la red de alumbrado público mediante la escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía), en teoría deberían aparecer letras A dado que se pretende llegar a la situación más óptima. En la Tabla 2 del Anexo XI se muestra la etiqueta que indica la eficiencia energética de las secciones de vías.

A continuación se muestra en la Figura 45 el número de instalaciones de alumbrado público en función de su calificación energética, como se puede observar las nuevas propuestas de cambio hacen que la instalación sea muy eficiente dado que se consigue que el 99,63% de los viales tienen una calificación energética tipo A.



Figura 45.- Calificación energética de las vías en la situación nueva

Al igual que para los niveles de iluminación resulta interesante conocer la distribución de puntos de luz en base a la calificación energética de la vía donde se encuentran ubicados (Figura 46), como se puede observar el 99,94% de los puntos de luz se encuentran ubicados en vías con calificación energética A.



Figura 46.- Distribución de los puntos de luz en base a la calificación energética de la vía donde se encuentran ubicados

Las simulaciones han mostrado una mejora sustancial en la eficiencia de la instalación dado que buscan la sustitución mas óptima para cada punto de luz de forma que se tenga un cambio de luminaria muy exacto para cada tipología de vía y de luminaria existente. La distribución de los puntos a lo largo de la ciudad, es decir, el soporte y la altura de forma generalizada siempre que cumplan con el diseño lumínico no se verían modificados dado que no se pretende hacer una nueva distribución, simplemente habría que reparar y adaptar aquellos puntos en los que no sería factible la colocación de una luminaria LED en las condiciones actuales.

Marbella tiene la particularidad de tener una gran cantidad de viales con faroles a una altura principalmente de 3 – 3,5 metros que no cumplen con las condiciones lumínicas fijadas en el plan lumínico por lo que en el estudio de simulación realizado, para hacer que estas luminarias cumplan con las condiciones lumínicas se prevé una sustitución tanto de la columna como del farol actual por una columna de una altura mayor (principalmente 6 metros) y un luminaria de tipo vial residencial. Al aplicar esta nueva configuración en cierta cantidad de estos viales se producirá una disminución en los puntos de luz dado que columnas con doble farol pasarán a ser columnas con una luminaria.

El número de puntos de luz tras el plan de sustitución se verá disminuido pasando de 16.623 puntos de luz a 16.516 puntos de luz en la instalación dado que serán eliminados 107 puntos de luz (todos los puntos que desaparecen son puntos que corresponden a viales con doble farol que no cumplen las condiciones lumínicas y para hacer que cumplan se sustituye la columna actual y se pone una luminaria vial residencial). En cuanto al número de lámparas se pasará de 16.681 a 16.574 al producirse la eliminación de los puntos de luz comentados anteriormente.

En la Tabla 1 del Anexo XII se muestra desglosado por cada centro de mando, el cambio y sustitución previsto para cada punto de luz inventariado. El cambio previsto se da con un nombre genérico en función de la tipología de la luminaria que se pretende sustituir de las actualmente colocadas, englobando cada nombre a las siguientes tipologías de cambio:

- Bloque LED para adaptación de luminaria artística: Este nombre se ha definido para la aplicación de retrofit en luminarias artísticas de la zona centro de Marbella (farol villa, farol fernandino, farol neovilla, farol neofernandino,...).
- Farol LED tipo Villa: Este nombre se ha definido para la sustitución de los faroles tipología farol villa actuales del Ayuntamiento de Marbella, excepto la zona de centro de la ciudad de Marbella (modelos farol villa, farol neovilla, farol fva, farol fv, farol romántica,...).
- Farol LED tipo Fernandino: Este nombre se ha definido para la sustitución de los faroles tipología farol fernandino actuales del Ayuntamiento de Marbella, excepto la zona de centro de la ciudad de Marbella (modelos farol fernandino, farol neofernandino, farol palacio, farol versalles, farol fp-ff,...).
- Luminaria LED para alumbrado vial: Este nombre se ha definido como su nombre indica para sustituir todas las luminarias de tipo vial (modelos Lat-22, Onyx 2, QS-2L, JCH, CMR, HSRP151, AP-10 OS,...).
- Luminaria LED para alumbrado vial residencial: Este nombre se ha definido para todas las sustituciones de las luminarias de tipo vial ubicadas en Marbella, principalmente en zonas residenciales con altura de luminaria de 6 metros o menos (modelos Quebec, Aramis, Vialia Evo, Duna Horizon,...).
- Luminaria LED para alumbrado vial decorativo: Este nombre se ha definido para todas las sustituciones de las luminarias de tipo decorativo (esféricas o tipo lira) ubicadas en zonas peatonales, parques o plazas (modelos Junior, D550, Globo LER, Vialia Lira, Metronomis I Berlin, Venus,...).
- Proyector LED compacto para alumbrado vial: Este nombre se ha definido para todas las sustituciones de los proyectores existentes tanto los ubicados en viales como los de plazas o zonas verdes (modelos PHR-404, MIG-250, Neos, Tempo, Etna,...).
- Lámpara LED y Tubo LED: Estos nombres engloban las sustituciones directas de lámparas tanto de los fluorescentes compactos como de los fluorescentes de tubo existentes actualmente.
- Baliza LED: Este nombre engloba principalmente la sustitución de aquellas luminarias cuya función principal es señalizar y se encuentran fijadas al suelo sin soporte y se prevé un cambio completo de la luminaria actual.

En los cambios propuestos existe un amplio abanico de potencias, dado la divergencia en los modelos actuales existentes, así como los niveles de iluminación requeridos. En la Tabla 38 se muestran las luminarias que existirán tras la sustitución planteada.

Tabla 38.- Tipología y potencia de las luminarias existentes tras la sustitución planteada

LUMINARIAS	TOTAL	
	UNIDADES	%
Baliza LED de 31W, 2000lm	10	0,06%
Bloque LED para adaptación de luminaria artística de 18,7W, 2200lm	180	1,09%
Bloque LED para adaptación de luminaria artística de 28W, 3300lm	304	1,83%
Bloque LED para adaptación de luminaria artística de 37,5W, 4350lm	336	2,03%
Bloque LED para adaptación de luminaria artística de 46,9W, 5400lm	111	0,67%
Bloque LED para adaptación de luminaria artística de 56W, 6450lm	79	0,48%
Bloque LED para adaptación de luminaria artística de 62,2W, 7150lm	90	0,54%
Farol LED tipo fernandino de 18,7W, 2200lm	293	1,77%
Farol LED tipo fernandino de 28W, 3300lm	226	1,36%
Farol LED tipo fernandino de 37,5W, 4350lm	515	3,11%
Farol LED tipo fernandino de 46,9W, 5400lm	338	2,04%
Farol LED tipo fernandino de 56W, 6450lm	236	1,42%
Farol LED tipo fernandino de 62,2W, 7150lm	486	2,93%
Farol LED tipo villa de 18,7W, 2200lm	519	3,13%
Farol LED tipo villa de 28W, 3300lm	818	4,94%
Farol LED tipo villa de 37,5W, 4350lm	673	4,06%
Farol LED tipo villa de 38W, 4350lm	15	0,09%
Farol LED tipo villa de 46,9W, 5400lm	302	1,82%
Farol LED tipo villa de 56W, 6450lm	191	1,15%
Farol LED tipo villa de 62,2W, 7150lm	276	1,67%
Lámpara LED de 20W, 1500lm	90	0,54%
Lámpara LED de 8W, 470lm	475	2,87%
Luminaria LED para alumbrado vial de 105,6W, 14510lm	18	0,11%
Luminaria LED para alumbrado vial de 106W, 14510lm	34	0,21%
Luminaria LED para alumbrado vial de 114,6W, 15580lm	38	0,23%
Luminaria LED para alumbrado vial de 11W, 1307lm	5	0,03%
Luminaria LED para alumbrado vial de 12,5W, 1725lm	22	0,13%
Luminaria LED para alumbrado vial de 122,7W, 16530lm	44	0,27%
Luminaria LED para alumbrado vial de 128W, 16600lm	12	0,07%
Luminaria LED para alumbrado vial de 130,7W, 17480lm	21	0,13%
Luminaria LED para alumbrado vial de 131W, 17480lm	14	0,08%
Luminaria LED para alumbrado vial de 134W, 14352lm	5	0,03%
Luminaria LED para alumbrado vial de 137,8W, 18320lm	65	0,39%
Luminaria LED para alumbrado vial de 14,2W, 1725lm	10	0,06%
Luminaria LED para alumbrado vial de 14,4W, 1960lm	6	0,04%
Luminaria LED para alumbrado vial de 140W, 17600lm	13	0,08%
Luminaria LED para alumbrado vial de 144W, 15272lm	15	0,09%

LUMINARIAS	TOTAL	
	UNIDADES	%
Luminaria LED para alumbrado vial de 148W, 18500lm	5	0,03%
Luminaria LED para alumbrado vial de 14W, 1960lm	34	0,21%
Luminaria LED para alumbrado vial de 157W, 19500lm	26	0,16%
Luminaria LED para alumbrado vial de 159W, 16650lm	5	0,03%
Luminaria LED para alumbrado vial de 16,3W, 2200lm	81	0,49%
Luminaria LED para alumbrado vial de 16,9W, 2020lm	23	0,14%
Luminaria LED para alumbrado vial de 16W, 2200lm	7	0,04%
Luminaria LED para alumbrado vial de 170W, 17550lm	2	0,01%
Luminaria LED para alumbrado vial de 17W, 2020lm	6	0,04%
Luminaria LED para alumbrado vial de 18,7W, 2500lm	115	0,69%
Luminaria LED para alumbrado vial de 192W, 23500lm	178	1,07%
Luminaria LED para alumbrado vial de 19W, 2500lm	21	0,13%
Luminaria LED para alumbrado vial de 23,2W, 3030lm	252	1,52%
Luminaria LED para alumbrado vial de 23W, 3030lm	24	0,14%
Luminaria LED para alumbrado vial de 27,1W, 3510lm	319	1,92%
Luminaria LED para alumbrado vial de 27W, 3510lm	9	0,05%
Luminaria LED para alumbrado vial de 31,8W, 4045lm	255	1,54%
Luminaria LED para alumbrado vial de 32W, 4045lm	59	0,36%
Luminaria LED para alumbrado vial de 35,7W, 4520lm	258	1,56%
Luminaria LED para alumbrado vial de 36W, 4520lm	82	0,49%
Luminaria LED para alumbrado vial de 38W, 5500lm	452	2,73%
Luminaria LED para alumbrado vial de 46,1W, 6537lm	804	4,85%
Luminaria LED para alumbrado vial de 46W, 5457lm	4	0,02%
Luminaria LED para alumbrado vial de 46W, 6537lm	8	0,05%
Luminaria LED para alumbrado vial de 54,7W, 7579lm	476	2,87%
Luminaria LED para alumbrado vial de 55W, 7579lm	10	0,06%
Luminaria LED para alumbrado vial de 56W, 6376lm	4	0,02%
Luminaria LED para alumbrado vial de 62,7W, 8546lm	667	4,02%
Luminaria LED para alumbrado vial de 63W, 6800lm	28	0,17%
Luminaria LED para alumbrado vial de 63W, 8546lm	28	0,17%
Luminaria LED para alumbrado vial de 66W, 9630lm	33	0,20%
Luminaria LED para alumbrado vial de 70,6W, 9514lm	485	2,93%
Luminaria LED para alumbrado vial de 71W, 9514lm	26	0,16%
Luminaria LED para alumbrado vial de 75W, 10700lm	17	0,10%
Luminaria LED para alumbrado vial de 79,2W, 10560lm	239	1,44%
Luminaria LED para alumbrado vial de 79W, 9289lm	31	0,19%
Luminaria LED para alumbrado vial de 82,6W, 11650lm	42	0,25%
Luminaria LED para alumbrado vial de 82W, 11650lm	9	0,05%

