

Capítulo 3

Estado actual y problemática de la calidad del servicio

- 3.1** Evaluación de la gestión, explotación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado.
- 3.2** Encuestas a gestores del alumbrado, recopilación procesamiento de datos
- 3.3** Evaluación del estado de funcionamiento de las instalaciones
- 3.4** Aspectos energéticos de las instalaciones relacionados con la gestión, explotación y mantenimiento
- 3.5** Conclusiones.
- 3.6** Bibliografía del capítulo

3.1 Evaluación de la gestión, explotación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado

Una instalación de alumbrado urbano se justifica por el servicio que proporciona al ciudadano. El servicio está condicionado, por una parte, por características de la instalación de alumbrado, tipo de equipamiento y diseño, y por otra, por el uso que se haga de ella. Mientras los condicionantes de la instalación se determinan en el proyecto, los condicionantes de uso se determinan en la gestión de la explotación, es decir control, mantenimiento, políticas de actuación etc.

En la práctica se aprecia que las condiciones de servicio son muy variables, en función de las diversas políticas de gestión adoptadas, lo que conduce muy a menudo a reducciones de las condiciones de servicio, a mayores costos, o bien a una rentabilidad de los recursos invertidos inferior a la correspondiente, cuando no se dan todas las condiciones al mismo tiempo. El origen de estas situaciones puede ser debido a:

- despreocupación por las condiciones reales de servicio de las instalaciones
- limitaciones de inversión de recursos económicos necesarios, ya sea en la fase de proyecto o de explotación
- dificultad en la definición de criterios y políticas oportunas

Las dos últimas están íntimamente relacionadas con la carencia de una cuantificación del nivel de servicio, ya que hace recaer todo el peso de la decisión en factores de coste y elude las motivaciones positivas basadas en la mejora del servicio.

Con el fin de poder evaluar el estado de la gestión y explotación y su relación con las condiciones de servicio se realizaron una serie de estudios y experiencias las cuales han servido de base para poner de manifiesto la problemática, importancia y consecuencias de la gestión y explotación de las instalaciones de alumbrado urbano. Los estudios y experiencias realizadas fueron:

- a) encuesta dirigida a los responsables de la gestión del alumbrado para determinar características de las instalaciones (tipo lámparas, luminarias, antigüedad, número), políticas de mantenimiento, presupuestos, tipos de tarifas contratadas etc.,
- b) evaluación del estado de funcionamiento de las instalaciones,
- c) recopilación y análisis de datos tendientes a evaluar el efecto de la falta de gestión sobre los costos energéticos.

los cuales se describen en el presente capítulo.

3.2 Encuestas a gestores del alumbrado

Una encuesta dirigida a los responsables de la gestión del alumbrado urbano de distintos ayuntamientos fue realizada en el ámbito de la región de Cataluña, a fin de recopilar información sobre:

- Características de las instalaciones
 - número de puntos de luz
 - numero de cuadros
 - tipo lámparas
 - potencia instalada
 - antigüedad
 - estado
- gestión y explotación
 - presupuesto total municipal
 - presupuesto en alumbrado público
 - energía
 - mantenimiento
 - instalaciones nuevas o renovaciones
 - consumo anual KWh
 - costo consumo anual
 - tarifa contratada
 - organización
 - infraestructura
 - políticas de mantenimiento
 - tasa de averías
 - duración media de averías

El texto completo de la encuesta se detalla en anexo II. Los resultados obtenidos sobre las respuestas de 31 ayuntamientos se resumen a continuación.

a) Densidad de puntos de luz

La distribución de puntos de luz en relación al número de habitantes es analizada y comparada con valores que usualmente se encuentran en poblaciones. Valores indicativos se muestran en la tabla 3.2-1 según **San Martín (1985)**[1]. A primera instancia y sin considerar las características específicas de la exigencia visual de las vías de tránsito se podría interpretar que si los valores observados en una población estuvieran por arriba de los indicados en la tabla se podría suponer un déficit de puntos de luz, caso contrario se sugeriría que existe una elevada densidad de puntos de luz.

Tabla 3.2-1: Densidad de puntos de luz en relación al número de habitantes, superficie vial y longitud vial [1]

Poblaciones	Número de habitantes	Superficie vial [m ²]	Longitud vial [m]
	Nº de puntos de luz	Nº de puntos de luz	Nº de puntos de luz
Pequeñas, rurales	5 - 10		
Medianas	10 - 20	90 - 200	12 - 20
Grandes, elevada densidad	20 - 25	75	

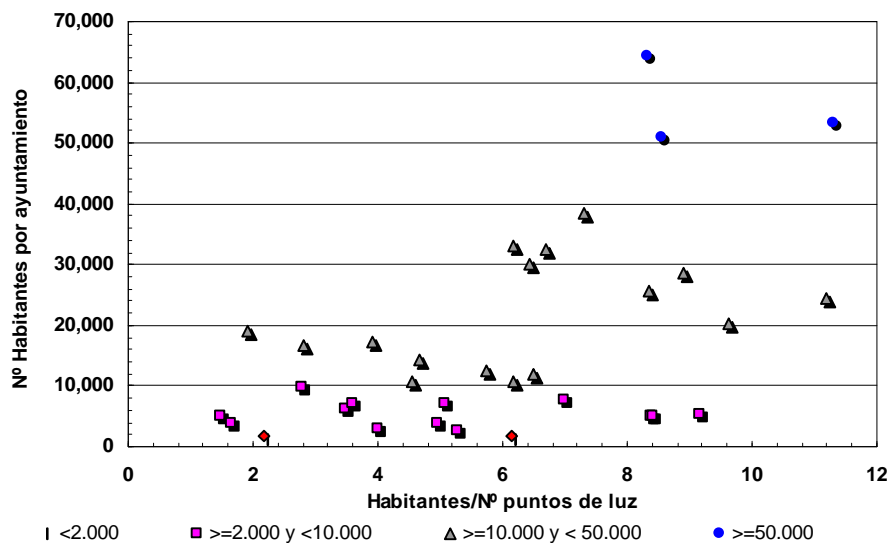


Figura 3.2-1: Densidad de puntos de luz, indicada como relación con el número de habitantes del ayuntamiento. Datos recogidos de encuestas.

En figura 3.2-1 se indica la distribución de habitantes por puntos de luz para las poblaciones encuestadas y en tabla 3.2-2 las medias y dispersiones.