LUMINARIAS	TOTAL	
	UNIDADES	%
Luminaria LED para alumbrado vial de 86,5W, 11450lm	159	0,96%
Luminaria LED para alumbrado vial de 90,1W, 12600lm	92	0,56%
Luminaria LED para alumbrado vial de 90W, 12600lm	31	0,19%
Luminaria LED para alumbrado vial de 97,9W, 13560lm	109	0,66%
Luminaria LED para alumbrado vial de 98W, 13560lm	5	0,03%
Luminaria LED para alumbrado vial de 9W, 1099lm	6	0,04%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 101,4W, 12100lm	17	0,10%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 11,6W, 1300lm	49	0,30%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 13W, 1530lm	12	0,07%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 17W, 2060lm	5	0,03%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 20,9W, 2600lm	72	0,43%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 23,6W, 3100lm	11	0,07%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 27,5W, 3500lm	27	0,16%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 33W, 4200lm	11	0,07%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 34,5W, 4100lm	86	0,52%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 41W, 5280lm	10	0,06%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 41W, 5300lm	31	0,19%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 44W, 6110lm	54	0,33%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 45,6W, 5100lm	203	1,22%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 50,2W, 6100lm	24	0,14%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 52W, 7040lm	26	0,16%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 61W, 7015lm	24	0,14%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 74,5W, 9100lm	36	0,22%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 86W, 12260lm	31	0,19%
Luminaria LED para alumbrado vial decorativo de 95W, 11328lm	6	0,04%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 105W, 13300lm	34	0,21%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 13W, 1600lm	94	0,57%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 16W, 2100lm	2	0,01%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 18W, 2200lm	232	1,40%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 19W, 2400lm	22	0,13%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 25W, 3000lm	8	0,05%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 25W, 3100lm	14	0,08%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 26W, 2900lm	185	1,12%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 26W, 3200lm	12	0,07%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 28W, 3300lm	12	0,07%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 36W, 4400lm	7	0,04%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 39W, 3300lm	5	0,03%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 39W, 4300lm	69	0,42%

LUMINARIAS	TOTAL	
	UNIDADES	%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 39W, 4800lm	13	0,08%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 39W, 5000lm	16	0,10%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 43W, 5300lm	212	1,28%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 46W, 6200lm	14	0,08%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 50W, 6000lm	110	0,66%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 52W, 5700lm	43	0,26%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 56W, 6500lm	37	0,22%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 60W, 8200lm	25	0,15%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 61W, 7400lm	4	0,02%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 65W, 7050lm	60	0,36%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 72W, 8900lm	18	0,11%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 78W, 7100lm	5	0,03%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 78W, 8350lm	158	0,95%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 85W, 10400lm	91	0,55%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 87W, 9150lm	137	0,83%
Luminaria LED para alumbrado vial residencial de 95W, 11800lm	10	0,06%
Modelos actuales con luminaria LED (Sin cambio)	776	4,68%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 111W, 14000lm	18	0,11%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 184W, 24000lm	2	0,01%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 18W, 2090lm	8	0,05%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 18W, 2288lm	49	0,30%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 244W, 30000lm	6	0,04%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 26W, 2908lm	248	1,50%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 26W, 3043lm	2	0,01%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 27W, 3135lm	16	0,10%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 27W, 3432lm	18	0,11%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 36W, 5120lm	16	0,10%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 45W, 6000lm	92	0,56%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 62W, 7120lm	6	0,04%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 62W, 8000lm	71	0,43%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 80W, 10000lm	109	0,66%
Proyector LED compacto para alumbrado vial de 92W, 12000lm	102	0,62%
Tubo LED de 10W, 800lm	38	0,23%
Tubo LED de 19W, 1650lm	91	0,55%
Tubo LED de 24W, 2100lm	111	0,67%
<b>TOTAL</b>	<b>16.574</b>	<b>100,00%</b>

Como se puede observar en la Tabla 38 se va a realizar una sustitución del 95,32% de las luminarias, quedando un 4,68% de luminarias que actualmente son de LED y que cumplen con las condiciones lumínicas fijadas y que por lo tanto no serán modificados.

La sustitución de luminarias hace que la potencia total instalada en el alumbrado de Marbella sea de 754.396,20 kW en el total de la instalación lo que hace que se tenga de media por cada centro de mando 2,68 kW instalados, con un ratio de 45,52 W por equipo LED o lámpara. La reducción de potencia instalada es muy importante dado que se reduce un 70,99% en el total de la instalación respecto de la situación actual que se encuentra sometida a cambio.

Los datos facilitados anteriormente dan una idea global de la nueva potencia total de la instalación sometida a cambio, aunque realmente resulta interesante conocer cuál es la potencia instalada por cada suministro energético. En la Tabla 2 del Anexo XII se muestra de forma desglosada la nueva potencia instalada para cada suministro, mientras que en la Tabla 39 y en la Figura 46 se muestran los suministros agrupados en función de la potencia instalada observándose que con la nueva potencia instalada el 85,05% de los suministros se encuentran comprendidos entre los 0 kW y los 5 kW en el total de la instalación.

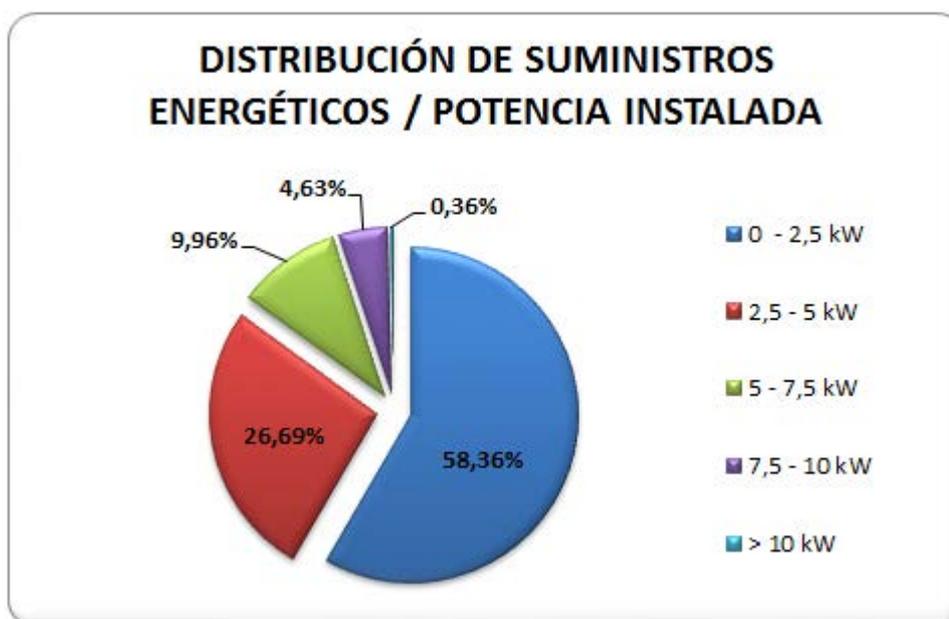


Figura 47.- Distribución de los suministros en función de la potencia instalada.

Tabla 39.- Distribución de los suministros en función de la potencia instalada

POTENCIA INSTALADA (kW)	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
0 - 2,5	164
2,5 - 5	75
5 - 7,5	28
7,5 - 10	13
> 10	1

### 5.4.3) Costes, ahorro e inversión

Tras conocer la potencia instalada en la nueva situación, es fundamental conocer los nuevos costes energéticos y de facturación para así conocer los ahorros que se van a generar y que son los que van a sostener la inversión global del proyecto, dado que la reducción de potencia contratada y de consumo energético son los que facilitarán que se pueden implementar todas medidas propuestas para la instalación de alumbrado público.

- **REOPTIMIZACIÓN DE LOS CONTRATOS DE SUMINISTRO**

La nueva potencia instalada al ser muy inferior a la potencia original hace que se puedan volver a optimizar los contratos de suministro, para ajustarlos a las nuevas condiciones del suministro, consiguiéndose de esta forma unos ahorros a coste cero. Como se puede observar en la Tabla 40 y en la Figura 48 se pueden volver a optimizar prácticamente la totalidad de los suministros.

Tabla 40.- Nº de suministros a optimizar

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
Nº SUMINISTROS A OPTIMIZAR	232
Nº SUMINISTROS SIN OPTIMIZAR	49

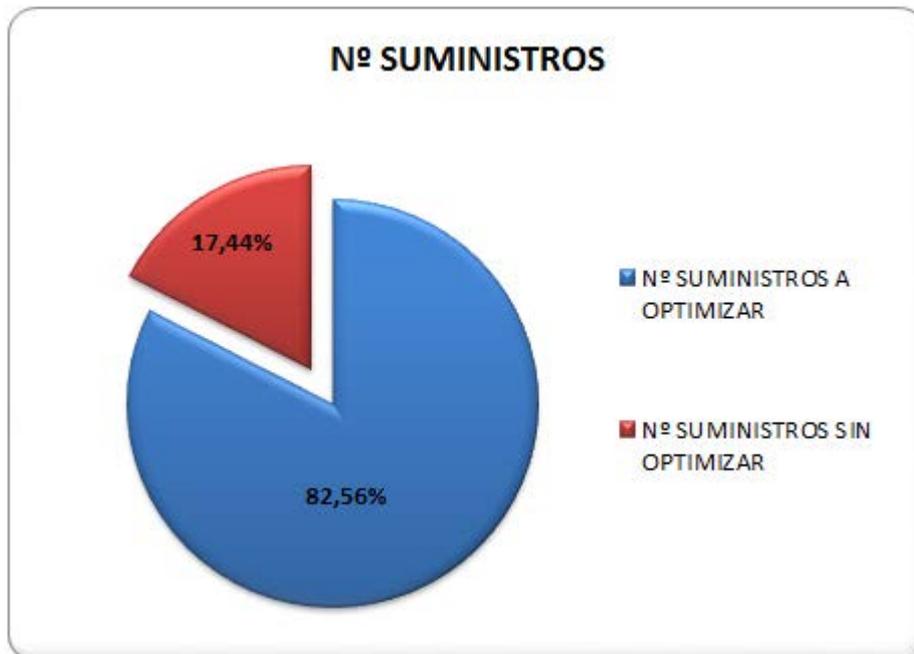


Figura 48.- Nº de suministros a optimizar

Tras realizar la optimización prácticamente la totalidad de los contratos serán tarifa 2.0DHA (85,77%), para así conseguir precios energéticos con mejores condiciones. Las tarifas

3.0A y 2.1DHA que quedan son mayoritariamente tarifas de suministros que pertenecen a edificios y de los cuales cuelga alumbrado público. En la Tabla 2 del Anexo XII se muestran las nuevas tarifas tras la optimización, así como la nueva potencia contratada. De forma resumida en la Tabla 41 se muestran los tipos de tarifa tras la optimización, mientras en la Figura 49 se pueden ver de forma porcentual.

Tabla 41.- Tipos de contratos tras la optimización

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
TARIFA 2.0DHA	241
TARIFA 2.1DHA	8
TARIFA 3.0A	32

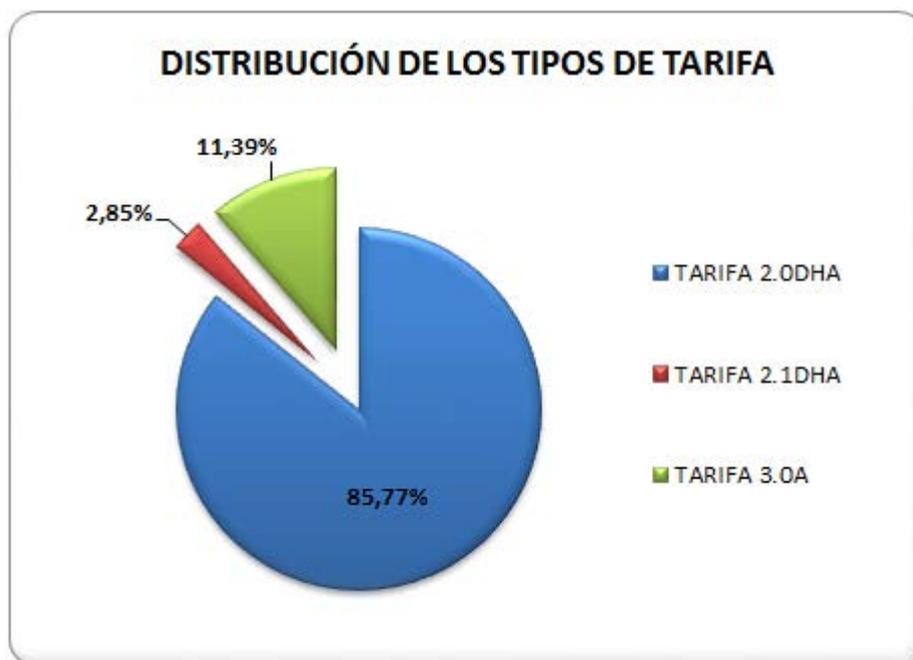


Figura 49.- Distribución de los tipos de contratos eléctrico

La inversión al igual que se ha señalado anteriormente es 0 € dado que es una negociación del contrato para reducir la potencia contratada. Se estima un ahorro potencial con el precio actual de término de potencia de 112.878,63 €/año en el total de la instalación, que se obtiene de analizar la diferencia de costes de la nueva situación y de la situación actual. En la Tabla 42 se muestran los costes asociados a la situación nueva, así como los ahorros que esta nueva situación genera (Figura 50). En la Tabla 3 del Anexo XII se muestran de forma desglosada los costes y los ahorros de tipo económico generados.

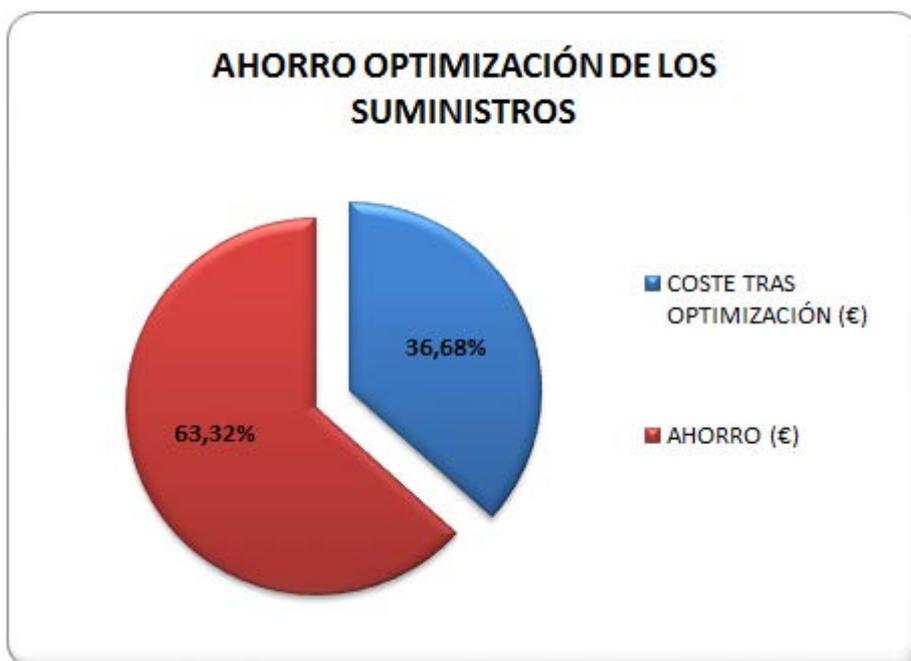


Figura 50.- Ahorros por optimización de los suministros

Tabla 42.- Costes de optimización, ahorros potenciales

		SUMINISTROS (TOTAL)
<b>COSTE TÉRMINO POTENCIA TRAS OPTIMIZAR (€/año)</b>	P1	51.379,15
	P2	8.441,82
	P3	5.577,72
	<b>TOTAL</b>	<b>65.398,69</b>
<b>AHORRO OPTIMIZACIÓN TÉRMINO POTENCIA (€/año)</b>	P1	79.667,80
	P2	20.278,97
	P3	12.931,86
	<b>TOTAL</b>	<b>112.878,63</b>

- SITUACIÓN ENERGÉTICA TRAS EL CAMBIO DE LUMINARIAS**

El cambio de luminarias conlleva un nuevo escenario de consumo energético, por lo que resulta fundamental calcular los nuevos consumos energéticos que se pueden obtener a partir del horario de funcionamiento y la nueva potencia instalada que son conocidos. El nuevo consumo de alumbrado será de 3.114.147,51 kWh/año en el total de la instalación, siendo este nuevo consumo un 70,99% inferior al consumo energético actual de la instalación sujeta a modificación. En la Tabla 43 y en la Figura 51 se muestra de forma desglosado por periodos tarifarios los nuevos consumos energéticos globales para la instalación de alumbrado sujeta a modificación, mientras que en la Tabla 44 se ven los ahorros energéticos conseguidos. Para analizar con mayor detalle los consumos y los ahorros energéticos por suministro ver la Tabla 4 del Anexo XII.

Tabla 43.- Consumo energético nuevo por periodos tarifarios

		SUMINISTROS (TOTAL)
<b>CONSUMO ENERGÉTICO (kWh)</b>	<b>P1</b>	606.392,05
	<b>P2</b>	106.266,44
	<b>P3</b>	2.401.489,03
	<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>3.114.147,51</b>

Tabla 44.- Ahorros energéticos por periodos tarifarios

		SUMINISTROS (TOTAL)
<b>AHORRO ENERGÉTICO (kWh)</b>	<b>P1</b>	1.921.289,59
	<b>P2</b>	528.293,32
	<b>P3</b>	5.170.841,52
	<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>7.620.424,43</b>
	<b>TOTAL (%)</b>	<b>70,99%</b>

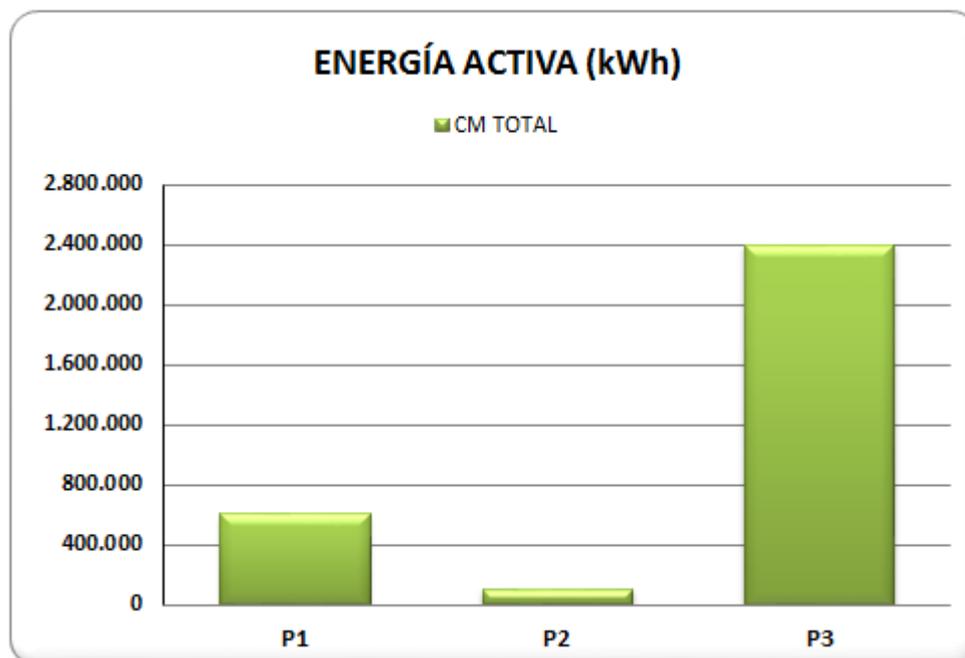


Figura 51.- Consumo nuevo de energía activa distribuida por periodos tarifarios

Al igual que para la situación actual resulta interesante conocer con la nueva situación el número de puntos de suministro con mayor consumo de energía activa discriminándolos en función del consumo anual (Tabla 4 del Anexo XII) tal y como se muestra en la Tabla 45 la mayoría de los puntos de suministro se encuentran con consumos comprendidos entre los 0 y los 20.000 kWh anuales (83,27% en el total de la instalación, Figura 52).