Tabla 3.2-2 Densidad de puntos de luz media en relación al número de habitantes.

Número de habitantes	Nº Habitantes Nº de puntos de luz	Dispersión
< 2.000	4,2	2
2.000 – 10.000	5,0	2,4
10.000 – 50.000	6,3	2,4
>50.000	9,4	1,3

De tabla 3.2-2 se observa que el intervalo de 5 a 10 habitantes por punto de luz corresponde a poblaciones entre 2.000 y 60.000 habitantes. Comparado estos valores con tabla 3.2-1 se estaría frente a una baja densidad de habitantes por puntos de luz asociadas a pequeñas poblaciones o núcleos rurales. Solo para tres casos con poblaciones mayores a 50.000 habitantes se tendía aproximadamente unos 10 hab./pto. de luz. Los valores obtenidos estarían dentro de los intervalos usuales de densidad de puntos de luz, sin embargo esta información no es suficiente para establecer si además las condiciones de iluminación son las adecuadas por lo que no es posible inferir mayores conclusiones.

b) Clasificación de lámparas

La distribución del tipo de lámparas en la muestra de poblaciones analizadas se ha indicado en la figura 3.2-2 donde el 79% corresponde a lámparas de mercurio y 17% a sodio A.P. siendo despreciables los restantes tipos.

El tipo mayoritario es Mercurio sin embargo se manifiesta un interés por parte de los gestores de ir reemplazando esta lámpara en gran parte del alumbrado urbano por lámparas de sodio A.P. debido a su mayor eficacia luminosa.

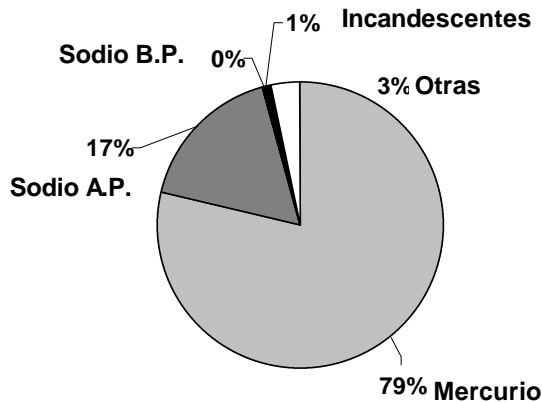


Figura 3.2-2 : Distribución del tipo de lámparas en la muestra de poblaciones analizadas en Cataluña (1997).

c) Antigüedad y estado de la instalación

Si se considera que la vida media de una instalación de alumbrado es de 20 años, es posible que algunas instalaciones requieran una renovación ya que el 38% tendría una antigüedad mayor a 15 años. El 24% tendría un estado deficiente que puede deberse a la antigüedad y/o a la mala conservación como puede observarse en tablas 3.2-3 y 3.2-4.

Tabla 3.2-3 Antigüedad de las instalaciones en la muestra estudiada según respuestas de los gestores del alumbrado.

antigüedad	<5 años	5 a 15 años	> 15 años
Porcentaje	9	53	38

Tabla 3.2-4 Estado de las instalaciones en la muestra estudiada según respuestas de los gestores del alumbrado.

Estado	Bueno	Regular	Deficiente
Porcentaje	21	55	24

d) Presupuestos

El presupuesto anual para alumbrado público se distribuye como se ha indicado en tabla 3.2-5, donde el rubro consumo energético es tres veces superior al destinado a mantenimiento y el costo por punto de luz varía según el número de habitantes. El presupuesto para mantenimiento varía, también de acuerdo a la población. En grandes poblaciones el presupuesto destinado es de 48. por punto de luz.

Tabla 3.2-5 Presupuesto destinado al alumbrado público

Presupuesto anual	Energía	Mantenimiento	Instalaciones nuevas + renovaciones
Porcentaje	59	22	19

Tabla 3.2-6 Presupuesto/punto de luz destinado a mantenimiento según respuestas de gestores del alumbrado. 1 =168 Ptas.

Habitantes	<2000	2.000 a10.000	10.000 a 50.000	>50.000
Ptas./punto de luz	3.477	3.740	5.069	8.065
dispersión	66	78	72	34

e) Tipos de tarifas de energía contratadas

Los tipos de tarifa contratada por los ayuntamientos corresponde en gran medida al tipo B.0 indicado para alumbrado público. Los resultados son similares si se refieren al número de poblaciones que si se refieren a la potencia instalada por cuadro de mando (unidad de contrato mínima). La conveniencia de cada tarifa será analizada mas adelante.

Tabla 3.2-5 Tarifas contratadas por los ayuntamientos de la muestra analizada

Tarifas contratada	B.0	2.0	3.0	4.0	Otras
% poblaciones	75	19	3	2	0
% potencia instalada	62,6	18,5	12,8	6,0	0,1

f) Organización y políticas de mantenimiento

El mantenimiento del alumbrado urbano, ver figura 3.2-3, es realizado en un 60% por empresas externas contratadas por licitación pública o empresas externas de capital mixto con participación del ayuntamiento. En el 35% de los casos, es realizado con medios propios y en general el personal asignado tiene entre otras funciones la del mantenimiento. Un 5% manifiesta no realizar mantenimiento alguno. Un 5% manifiesta no realizar mantenimiento alguno.

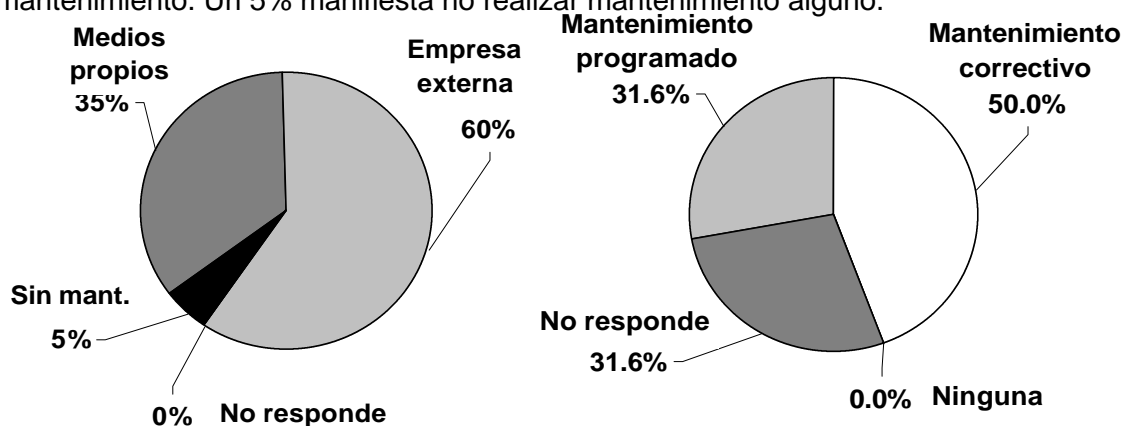


Figura 3.2-3: Organización y políticas del mantenimiento en los ayuntamientos analizados

Las políticas de mantenimiento aplicadas con mayor frecuencia (50%) son: **correctivas**, a saber : reparación de fallos del punto de luz, cuadro de mando, líneas etc., una vez detectado por inspección, denuncias etc. En el 31,6% de los casos la política correctiva se complementa con operaciones **preventivas** programadas masivas de sustitución de lámparas y limpieza de luminarias. El periodo de operaciones programadas varía de 2 a 4 años dependiendo del ayuntamiento o del tipo de contrato y es común reunir cambio de lámparas con limpieza para reducir costos. Los costes del mantenimiento son fácilmente cuantificables cuando son ejecutado por una empresa externa contratada. Varían entre 5000 a 7000 Pta. por punto de luz/año (1997). Reparaciones especiales (ej. líneas subterránea) son tratadas separadamente. Un porcentaje importante (31,6%) no responde debido posiblemente a una falta de políticas claras en el mantenimiento.

g) Averías anuales y duración

Las averías medias anuales fueron calculadas como el promedio de fallos por año respecto a la población de puntos de luz de los ayuntamientos estudiados. El valor medio obtenido es del 25%, es decir 25 fallos cada 100 puntos de luz al año. La duración media de un fallo, indicada por los gestores del alumbrado fue de 24hs hasta la reparación. Una ausencia de respuestas del 43% sugiere la falta de una gestión adecuada.

3.3 Evaluación del estado de funcionamiento de las instalaciones

Existen dos factores generalmente empleados para describir el estado de funcionamiento de las instalaciones:

- la depreciación de las instalaciones, es decir la pérdida de eficacia por envejecimiento y suciedad y
- el porcentaje de averías permanente, es decir el número de puntos de luz factible de encontrar fuera de servicio por noche.

Estos factores fueron evaluados en una experiencia realizada en colaboración con alumnos de la asignatura de Proyectos (1998) [2].

a) Depreciación

Para evaluar el funcionamiento de las instalaciones se realizó una experiencia donde se seleccionaron tres poblaciones con dos políticas de mantenimiento diferentes las que se describen en tabla 3.2-6:

Tabla 3.2-6 Poblaciones seleccionadas para efectuar la evaluación del estado de funcionamiento

Ayuntamiento	habitantes	Número de puntos de luz	Mantenimiento
<i>Beg.</i>	3.500	900	empresa externa de mantenimiento correctivo (SC) y preventivo con cambios masivos de lámparas (CM) y limpieza masiva de luminaria simultanea (LM) cada 2 años
<i>St. B.</i>	80.000	6.300	empresa externa de mantenimiento correctivo (SC) y preventivo con cambios masivos de lámparas (CM) y limpieza masiva de luminaria simultanea (LM) cada 2 años
<i>El Mas.</i>	20.000	1.800	brigadas propias realizando solo mantenimiento correctivo (SC), sustitución de lámparas con fallos etc.

En cada población se seleccionaron calles al azar donde se midieron los valores medios de iluminancia sobre la calzada ($E_{h_{med}}$).

Una estimación de la depreciación actual se obtuvo relacionando cada valor de $E_{h_{med}}$ medido con el correspondiente $E_{h_{med}}$ obtenido mediante un programa de diseño (ver ecuación 3.3-1)

$$d = \frac{E_{h_{med}} \text{ _medida}}{E_{h_{med}} \text{ _calculada}} \quad 3.3-1$$

$E_{h_{med}}$ calculada se obtiene introduciendo como datos la geometría de la instalación, la rejilla de medición, fotometría de la luminaria y flujo nominal de lámpara lo que emularía las condiciones de luminaria limpia y lámpara nueva.

Agrupando las poblaciones *St. B.* y *Beg.* que tienen una misma política, en figura 3.3-1 se ha indicado la depreciación en función de la frecuencia de casos observados. La media observada para políticas SC+SM+LM fue de 0,9; mientras que donde se efectuó solo mantenimiento correctivo con recursos propios, la media fue 0,6.

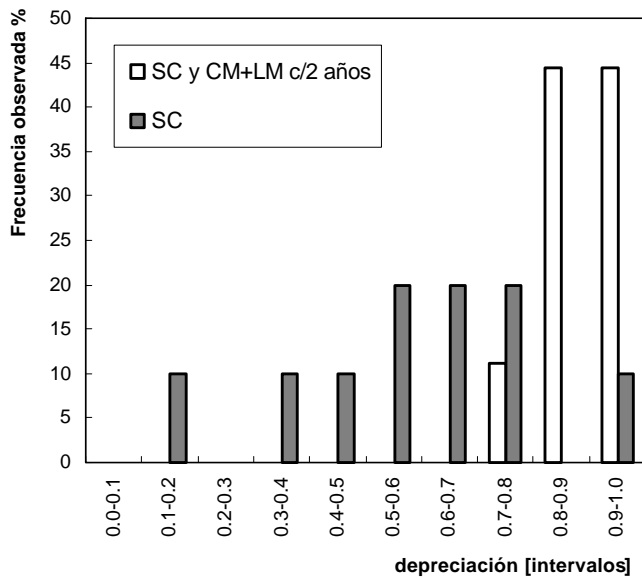


Figura 3.3-1: Influencia de las políticas de mantenimiento en la depreciación del alumbrado urbano. Las barras oscuras corresponden a la política SC.