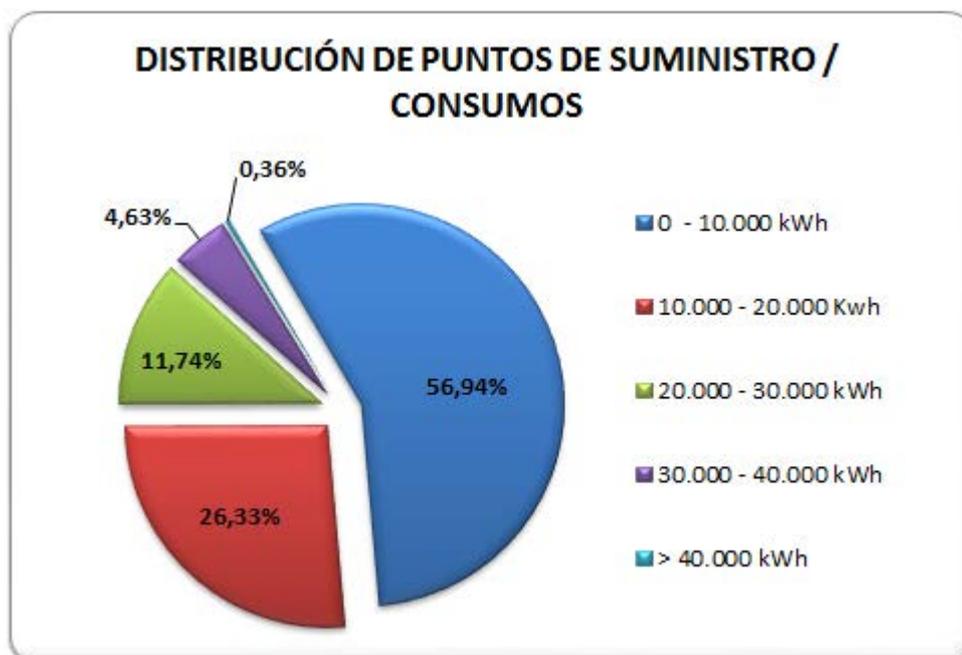


Figura 52.- Distribución de puntos de suministro en función de la nueva energía activa anual consumida

Tabla 45.- Puntos de suministro en función de la nueva energía activa anual consumida

CONSUMO ANUAL (kWh)	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
0 - 10.000	160
10.000 - 20.000	74
20.000 - 30.000	33
30.000 - 40.000	13
> 40.000	1

La instalación de las luminarias LED al tener factores de potencia en todo instante superiores a 0,95 hará que no se produzca energía reactiva en todos los suministros donde se instalen de las nuevas luminarias por lo que el coste asociado a este término es de 0 €.

Conocido el consumo energético de la nueva situación se está en disposición de calcular los costes energéticos. El coste asociado al alumbrado público es de 263.613,92 €/año en la instalación sometida a cambio, que es un 73,57% inferior al coste energético actual en la instalación. En la Tabla 5 del Anexo XII se muestran los costes y los ahorros de tipo económico asociados a la sustitución de luminarias. En la Tabla 46 se muestra el coste de energía activa desglosado por periodos tarifarios y el coste total de energía reactiva en este caso es de 0€, dado que se cambian todas las luminarias a LED, mientras que en la Tabla 47 se muestran los ahorros asociados.

Tabla 46.- Costes asociados al término de energía activa y energía reactiva por periodos tarifarios

		<b>SUMINISTROS (TOTAL)</b>
<b>COSTE ECONÓMICO TÉRMINO ENERGÍA ACTIVA (€)</b>	<b>P1</b>	88.096,74
	<b>P2</b>	11.256,59
	<b>P3</b>	164.260,59
	<b>TOTAL (€)</b>	<b>263.613,92</b>
<b>COSTE ECONÓMICO TÉRMINO ENERGÍA REACTIVA (€)</b>		<b>0</b>

Tabla 47.- Ahorros económicos asociados al término de energía activa y energía reactiva por periodos tarifarios

		<b>SUMINISTROS (TOTAL)</b>
<b>AHORRO ECONÓMICO TÉRMINO ENERGÍA ACTIVA (€)</b>	<b>P1</b>	284.237,02
	<b>P2</b>	55.961,05
	<b>P3</b>	393.472,83
	<b>TOTAL (€)</b>	<b>733.670,91</b>
	<b>TOTAL (%)</b>	<b>73,57%</b>
<b>AHORRO ECONÓMICO TÉRMINO ENERGÍA REACTIVA (€)</b>	<b>TOTAL (€)</b>	<b>3.136,82</b>
	<b>TOTAL (%)</b>	<b>100,00%</b>

La inversión a realizar para la sustitución y renovación de los puntos de luz es de 6.452.247,13 €. De forma global en la Tabla 48 y en la Figura 53 se desglosa esta inversión.

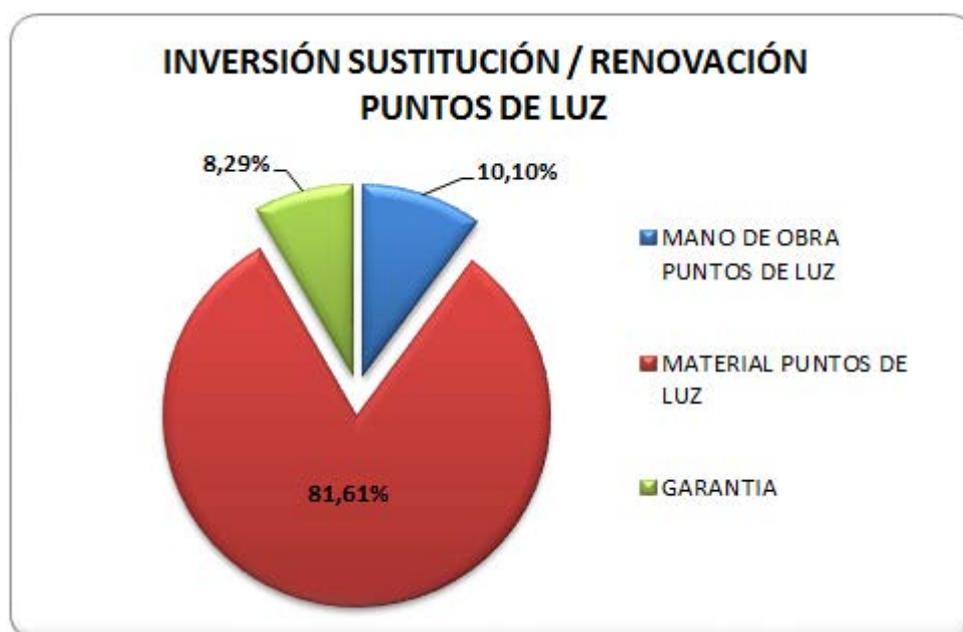


Figura 53.- Inversión para la sustitución / renovación de los centros de mando

Tabla 48.- Inversión para la sustitución / renovación de los puntos de luz

SUSTITUCIÓN / RENOVACIÓN PUNTOS DE LUZ	SUMINISTROS (TOTAL)
MANO DE OBRA (€)	651.958,13
MATERIAL (€)	5.265.450,00
GARANTÍA (€)	534.839,00
TOTAL (€)	<b>6.452.247,13</b>

Con esta inversión se tendrían las instalaciones en óptimas condiciones. En la Tabla 6 del Anexo XII se detallan los costes de sustitución y renovación de los puntos de luz para cada uno de los centros de mando.

## 5.5) INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CONTROL Y REGULACIÓN

### 5.5.1) Descripción de la mejora

Esta medida consiste en instalar un equipo de control y regulación en cada una de las salidas de los centros de mando de forma que se pueda aplicar una curva de regulación para cada una de las salidas. En cada uno de los puntos de luz se instalará un nodo de control y regulación que será el encargado de recibir la orden de regulación enviada a través de la salida del centro de mando y así de esta forma se pueda actuar sobre el punto de luz permitiendo una gestión inteligente del alumbrado público, aumentando la eficiencia de la instalación al disminuir el consumo de energía. En definitiva será un sistema de regulación por cada una de las salidas de los centros de mando.

El sistema de regulación facilitará el conseguir los objetivos fijados en esta auditoría que como se ya se ha definido son la reducción del consumo de energía eléctrica y la reducción de la contaminación y emisiones de CO<sub>2</sub>.

Además de ayudar a cumplir los objetivos fijados. El sistema de regulación se aplicará sobre cada una de las salidas de los centros de mando y permitirá todas las maniobras de encendido y apagado de los puntos de luz, dar órdenes de ahorro y reducción energética y una actuación remota sobre los puntos de luz.

El sistema de regulación por cada una de las salidas de los centros de mando tiene unas características muy atractivas, de ahí el objetivo de implantarlo en la totalidad de los centros de mando sometidos a cambio permitiendo una actuación sobre todas aquellas luminarias que permitan regulación. En el alumbrado de Marbella se instalarán nodos de control y regulación en el 92,23% de los puntos de luz de la instalación sometida a cambio, en el resto no se instalan dado que son puntos de luz donde se instalarán tubos LED, bombillas tipo LED u otros equipos LED que no permiten una regulación. En la Tabla 49 y en la Figura 54 se muestra la cantidad de nodos de control y regulación.

En la Tabla 1 del Anexo XIII se muestran de forma disgregada por cada uno de los centros de mando el número de nodos a colocar, asociado al número de nodos también aparece reflejada de forma resumen el número de puntos de luz a modificar y las potencias de cambio.

Tabla 49.- Número de nodos para el sistema de regulación

PUNTOS DE LUZ	SUMINISTROS (TOTAL)
INSTALACIÓN NODO REGULACIÓN	15.286
SIN INSTALACIÓN DE NODOS	1.288
TOTAL	16.574



Figura 54.- Número de nodos para el sistema de regulación

La instalación del sistema punto a punto permite una regulación muy exacta. Inicialmente se ha diseñado con una regulación homogénea en toda la ciudad que permite regular aproximadamente un 28,5% el consumo de la luminaria, dado que es una medida que se aplica de forma conjunta con el cambio de luminarias. La regulación sobre la situación inicial será de un 8,12% en los puntos sometidos a cambio en la instalación.