Si se tiene en cuenta que las instalaciones se diseñan habitualmente para que el valor mínimo mantenido (E_{mm}) sea un 70% del valor inicial (luminaria con lámpara nueva) E_{ini} :

$$E_{mm} = 0,7 \cdot E_{ini} \tag{3.3-2}$$

cuando corresponda hacer el mantenimiento, en la población *Beg.* se estaría por debajo del mínimo mantenido. Si la muestra analizada es representativa de la población se estaría desaprovechando los recursos por falta de una política de mantenimiento apropiada. Por otra parte si bien *St.B* y *Beg.* tienen actualmente una depreciación baja (valor alto de $d=0,9$) esto podría ser a costa de un elevado coste de mantenimiento.

b) Averías permanentes

El número de puntos de luz fuera de servicio respecto de los instalados, en calles seleccionadas al azar, se utilizó como estimador del *porcentajes de averías permanentes (PAP)*. En la figura 3.3-2 se ha indicado para 21 poblaciones de Cataluña la distribución de frecuencia de valores observados de PAP en función del valor absoluto. La media del PAP observada es 2,9%. Sin embargo en dos poblaciones (*Be* y *StB*), donde el mantenimiento es efectuado por una empresa externa el PAP es inferior al 1%.

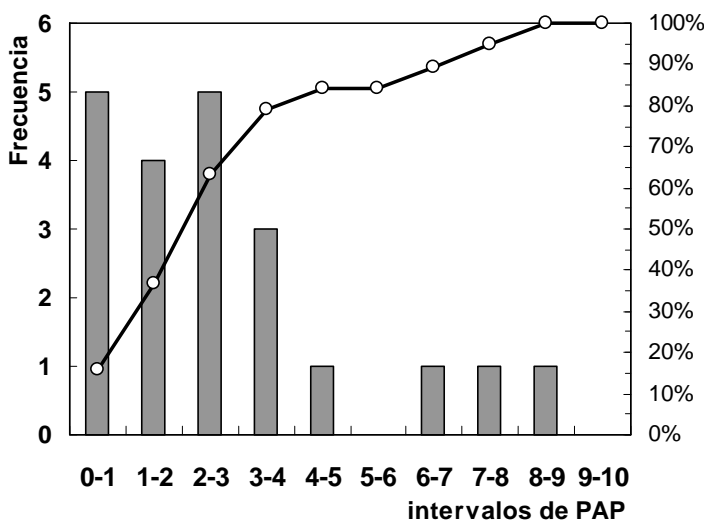


Figura 3.3-2: Distribución de frecuencia de valores observados del porcentaje de averías permanente en 21 poblaciones de Cataluña.

3.3 Aspectos energéticos de las instalaciones relacionados con la gestión, explotación y mantenimiento.

El alumbrado urbano es un servicio que frecuentemente no es valorado hasta que se experimenta su ausencia o se observa una reducción gradual de su prestación lo cual es menos frecuente debido a que el impacto visual es relativo. Ocurre que las instalaciones de alumbrado no son estructuras rígidas, por el contrario tienen un carácter dinámico en su funcionamiento y requieren de cuidado para garantizar su correcto funcionamiento.

La falta de mantenimiento, al no producir gastos de operaciones de mantenimiento, gestión etc., supone a primera instancia un ahorro pero a menudo esto genera un coste indirecto que pueden originarse debido a:

- Funcionamiento de la instalación fuera de horario necesario.
- Consumo excesivo de energía reactiva debido a deterioro de los condensadores de compensación.
- Sobre facturación por una gestión energética inadecuada al contratar el régimen de tarifas.
- Sobre consumo de energía activa y reducción en la durabilidad de los componentes debido a variación de la tensión de suministro respecto a la nominal.
- Pérdidas esporádicas difícilmente valorables.
- Reducción en la durabilidad de los componentes

Con el fin de evaluar el peso de cada aspecto arriba mencionado se analizaron casos muy diferenciados respecto a la política de mantenimiento, gestión y explotación.

Sobre datos relevados en municipios de Cataluña entre 1991 y 1996 se ha efectuado un estudio de los costes reales que produce el servicio de alumbrado analizando el incremento en los costes producidos por la falta de gestión y/o mantenimiento con el objeto de establecer límites y tendencias de los factores más relevantes.

El aumento en el consumo por *funcionamiento de la instalación fuera del horario necesario* puede alcanzar hasta valores del 30%. Datos de auditorías de poblaciones en Cataluña Saro O. (1997) [3] se indican en tablas 3.3-1 y 3.3-2 donde los sobre costes son del 30 y 25% respectivamente. El motivo de estos porcentajes tan elevados se atribuyó a un mantenimiento deficiente de los interruptores crepusculares los que requieren ciertos cuidados periódicos.

Otro estudio realizado en una ciudad periférica a Barcelona, durante el periodo de 1991-1995 Gallego J.(1995)[4], donde se realiza un cuidadoso mantenimiento, se observó que instalaciones con interruptores crepusculares producían un tiempo de funcionamiento medio ($T_{f_{med}}$) en exceso de +11,4 minutos lo que representó un 1,6% de sobreconsumo frente a instalaciones provistas con reloj astronómico que produjeron un $T_{f_{med}} = + 2,6$ minutos y un sobreconsumo de 0,4%.

Tabla 3.3-1: Aumento en el consumo del alumbrado debido al empleo de interruptores crepusculares asociados a la falta de mantenimiento, en ayuntamiento SPR, con 1157 puntos de luz y periodo de análisis 1157 días.

Cuadro	Potencia instalada ¹ [Kw]	Energía teórica ² [MW-h]	Energía facturada ³ [MW-h]	Tiempo de uso ⁴ [hs]	Tiempo sin servicio ⁵	Tiempo excedido ⁶ [hs]	Energía derrochada ⁷ [MW-h]
A	9,67	33,44	15,61	1614	1842		
C	22,37	77,33	148,90	6655		3119	71,58
D	13,50	46,66	61,08	4525		1069	14,43
E	13,87	47,95	22,52	1623	1833		
F	15,05	52,01	24,48	1626	1830		
H	6,32	21,86	8,69	1373	2083		
J	16,42	56,76	73,50	4475		1019	16,74
K	15,62	54,00	52,51	3360	96		
L	23,82	82,34	123,98	5204		1748	41,64
Total	136,64	472,35	531,27				144,39
%		100,00					30,56

Tabla 3.3-2: Aumento en el consumo del alumbrado debido al empleo de interruptores crepusculares asociados a la falta de mantenimiento, en ayuntamiento R..., con 811 puntos de luz y periodo de análisis 291 días.