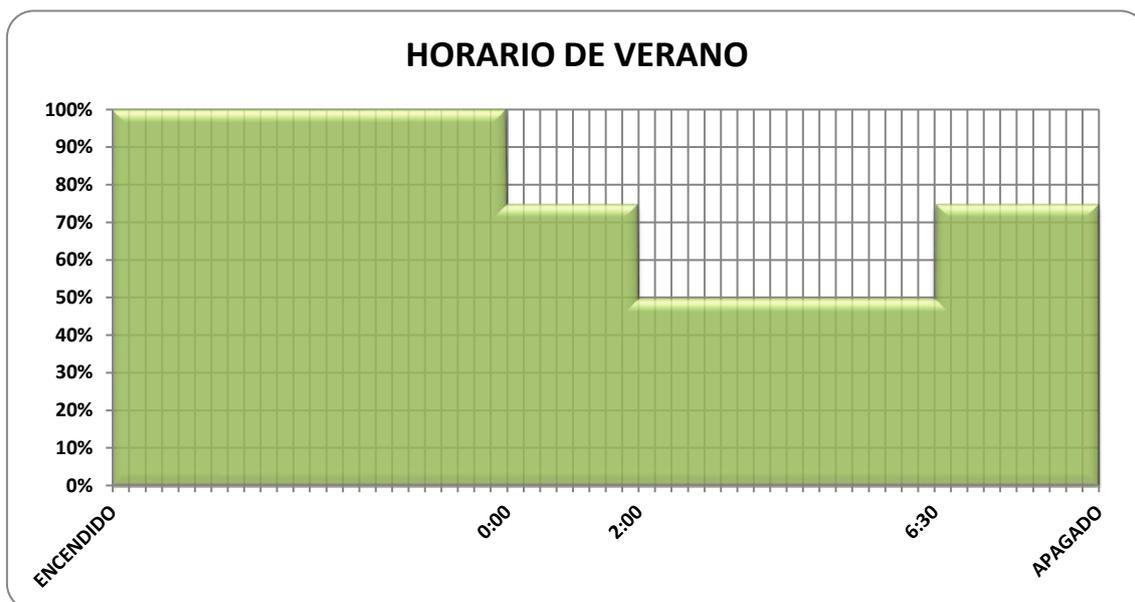
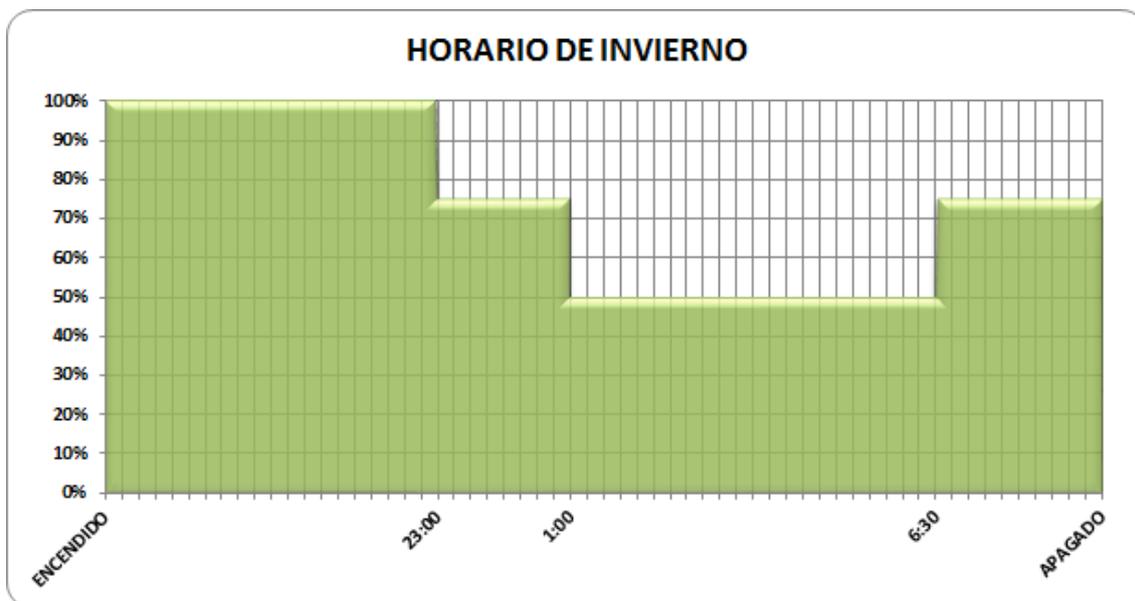


Figura 55.- Curva de regulación fijada inicialmente para el sistema de regulación (horario de invierno y horario de verano)

La curva de regulación planteada se puede observar en la Figura 55, con la configuración para el horario de verano y la configuración para el horario de invierno. Esta curva de regulación es la fijada inicialmente y se puede modificar en cualquier instante y ser adaptada a nivel salida de centro de mando en función de las necesidades de iluminación y de las necesidades o requerimientos de la propiedad.

### 5.5.2) Costes, ahorro e inversión

La aplicación de la curva de regulación diseñada permite reducir el consumo en 871.769,58 kWh/año (8,12%) y un ahorro económico de 59.898,39 €/año (6,01%) en la instalación sometida a cambio, todos estos valores respecto a la situación actual, una vez aplicada la regulación tras el cambio de luminaria. En la Tabla 50 se muestran los ahorros energéticos y los ahorros económicos que la regulación aplicada nos genera a nivel global sobre la instalación, de forma más desglosada para cada uno de los suministros se pueden ver los ahorros económicos y energéticos en la Tabla 2 del Anexo XIII.

Tabla 50.- Ahorros energéticos y económicos del sistema de regulación

		SUMINISTROS (TOTAL)
<b>AHORRO ENERGÉTICO REGULACIÓN (kWh)</b>	<b>P1</b>	0,00
	<b>P2</b>	4.820,19
	<b>P3</b>	866.949,38
	<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>871.769,58</b>
	<b>TOTAL (%)</b>	<b>8,12%</b>
		SUMINISTROS (TOTAL)
<b>AHORRO ECONÓMICO REGULACIÓN (€)</b>	<b>P1</b>	0,00
	<b>P2</b>	510,59
	<b>P3</b>	59.387,80
	<b>TOTAL (€)</b>	<b>59.898,39</b>
	<b>TOTAL (%)</b>	<b>6,01%</b>

La inversión a realizar para la implantación del sistema de regulación y control es de 1.136.474,40 €. Con esta inversión se tendrían los puntos de luz perfectamente controlados y con posibilidad de un ajuste de la iluminación de toda la instalación sujeta a cambio De forma global en la Tabla 51 y en la Figura 56 se desglosa esta inversión. En la Tabla 3 del Anexo XIII se detalla la inversión para la implantación del sistema de regulación y control punto a punto.

Tabla 51.- Inversión para la implantación del sistema de regulación

SISTEMA DE REGULACIÓN	SUMINISTROS (TOTAL)
<b>MANO DE OBRA (€)</b>	357.692,40
<b>MATERIAL (€)</b>	778.782,00
<b>TOTAL (€)</b>	<b>1.136.474,40</b>

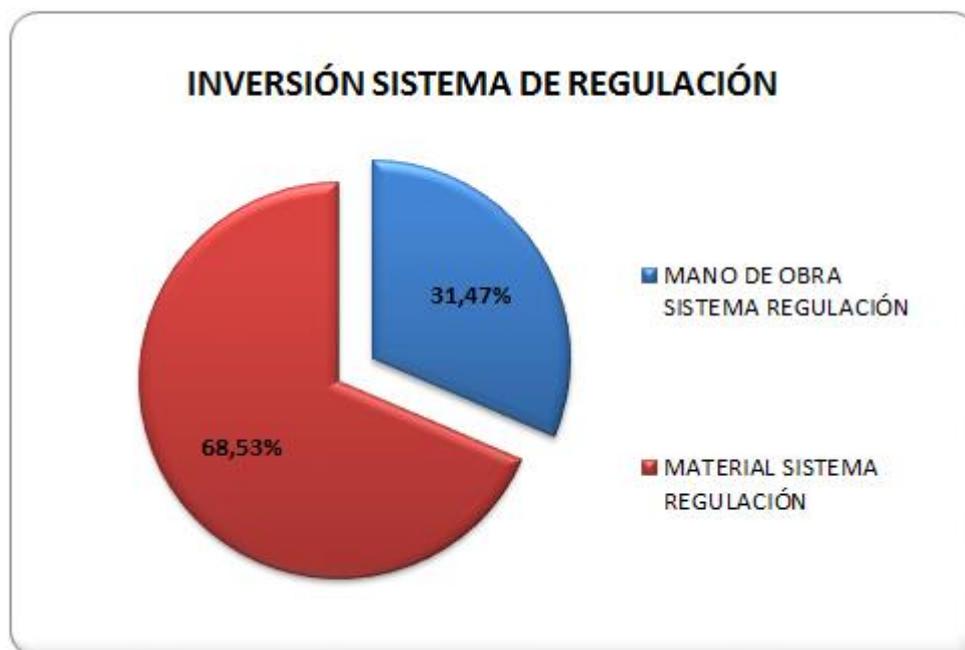


Figura 56.- Inversión para la implantación del sistema de regulación

### 5.6) APLICACIÓN CONJUNTA DE TODAS LAS MEDIDAS

El análisis individual de cada una de las medidas que se pretenden aplicar da una idea global de la remodelación tan profunda que van a sufrir las instalaciones, aunque lo interesante es ver como es el escenario tras la aplicación conjunta de todas las medidas, en la Tabla 1 del Anexo XIV se muestra de forma resumida todas las medidas que se van a aplicar en la red de alumbrado público del ayuntamiento de Marbella, dado que las medidas son complementarias e incluso se solapan unas con las otras de ahí que sea fundamental conocer cuáles serán los coste finales de facturación, los ahorros energéticos generados, los ahorros económicos generados, la inversión total y el periodo de retorno simple de la aplicación en conjunto de todas las medidas. Por otro lado también se podrá obtener la cantidad de CO<sub>2</sub> que se reduce al aplicar las medidas de mejora.

Además de los ahorros mencionados anteriormente la implementación de todas las medidas permitirá ahorros en el mantenimiento dado que se reducirán los gastos de reposición al tener luminarias completamente nuevas y además el hecho de instalar equipos de telegestión y telemedida con equipos de protección inteligentes permitirá controlar y reparar las averías futuras al instante además de prever posibles averías en cuanto se detecten anomalías en las mediciones. El ahorro por mantenimiento debe ser estimado en base a los costes actuales de mantenimiento, siendo este dato desconocido dado que actualmente el mantenimiento es realizado mediante medios propios y no existir una cuantía específica para tal tarea por lo que este ahorro no se puede cuantificar.

De forma resumida para la aplicación del conjunto de las medidas se muestra la Tabla 52, Tabla 53, Tabla 54, Tabla 55 y Tabla 56, y Figura 57, Figura 58, Figura 59, Figura 60 y Figura 61, donde se muestra de forma respectiva el consumo energético de la situación nueva y el ahorro

energético global, los costes de facturación de la situación nueva, los ahorros económicos, la inversión total y el periodo de retorno simple y las nuevas emisiones de CO<sub>2</sub> y los ahorros que se han producido en emisiones.

Tabla 52.- Consumo energético de la situación nueva y ahorro energético global

CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL (kWh)			SUMINISTROS (TOTAL)
			<b>2.242.377,94</b>
<b>AHORROS ENERGÉTICOS</b>	AHORRO CAMBIO POTENCIA	(kWh)	7.620.424,43
		(%)	70,99%
	AHORRO POR REGULACIÓN	(kWh)	871.769,58
		(%)	8,12%
	<b>AHORRO ENERGÉTICO TOTAL</b>	(kWh)	<b>8.492.194,01</b>
		(%)	<b>79,11%</b>

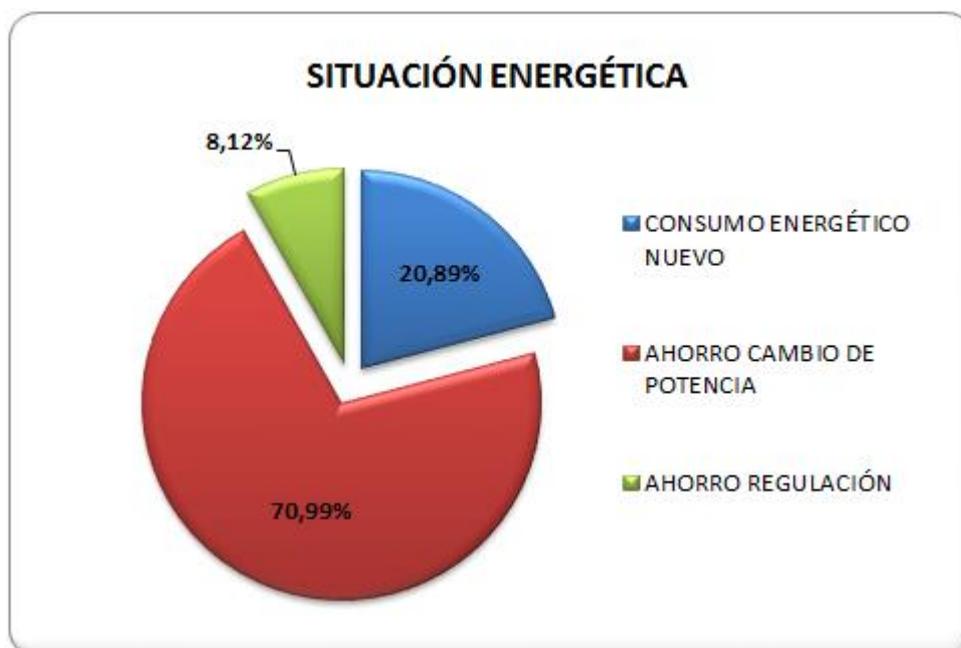


Figura 57.- Distribución de los ahorros energéticos

Tabla 53.- Costes de facturación nuevos

COSTES DE FACTURACIÓN (€)	SUMINISTROS (TOTAL)
TÉRMINO DE POTENCIA	65.398,69
ENERGÍA ACTIVA	203.715,53
ENERGÍA REACTIVA	0,00
ALQUILER EQUIPOS DE MEDIDA	9.775,19
IMPUESTO ELÉCTRICO	13.758,99
IVA	61.456,16
<b>TOTAL FACTURACIÓN</b>	<b>354.104,57</b>

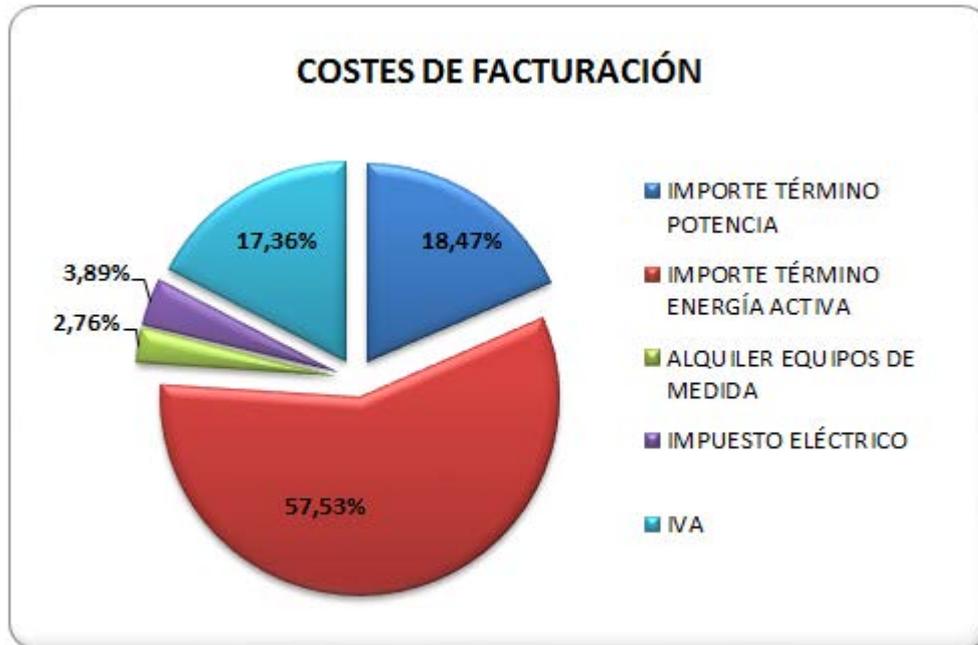


Figura 58.- Distribución de los costes de facturación

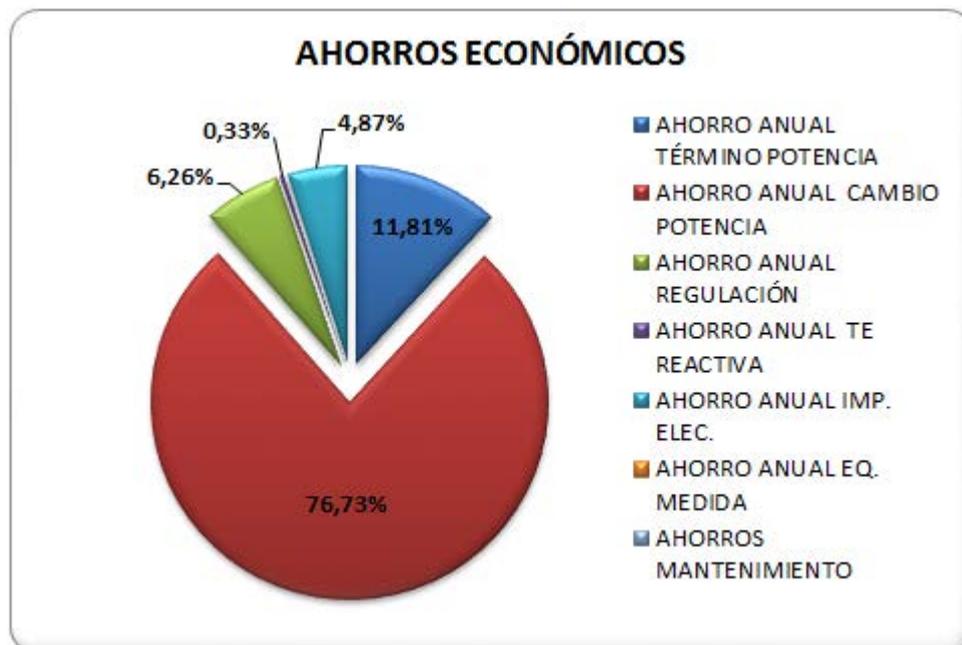


Figura 59.- Distribución de los ahorros económicos

Tabla 54.- Ahorros económicos

<b>AHORROS FACTURACIÓN (€)</b>	<b>TÉRMINO POTENCIA</b>		<b>SUMINISTROS (TOTAL)</b>
	<b>TÉRMINO ENERGÍA</b>	<b>CAMBIO POTENCIA</b>	112.878,63
		<b>REGULACIÓN</b>	733.670,91
		<b>REACTIVA</b>	59.898,39
	<b>EQUIPOS DE MEDIDA</b>		3.136,82
	<b>IMPUESTO ELÉCTRICO</b>		0,00
	<b>TOTAL FACTURACIÓN (SIN IVA)</b>		46.601,26
			<b>SUMINISTROS (TOTAL)</b>
<b>AHORRO MANTENIMIENTO (€)</b>			<b>0</b>
<b>AHORRO ECONÓMICO TOTAL</b>	<b>(€)</b>		<b>956.186,01</b>
	<b>(%)</b>		<b>76,45%</b>

Tabla 55.- Inversión total y periodo de retorno simple

<b>INVERSIÓN (€)</b>	<b>REMODELACIÓN / RENOVACIÓN CENTROS DE MANDO</b>	<b>SUMINISTROS (TOTAL)</b>
	<b>SISTEMA DE TELEGESTIÓN</b>	1.115.995,00
	<b>LUMINARIAS</b>	218.773,80
	<b>SISTEMA DE REGULACIÓN</b>	6.452.247,13
	<b>VERIFICACIÓN INSTALACIÓN</b>	1.136.474,40
	<b>TOTAL</b>	<b>8.955.500,33</b>
<b>PERIODO DE RETORNO SIMPLE (años)</b>		<b>9,37</b>

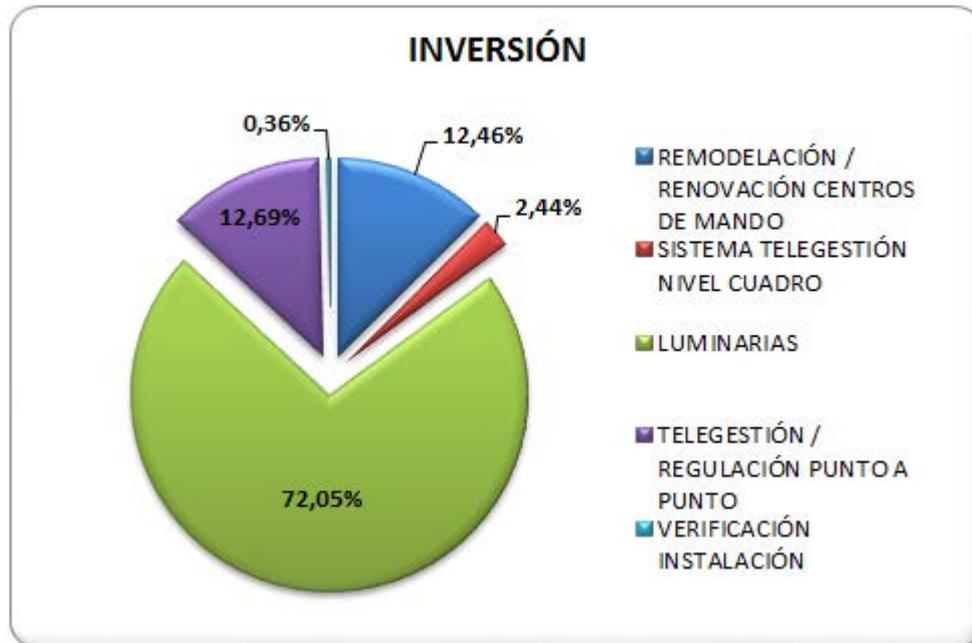


Figura 60.- Distribución de la inversión total

Tabla 56.- Emisiones de CO<sub>2</sub> en la situación nueva y reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>

EMISIONES CO2 (Ton CO2)		SUMINISTROS (TOTAL)
		<b>739,98</b>
<b>AHORRO CO2</b>	(Ton CO2)	<b>2.802,42</b>
	(%)	<b>79,11%</b>

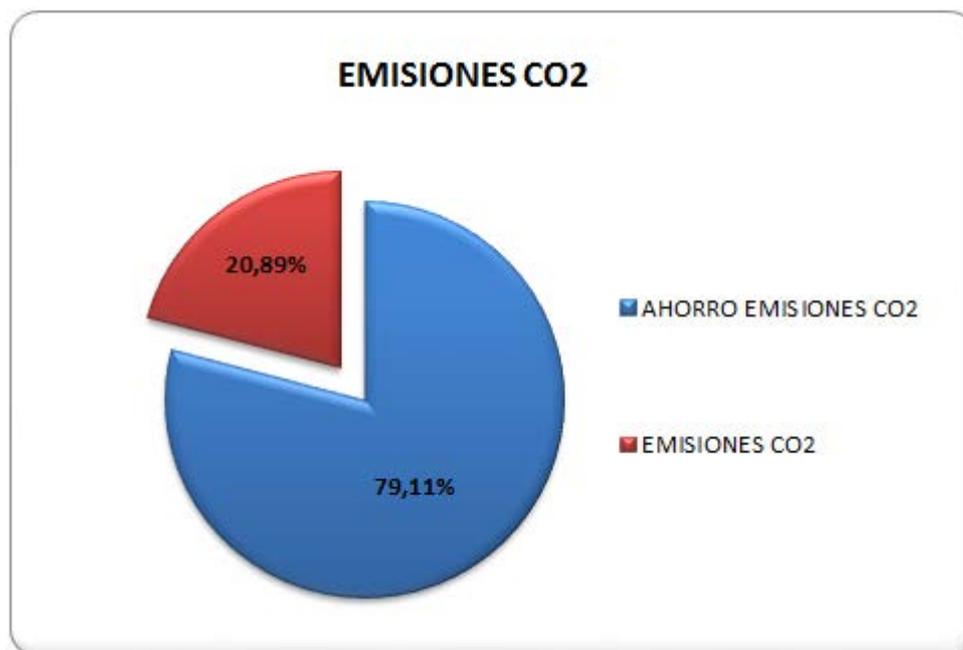


Figura 61.- Ahorros de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Como se puede observar en las tablas los ahorros que se producen a nivel energético y de emisiones es de un 79,11% y a nivel económico es de un 76,45% en la instalación sometida a cambio. En las Tablas 2, 3, 4 y 5 del Anexo XIV se pueden ver de forma detallada los consumos, las emisiones, los costes y los ahorros que se consiguen para cada centro de mando.