Cuadro	Potencia instalada ¹ [Kw]	Energía teórica ² [MW-h]	Energía facturada ³ [MW-h]	Tiempo de uso ⁴ [hs]	Tiempo sin servicio ⁵	Tiempo excedido ⁶ [hs]	Energía derrochada ⁷ [MW-h]
A1	13,25	43,54	24,70	1864	1422		
A2	6,00	19,72	13,60	2267	1019		
A3	9,37	30,81	44,78	4776		1490	13,97
B	22,87	75,15	50,16	2193	1093		
C	17,78	58,43	62,37	3508		222	
D2	22,62	74,35	133,28	5891		2605	58,93
Total	267,12	302,00	328,89				72,90
%		100,00					24,14

¹ Potencia instalada por cuadro para alumbrado [Kw].

² Consumo estimado sobre la base del producto de la potencia instalada y el período de funcionamiento óptimo del alumbrado que es función de la latitud, longitud del lugar y del tipo de régimen (completo o reducido). El período anual es 4286,7 hs que se corrige al período facturado.

³ Consumo en el período considerado.

⁴ Tiempo acumulado de uso del alumbrado estimado en base a la energía facturada [hs].

⁵ Representa la falta de funcionamiento durante el horario que es necesario.

⁶ Período de funcionamiento fuera de horario necesario.

⁷ Energía consumida no útil.

En cuanto al **consumo de energía reactiva**, en España el recargo o bonificación se calcula sobre la base de la expresión:

$$Kr(\%)_i = \frac{17}{\cos^2 g_i} - 21 \quad 3.3-1$$

donde:

$Kr\%_{medio}$: valor porcentual a aplicar a la facturación básica del consumidor "i", como recargo o bonificación (descuentos) si es negativo.

$\cos g$: es el factor de potencia del consumidor i, que se calcula en base al consumo activo y reactivo.

Dentro de un municipio la energía utilizada para el alumbrado se contabiliza mediante contadores alojados en los cuadros de distribución. Un $Kr\%_{medio}$ para un municipio puede estimarse ponderando la potencia instalada por cuadro, mediante la expresión:

$$Kr\%_{medio} = \frac{\sum_{i=1}^n (Kr(\%)_i \cdot Potencia\ instalada\ i)}{\sum_{i=1}^n Potencia\ instalada\ i} \quad 3.3-2$$

En figuras 3.3-1 y 3.3-2 se indican las gráficas de valores calculados de $Kr\%$ en función de la potencia instalada construidas por el autos de fuentes [3][4], dos municipios donde las políticas de mantenimiento son muy diferenciadas.

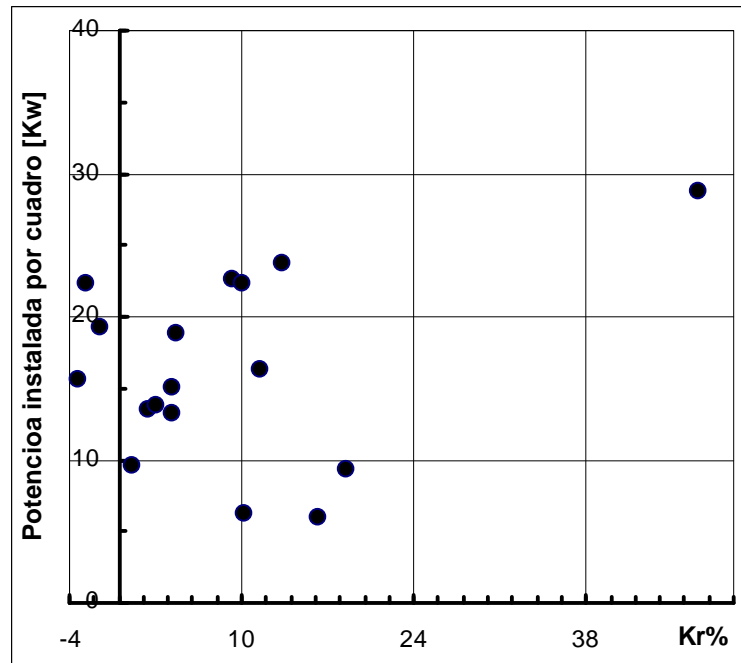


Figura 3.3-1: $Kr\%$ obtenidos a partir del $\cos g$ para los cuadros de mando del municipio SPR [3] en función de la potencia instalada en el cuadro correspondiente

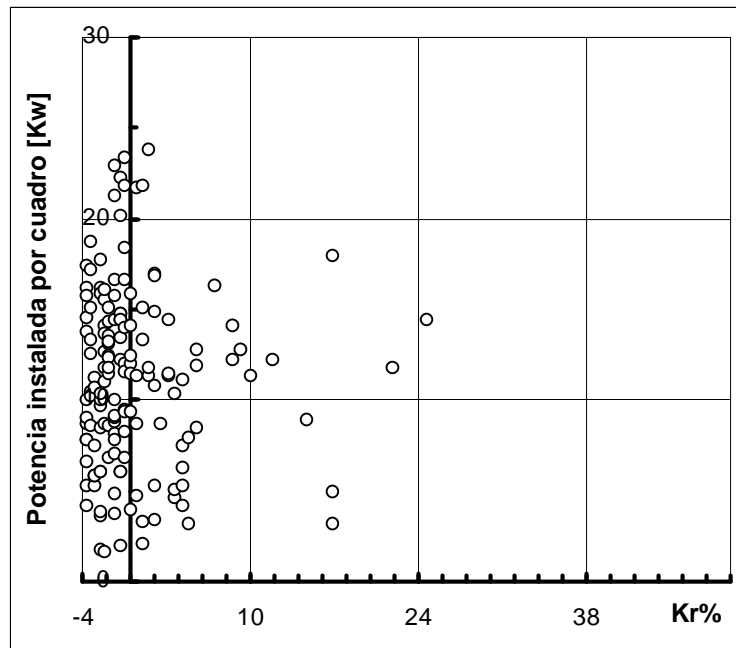


Figura 3.3-2: $Kr\%$ obtenidos a partir del $\cos g$ para cada cuadro de mando de un municipio [4] en función de la potencia instalada en el cuadro correspondiente.