### **5.7) EVALUACIÓN DE RATIOS POR CENTRO DE MANDO PARA LA SITUACIÓN NUEVA PLANTEADA**

Tras tener toda la información de la situación nueva y con todos los cálculos realizados, resulta interesante obtener unos ratios que resuman las condiciones de uso de la situación futura de los centros de mando sometidos a cambio, dado que aportan información de cómo estarán en un futuro las condiciones de contratación, de consumo y de costes. Además también aportarán información de la relación entre el consumo eléctrico y la superficie urbana y la población, y que alcanza relevancia desde el punto de vista de poner de manifiesto la relación entre la eficiencia en el consumo de energía y el modelo de municipio.

En la Tabla 1 del Anexo XV se muestran todos los ratios para cada uno de los puntos de suministro para la nueva situación, calculados en base a los mismos criterios que para la situación actual, a continuación se muestra el análisis para cada uno de los ratios.

- Relación entre la potencia contratada y la potencia instalada en las lámparas (PC / PIL). Los valores deberían de oscilar entre 1,2 y 1,5 como valor máximo, aunque el alumbrado de Marbella tiene la particularidad de que una vez se ejecuten las mejoras propuestas los suministros serán prácticamente en su totalidad 2.0DHA y por lo tanto las potencias a contratar serán las normalizadas y en bastantes casos el ratio será superior a 1,5. A pesar de esta situación las potencias previstas a contratar son adecuadas dado que por otro lado todos los contratos tendrán en casi todos los casos ratio superior a 1 lo que indica que no se producirán penalizaciones por exceso de potencia instalada, aquellos donde actualmente no se producen penalizaciones se decide mantener la potencia contratada actual, tal y como se puede observar en la Tabla 57 y en la Figura 62.

Tabla 57.- Suministros clasificados según el ratio PC /PIL

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
PC/PIL < 1	7
1 < PC/PIL < 1,2	29
1,2 < PC/PIL < 1,5	121
PC/PIL > 1,5	124

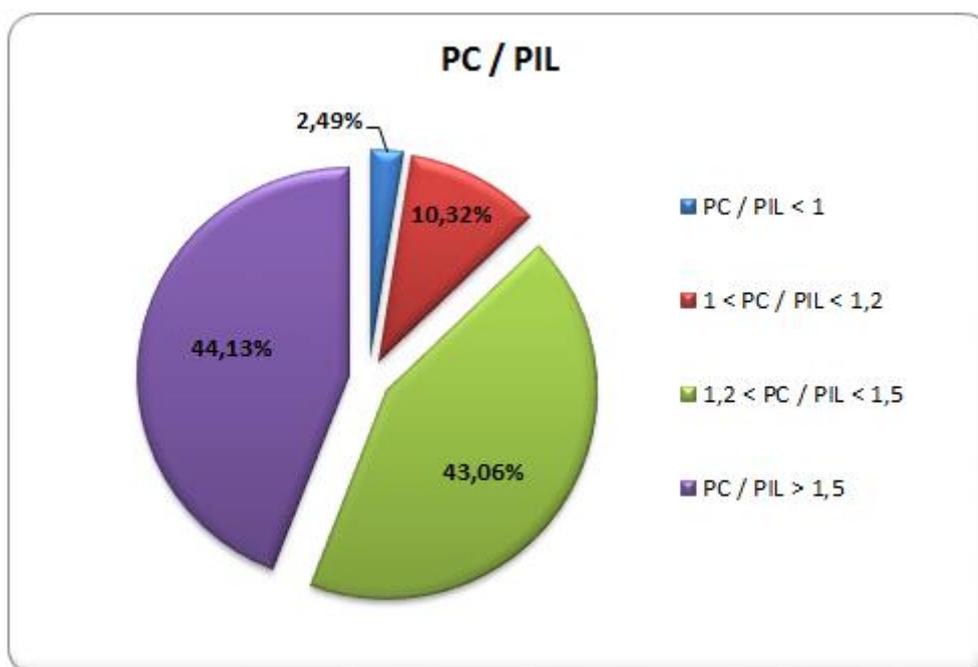


Figura 62.- Clasificación de los suministros según el ratio PC / PIL

- Relación entre el consumo global y la potencia de la lámpara más las pérdidas adicionales en los equipos auxiliares (Consumo / PTI). En este caso no hay pérdidas de

equipos auxiliares dado que las luminarias LED llevan asociado un equipo electrónico, cuyo consumo es residual. Dado que el nuevo consumo global se ha realizado a partir de una estimación donde el número de horas se ha fijado en base al funcionamiento y comportamiento actual, este parámetro dará para todos los suministros 4.128 horas de funcionamiento, pero el hecho de que exista regulación (regulación de aproximadamente un 28,5%) hará que se tenga en aquellos centros de mando donde todas las luminarias permitan regulación 2.953,19 horas de funcionamiento a pleno rendimiento. En los centros de mando donde exista alguna lámpara que no permita regulación se tendrá un número de horas de funcionamiento mayor.

- Relación entre la potencia instalada por lámpara y el número de lámparas (PIL / Número de lámparas). Este parámetro indica la potencia media de las lámparas existentes en cada uno de los suministros. En la Tabla 58 y en la Figura 63 se muestra la distribución de los centros de mando en función de este ratio que tal y como se puede observar el 95,37% de los centros de mando tienen una potencia media inferior a 100 W y de ellos un 64,41% cerca o por debajo de la potencia media instalada en la instalación sometida a cambio que es de 45,52 W.

Tabla 58.- Distribución de los suministros según el ratio (PIL / Nº lámparas)

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
PIL/Nº LÁMPARAS <= 50W	181
50W < PIL/Nº LÁMPARAS <= 100W	87
100W < PIL/Nº LÁMPARAS <= 150W	7
PIL/Nº LÁMPARAS > 150W	6

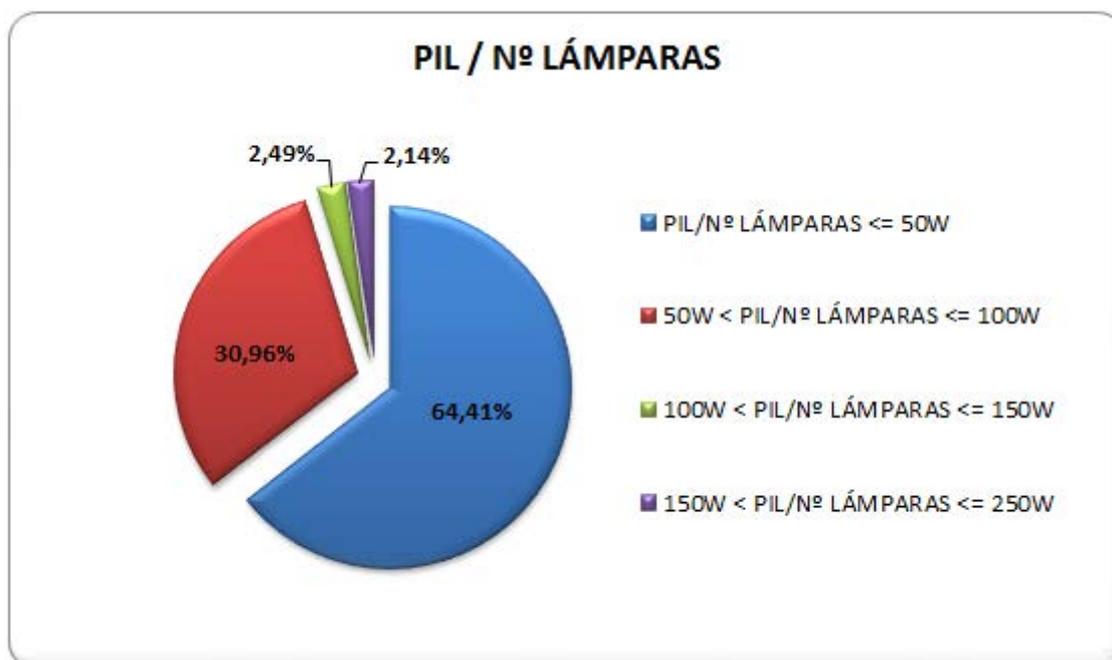


Figura 63.- Distribución de los suministros según el ratio (PIL / Nº lámparas)

- Relación entre el coste anual de facturación y consumo energético (Coste / Consumo). Este ratio nos proporciona el precio medio de facturación del kWh en el periodo considerado. Se puede considerar un valor correcto entre 0,13 €/kWh y 0,16 €/kWh. En el caso de la situación nueva este parámetro medio es de 0,15791 €/kWh. En la Tabla 59 y en la Figura 64 se muestra la distribución de los suministros en función de este ratio, se puede observar que un 83,63% de los suministros se considera que tienen un precio correcto, mientras que el 16,37% restante requiere de revisión y por lo tanto se debe de prestar mucha atención.

Tabla 59.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / consumo)

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
<b>COSTE / CONSUMO &lt;=0,13€/kWh</b>	25
<b>0,13€/kWh&lt;= COSTE / CONSUMO &lt;=0,16€/kWh</b>	210
<b>0,16€/kWh&lt; COSTE / CONSUMO &lt;=0,19€/kWh</b>	28
<b>COSTE / CONSUMO &lt;0,19€/kWh</b>	18

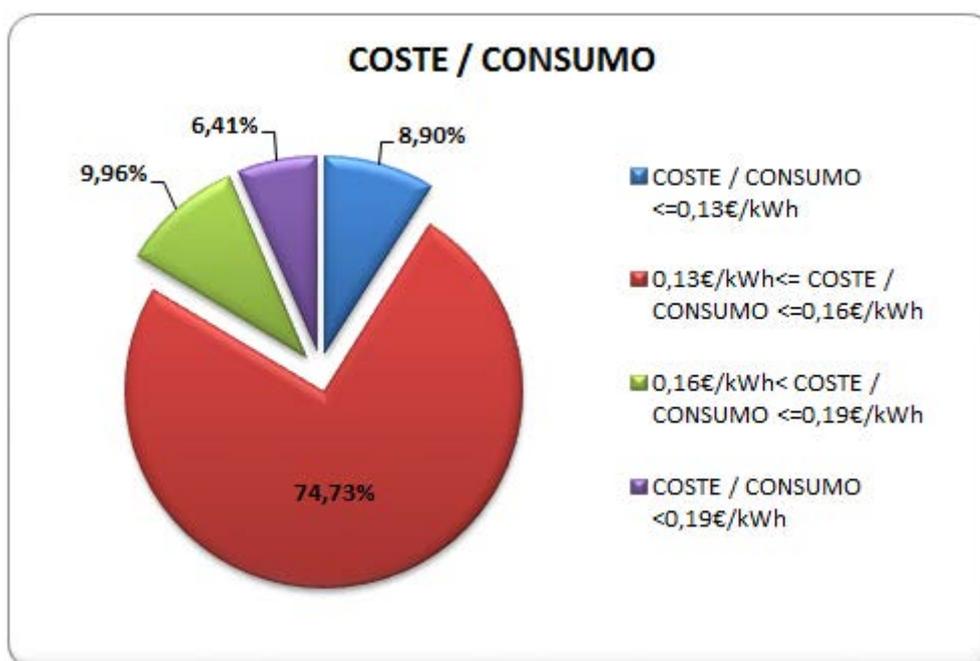


Figura 64.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / consumo)

- Relación del coste anual de facturación por cada kW instalado (Coste / PIL). Este parámetro facilita información sobre el estado del suministro. En la Tabla 60 y en la Figura 65 se muestra la distribución de los suministros en función de este ratio, donde se observa que el 93,95% de los suministros tienen un precio inferior a los 600 €/kW, siendo este un precio muy interesante para la instalación.

Tabla 60.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / PIL)

	Nº DE SUMINISTROS (TOTAL)
<b>COSTE / PIL &lt;= 450€/Kw</b>	215
<b>450€/kW &lt;= COSTE / PIL &lt;= 600€/kW</b>	49
<b>600€/kW &lt; COSTE / PIL &lt;= 750€/kW</b>	4
<b>600€/kW &lt;= COSTE / PIL &lt;= 750€/kW</b>	4
<b>COSTE / PIL &gt; 900€/kW</b>	9

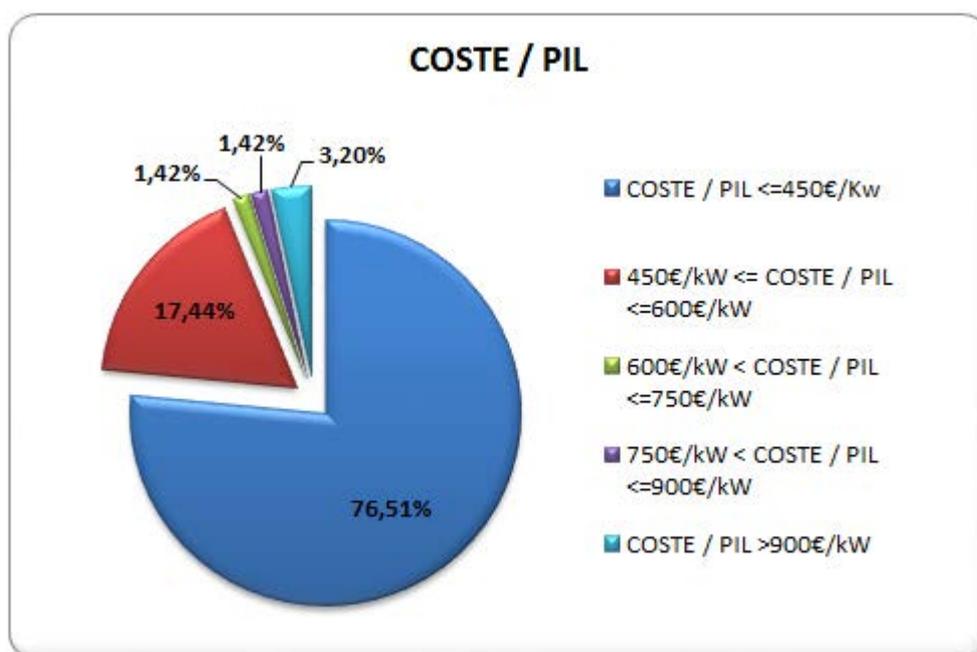


Figura 65.- Distribución de los suministros según el ratio (coste / PIL)

Además de los ratios relativos a cada uno de los cuadros se pueden obtener a partir de los ratios anteriores unos globales para toda la instalación sujeta a modificación y también unos donde se relacione el consumo y los costes con el número de habitantes o la superficie del municipio. Todos estos ratios globales se pueden observar en la Tabla 61, donde los ratios en la situación nueva mejoran considerablemente la situación actual, haciendo que la instalación sea mucho más eficiente energéticamente y económicamente y garantizando una mayor calidad en las instalaciones y también mayor confortabilidad para los ciudadanos.

Tabla 61.- Ratios del alumbrado público.

RATIOS DEL ALUMBRADO EXTERIOR	SITUACIÓN NUEVA
<b>PC / PIL</b>	<b>1,84</b>
<b>Consumo / PTI (h/año)</b>	<b>2.972,41</b>
<b>PIL / Nº Lámpara (W/lámpara)</b>	<b>45,52</b>
<b>Coste / Consumo (€/kWh)</b>	<b>0,15791</b>
<b>Coste / PIL (€/PIL)</b>	<b>469,39</b>

### 5.8) COMPARATIVA DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y LA SITUACIÓN NUEVA PLANTEADA

La comparación debe realizarse desde el punto de vista energético, económico, medioambiental, en función de los ratios propios de las instalaciones de alumbrado exterior tal y como se puede observar en la Tabla 62 . En la Tabla 63 se muestran de forma resumida los ahorros generados por la nueva situación para los centros de mando sometidos a modificación.

Tabla 62.- Comparativa de la situación actual y la situación nueva planteada para los suministros sujetos a modificación desde todos los puntos de vista (energético, económico, ambiental, ratios propios de alumbrado,...).

		SITUACIÓN ACTUAL	SITUACIÓN NUEVA
<b>Consumo energético (kWh)</b>	<b>P1</b>	2.527.681,64	606.392,05
	<b>P2</b>	634.559,76	101.446,24
	<b>P3</b>	7.572.330,55	1.534.539,65
	<b>Total</b>	<b>10.734.571,95</b>	<b>2.242.377,94</b>
<b>Coste facturación (€)</b>	<b>Término de potencia</b>	178.277,32	65.398,69
	<b>Energía activa</b>	997.284,83	203.715,53
	<b>Energía reactiva</b>	5.033,14	0,00
	<b>Alquiler de equipos de medida</b>	9.775,19	9.775,19
	<b>Impuesto eléctrico</b>	60.360,25	13.758,99
	<b>IVA</b>	262.653,45	61.456,16
	<b>Total (sin IVA)</b>	<b>1.250.730,73</b>	<b>292.648,40</b>
<b>Emissiones (tonCO2)</b>		<b>3.542,41</b>	<b>739,98</b>
<b>PC / PIL</b>		<b>1,23</b>	<b>1,84</b>
<b>Consumo total anual / PTI (h/año)</b>		<b>3.904,75</b>	<b>2.972,41</b>
<b>PIL / Nº Lámpara (W/lámpara)</b>		<b>141,15</b>	<b>45,52</b>
<b>Coste / Consumo (€/kWh)</b>		<b>0,14098</b>	<b>0,15791</b>
<b>Coste / PIL (€/PIL)</b>		<b>642,74</b>	<b>469,39</b>

Tabla 63.- Resumen de ahorros, inversión y rentabilidad.

<b>Ahorro energético (kWh)</b>	<b>8.492.194,01</b>
<b>Ahorro facturación sin IVA (€)</b>	<b>956.186,01</b>
<b>Ahorro mantenimiento (€)</b>	<b>0,00</b>

<b>Ahorros económicos totales (€)</b>	<b>1.157.383,30</b>
<b>Ahorro Emisiones (tonCO2)</b>	<b>2.802,43</b>
<b>Inversión (€)</b>	<b>8.955.500,33</b>
<b>PRS (años)</b>	<b>9,37</b>

Para obtener los resultados en el total de la instalación habría que sumar los consumos y costes asociados a otros elementos, así como los suministros asociados a carreteras tanto para la situación actual como para la situación futura, de esta forma se obtiene la Tabla 64 donde se compara la situación actual y la situación nueva en el total de la instalación.

Tabla 64.- Comparativa de la situación actual y la situación nueva planteada en el total de la instalación desde todos los puntos de vista (energético, económico, ambiental, ratios propios de alumbrado,...).

		<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>	<b>SITUACIÓN NUEVA</b>
<b>Consumo energético (kWh)</b>	<b>Alumbrado</b>	12.949.065,69	4.456.871,68
	<b>Otros elementos</b>	948.341,34	948.341,34
	<b>Total</b>	<b>13.897.407,03</b>	<b>5.405.213,02</b>
<b>Coste facturación (€)</b>	<b>Total Alumbrado (sin IVA)</b>	1.498.007,57	539.925,25
	<b>Alumbrado (IVA)</b>	314.581,59	113.384,30
	<b>Total Alumbrado</b>	1.812.589,17	653.309,55
	<b>Total Otros elementos (sin IVA)</b>	123.475,90	123.475,90
	<b>Otros elementos (IVA)</b>	25.929,94	25.929,94
	<b>Total Otros elementos</b>	149.405,84	149.405,84
	<b>Total</b>	<b>1.961.995,01</b>	<b>802.715,39</b>
<b>Emisiones (tonCO2)</b>		<b>4.586,14</b>	<b>1.783,72</b>
<b>PC / PIL</b>		<b>1,16</b>	<b>1,73</b>
<b>Consumo total anual / PTI (h/año)</b>		<b>3.901,78</b>	<b>3.366,09</b>
<b>PIL / Nº Lámpara (W/lámpara)</b>		<b>149,21</b>	<b>65,64</b>
<b>Coste / Consumo (€/kWh)</b>		<b>0,13998</b>	<b>0,14851</b>
<b>Coste / PIL (€/PIL)</b>		<b>637,21</b>	<b>645,08</b>
<b>Potencia instalada por habitante (W/hab)</b>		<b>20,39</b>	<b>8,92</b>
<b>Consumo energía eléctrica por habitante (kWh/hab año)</b>		<b>92,80</b>	<b>38,74</b>
<b>Puntos de luz por 1.000 habitantes (PL/1000hab)</b>		<b>136,21</b>	<b>135,86</b>
<b>Potencia instalada por superficie población (W/m<sup>2</sup>)</b>		<b>0,024</b>	<b>0,011</b>

En términos globales de la instalación (Tabla 64), teniendo en cuenta el consumo total existente en los suministros (alumbrado + otros elementos), los ahorros que se producen a nivel energético y de emisiones es de un 61,10% y a nivel económico es de un 59,09%. Teniendo solamente en cuenta el consumo de alumbrado se tiene un ahorro energético y de emisiones de un 65,58% y a nivel económico es de un 63,96%.

En conclusión la aplicación de las medidas y mejoras permitirá una optimización de las instalaciones mejorando en todos los aspectos y dotándolas de las mejores prestaciones y funcionalidades posibles.