Un $Kr\%_{medio}$ del 10% se obtiene para la figura 3.3-1 debido a falta de mantenimiento en los condensadores de compensación, mientras que en la figura 3.3-2 que corresponde a un municipio con una eficiente gestión del mantenimiento el $Kr\%_{medio}$ obtenido es del orden del 0,4% **San Martín, Manzano(1998)** [5].

El **régimen de tarifas energéticas** en España establecido por **Real decreto 2320 (1996)** [6] permite contratar distintas modalidades para la provisión de energía eléctrica. Es conveniente estudiar cual resulta más económica ya que algunas dependen del régimen de funcionamiento de la instalación, potencia contratada, ubicación geográfica etc.

Un análisis del coste energético de una instalación de alumbrado urbano hipotética ha sido realiza por el autor, por medio de un programa de calculo **Saro (1997)** [7]. Para los distintos tipos de tarifas posibles a contratar, el coste de la energía en función del porcentaje de regulación de la potencia activa instalada se han representado en un gráfico indicado en figura 3.3-3. Se observa que hasta el 40% de regulación, la tarifa 2.0 T0 es la más económica, no obstante sobre los 31 ayuntamientos encuestados sólo un 19% la contrata correspondiendo al 75% los contratos tipo B.0. Este problema posiblemente se deba a que la tarifa B.0 fue originalmente pensada para el alumbrado público sin embargo alteraciones posteriores en la relación de costos y reglamentos conducen a este tipo de situaciones que son inadvertidas cuando se carece de gestión del alumbrado **San Martín, Manzano, Albert(1998)** [8].

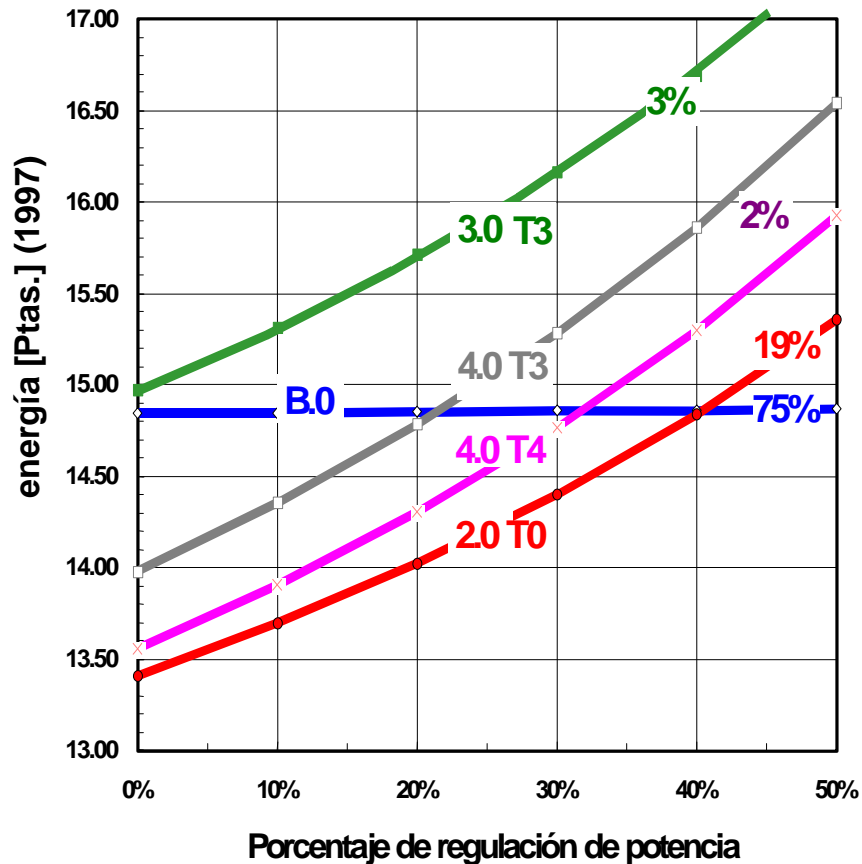


Figura 3.3-3: Costo de la energía en Ptas. (de diciembre 1997 1us\$≈ 140Ptas.) en función del porcentaje de regulación de potencia de las lámparas y con las distintas tarifas como parámetro. A la derecha se ha indicado el % de respuestas de ayuntamientos encuestados.

La **calidad del suministro de energía**, en particular el nivel del voltaje de la red de distribución, puede afectar el normal comportamiento de las lámparas de descarga si se aparta por debajo o por arriba de los valores nominales, produciendo alteraciones en el consumo, flujo luminoso, $\cos \phi$, corriente de la lámpara, voltaje de la lámpara y en situaciones muy extremas aumentando la probabilidad de fallo y reduciendo la vida de las lámparas mismas y otros componentes **Philips lighting (1996)** [9] y **Henderson, Marsden (1972)** [10].

Analizando datos recopilados de un municipio **Villarraso (1997)**[11] con problemas en la tensión de alimentación en las redes del alumbrado público se observó durante el período de funcionamiento de la instalación (ver figura 3.3-4) variaciones de **-4%** a **+16%** del valor de servicio. A partir de estos datos se puede extrapolar un resultado para la instalación provista de lámparas de sodio AP.

La variación de la potencia de las lámparas de sodio con el voltaje referido a valores nominales se indica en figura 3.3-4 [9]. La ecuación que responde a dicha variación es:

$$\frac{P_L}{P_N} = 2,52 \cdot \left(\frac{U_L}{U_N} \right) - 152 \quad 3.3-3$$

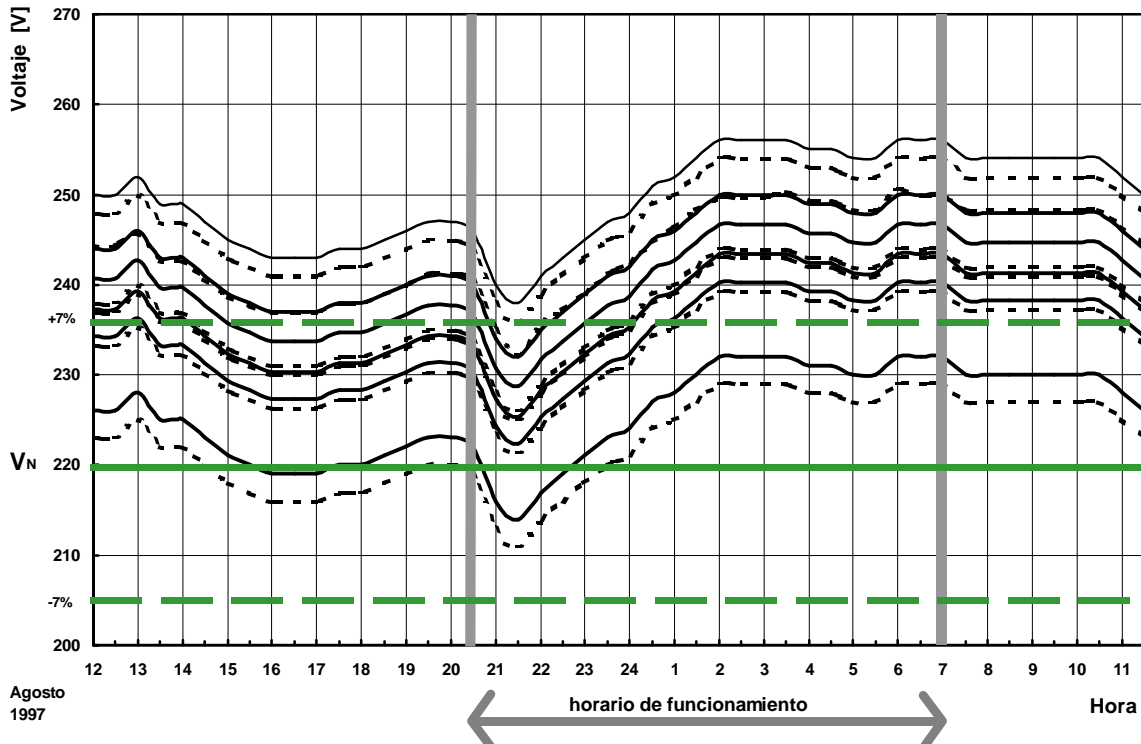


Figura 3.3-4: Registros del analizador de redes en cuadros del ayuntamiento de Delt.. en Cataluña, agosto 1997. Fuente [11].

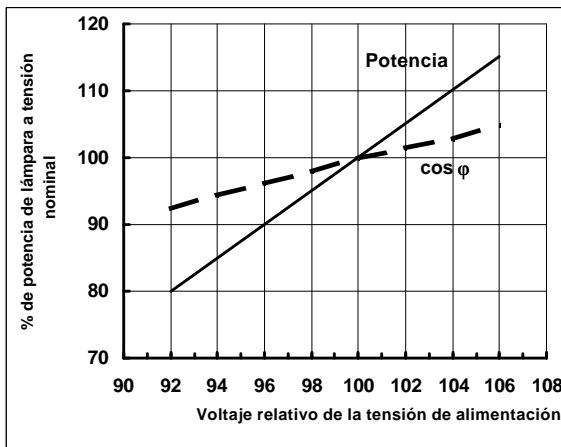


Figura 3.3-5: Variación de la potencia y el $\cos \phi$ de la lámpara de sodio AP [9].

La energía consumida durante el período de funcionamiento de la instalación se calcula a partir de la potencia en función del voltaje y del tiempo para cada cuadro. En el presente caso analizado, con lámparas de sodio AP se produciría un aumento del consumo del **20% San Martín, Manzano(1998)** [5] Sin embargo este valor podría verse reducido en la facturación debido al frecuente fallo prematuro de las lámparas que simultáneamente se experimenta por el sobre voltaje. La legislación en España establece valores límites de $\pm 7\%$ en el voltaje de suministro [12] con reducción en la facturación de hasta el 50% en casos de reiteradas deficiencias. Sin embargo si el Ayuntamiento no controla el suministro dentro de su gestión estamos frente a un costo adicional. Por otra parte se debe agregar el costo de materiales y reposición por fallo prematuro de las lámparas que la sobre tensión engendra.

Comparando con datos de un ayuntamiento [4] donde el control del suministro de energía es aceptable, se observa que la frecuencia de desviaciones máximas de la tensión respecto de la nominal durante la noche se distribuye como se indica en figura 3.3-5. La mediana es del +4% y solo el 8% de los valores observados se encuentran por arriba del +7%. Con un +4% de sobre voltaje el sobre consumo sería del orden del 10% sin embargo se debe recordar que la red se dimensiona considerando caídas de tensión entre alimentación y punto mas alejado del 3% con lo cual el efecto final en el consumo de la lámpara es menor, estimándose en un **5%** [5].

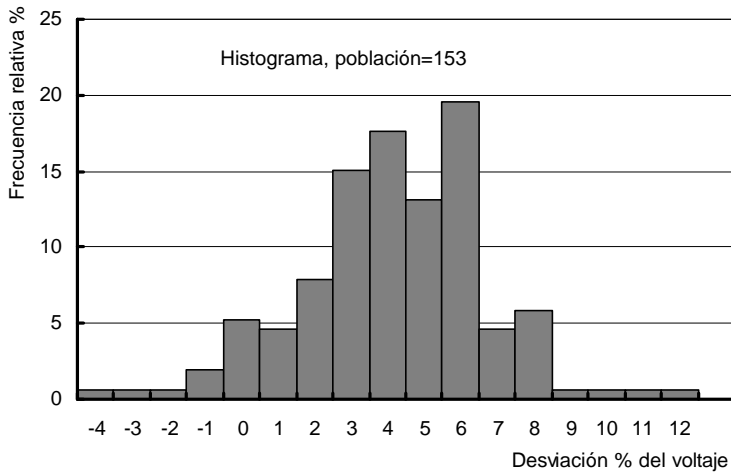


Figura 3.3-5 : Distribución de valores máximos de desviación porcentual de la tensión respecto de 220V en función de la frecuencia de observación como porcentaje del total[4]

3.4 Conclusiones

En el presente capítulo se ha analizado la problemática de la gestión y explotación del alumbrado urbano mediante tres procedimientos:

- encuesta a gestores del alumbrado
- mediciones de campo para evaluar el estado actual de instalaciones
- estudio de costos indirectos de la falta de gestión

De los factores estudiados en las encuestas se concluye:

- a) densidad de puntos de luz:** Los valores obtenidos estarían dentro de los intervalos usuales, sin embargo esta información no es suficiente para establecer si además las condiciones de iluminación son las adecuadas. Es necesario mediciones in situ para evaluar este aspecto.
- b) tipos de lámparas:** El tipo mayoritario es de descarga de Mercurio sin embargo se manifiesta un interés de reemplazarla por lámparas de sodio A.P. debido a su mayor eficacia luminosa.
- c) antigüedad y estado de las instalaciones:** el 38% tendría una antigüedad mayor a 15 años y el 24% posee un estado deficiente que puede deberse a la antigüedad y/o a la mala conservación.
- d) presupuestos:** varían de acuerdo al tamaño de la población, para poblaciones mayores a 50.000 habitantes, se destinan € 48 por punto de luz a mantenimiento y el asignado a consumo energético es en promedio tres veces superior.
- e) tipos de tarifas de energía contratadas:** el 75% contrata la tarifa B.0 y el 19% la 2.0.
- f) organización:** en el 60% de los casos el mantenimiento es realizado por empresas externas o mixtas contratadas por licitación pública, el 35% de los casos es realizado con medios propios, un 5% manifiesta no realizar mantenimiento alguno.
- g) políticas:** en un 50% de los casos son correctivas, a saber ; reparación de fallos de puntos de luz, cuadros de mando, líneas etc., una vez detectado por inspección, denuncias etc., en el 31,6% de los casos se complementa con operaciones programadas masivas de sustitución de lámparas y limpieza de luminarias, el resto no responde.
- h) averías anuales y duración:** son de 25 fallos cada 100 puntos de luz al año con una duración media de 24hs hasta la reparación del fallo, una ausencia de respuestas del 43% sugiere la falta de una gestión adecuada

En términos generales de las encuestas puede concluirse que no existe un criterio único para gestionar las instalaciones. La calidad del servicio, cuando el mantenimiento es efectuado por una empresa externa, es preestablecida en los contratos y se basa generalmente en mantener la tasa de averías a un determinado valor que es periódicamente controlado por técnicos del ayuntamiento. La falta de respuesta en muchos casos puede asimilarse como desconocimiento por una falta de gestión adecuada.

El estado actual de las instalaciones, evaluado a partir de mediciones de campo permitió establecer que donde la política aplicada era SC+SM+LM la depreciación media fue de **0,9**; mientras que donde se efectúa solo mantenimiento correctivo con recursos propios, la media fue **0,6**. En este último caso es muy posible que las condiciones actuales de alumbrado estén por debajo de los mínimos a mantener recomendados.

El *porcentaje de averías permanentes (PAP)* medio observado es aproximadamente del **3%**. Este valor contrasta con la respuesta media de las encuestas donde con una tasa de averías anual del 25% y una demora en la reparación de 24hs el *PAP* estimado como se indica en ecuación 5.2.3-1 sería del 0.07%.

Respecto a los factores estudiados que generan posibles costos indirectos por la carencia o deficiencia de gestión en el alumbrado urbano, se ha resumido en la tabla 3.4-1 los factores analizados y el impacto en el consumo energético que pueden sucitarse comparando la situación mas favorable con gestión y mantenimiento eficiente frente a la mas desfavorable encontrada.

Tabla 3.4-1: Estudio del impacto en el consumo energético debido a falta de gestión y mantenimiento adecuados

Factor analizado	Mantenimiento	
	eficiente	ineficiente
<i>Funcionamiento fuera de horario</i>	0,4%	30 %
<i>Consumo de energía reactiva</i>	0,4%	10%
<i>Régimen de tarifas energéticas</i>	0 %	15 %
<i>Calidad del suministro de energía</i>	5 %	22%
Total	5,80%	77 %

Los sobre costes de explotación pueden fluctuar desde un ~6%, con un mantenimiento aceptable, hasta un 72% en una situación acumulativa extrema debido a la carencia de gestión y mantenimiento.

Los efectos combinados de aumento en el consumo, depreciación, averías y otros factores reducen la calidad del servicio por lo que una gestión y explotación apropiada es necesaria. También se hace necesario disponer de un indicador que evalúe los parámetros del servicio tales como:

- condiciones de alumbrado necesarias
- tasa de averías
- tiempos de operación
- consumo de energía activa y reactiva
- calidad del suministro, etc.

y los relacione con los costos producidos para ser utilizado como indicador o criterio de calidad en el diseño de nuevas instalaciones y en la evaluación de instalaciones existentes.

3.5 Bibliografía del capítulo

[1] **San Martín (1985)**

Auditoría energética I, Enllumenat públic.

Diputació de Barcelona, Servei del Medi Ambient, ISBN 84 505 2352 4.

[2] **Alumnos de la asignatura Proyectos (1998)**

Dirigidos por Prof. R. San Martín y E. Manzano. Departament de Projectes, Escola Tècnica Superior de L'Enginyeria Industrial de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, curso 1997-1998.

[3] **Saro O., Albert V. (1997)**

Auditoria Energètica de Instal·lacions d'Enllumenat públic, Informe interno, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Espanya.

[4] **Gallego J. (1995)**

Estudi del control del manteniment de l'enllumenat públic de Sabadell, projecte de fi de carrera, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, Espanya, Maig 1995.

[5] **San Martín R., Manzano E.(1998)**

A study of indirect cost due to reduced urban lighting maintenance. CIBSE National Lighting Conference. Lancaster UK. Page 219 to 223.

[6] **Real decreto 2320 (1996)**

Por el que se establece la tarifa eléctrica, Diciembre 1996

[7] **Saro O. (1997)**

Software de simulación de tarifas, Grupo de Estudios Luminotécnicos, Universitat, Politècnica de Catalunya, Barcelona, Espanya.

[8] **San Martín R., Manzano E., Albert V. (1998)**

Gestión y explotación del alumbrado, Actas de las Jornadas Tècniques sobre Energia, Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya, Barcelona, España, pag.299 a 310.

[9] **Philips lighting (1996)**

Effects of mains voltage variations and dimming on high intensity discharge lamps (HID). 3222 635 12411. The Netherlands.

[10] **Henderson S., Marsden A. (1972)**

Lamps and Lighting, Thorn Lighting, UK.

[11] **Villarraso V.(1997)**

Estudi del subministre energètic als quadres d'enllumenat públic de Deltebre, informe de Estudios Luminotécnicos, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.

[12] **Reglamento de verificaciones eléctricas y regularidad en el suministro de energía (1994)** Editorial Paraninfo.