

Capítulo 2

Estado del arte

2.1 Introducción

2.2 Valoraciones del nivel de servicio en términos cualitativos

2.3 Valoración del nivel de servicio relacionando aspectos cualitativos con parámetros luminotécnicos

2.4 La relación costo – beneficio como criterio de evaluación

2.5 Costos mínimos como criterio de evaluación

2.6 Conclusiones

2.7 Bibliografía del capítulo

2.1 Introducción

El propósito principal del alumbrado urbano es de proveer durante la noche un entorno luminoso que produzca las condiciones visuales apropiadas para:

- ❑ el desplazamiento seguro de vehículos y peatones,
- ❑ generar un ambiente de orden y protección ciudadana
- ❑ crear un ambiente ameno y sensación de bienestar general.

Estas condiciones pueden considerarse además como los beneficios del alumbrado que conforma un servicio público, competencia generalmente de un ayuntamiento.

Los sistemas de alumbrado urbano, a semejanza de otros sistemas, con el tiempo pierden eficacia debido a ensuciamiento, procesos de envejecimiento o deterioro de algún componente. Se dice que los sistemas se deprecian.

Para que un sistema de alumbrado opere a su máxima efectividad, la gestión, explotación y mantenimiento del mismo deben ser considerados desde la etapa de proyecto es decir durante el proceso de diseño.

Desde una óptica mas global, durante la etapa del proyecto se debe tomar en consideración el ciclo de vida del objeto proyectado lo cual involucra en el caso de las instalaciones de alumbrado aspectos de operación, gestión, mantenimiento, consumo, eliminación, etc. Todos estos aspectos de la explotación posterior pueden verse favorecidos o perjudicados en función de los planteamientos del proyecto constructivo, ya que medidas que en la fase inicial pueden resultar económicas y factibles pueden ser muy costosas o de difícil factibilidad en fases posteriores. Los factores mas importantes a considerar en la etapa del diseño vinculados a la posterior gestión y explotación del alumbrado han sido analizados en un trabajo de **San Martín y Manzano (1997)** [1].

En caso de no existir un control y mantenimiento adecuados es muy factible incurrir en costos energéticos indirectos adicionales. Los costos energéticos sufren variaciones respecto a sus valores normales debido a la falta de mantenimiento y gestión. Incrementos en los consumos de energía activa por sobre-tensión y falta de control en los dispositivos de encendido, consumo de energía reactiva y contratación inadecuada de tarifas originan aumentos de los costos del alumbrado urbano. Resultados al respecto se indican en la publicación **San Martín y Manzano (1998)** [2].

La falta de mantenimiento reduce también la calidad del servicio afectando la seguridad y la imagen ciudadana, con el potencial aumento del riesgo de accidentes y la aparición de un foco de problemas jurídicos para el ayuntamiento u organismo responsable. Recientemente un organismo estatal ha sido obligado a indemnizar, debido a un accidente por falta de mantenimiento de una carretera española [3].

Otra consecuencia asociada es el posible incremento del índice de criminalidad ya que se ha demostrado que el alumbrado adecuado produce un efecto disuasivo como lo afirman estudios del **Centre d'Informaton de L'éclairage (1984)**[4].

Como los presupuestos asignados a los ayuntamientos son limitados es importante que tanto los nuevos proyectos como las instalaciones existentes de alumbrado urbano sean valoradas para ver si efectivamente los recursos invertidos producen una rentabilidad adecuada. En términos de un servicio público esto significa si el presupuesto se convierte en una prestación adecuada del servicio.

2.2 Valoraciones del nivel de servicio en términos cualitativos

Una valoración de las instalaciones de alumbrado con el objeto de evaluar el nivel de servicio, es decir la capacidad de la instalación para cumplir con los objetivos para los cuales ha sido diseñada, ha sido formulada por **San Martín (1985)** [5], basada en la evaluación de los siguientes aspectos : nivel del alumbrado sobre la calzada y la acera, uniformidad, deslumbramiento, fiabilidad de funcionamiento, frecuencia y duración de fallas, aspectos estéticos ambientales, apariencia de la instalación, color de la luz, y seguridad intrínseca (riesgo de fallo por contacto indirecto eléctrico de la instalación). La evaluación de cada uno de estos aspectos se realiza en forma cualitativa utilizando una escala subjetiva de cinco puntos con adjetivos calificativos. Una ponderación final valora el nivel del servicio.

Métricas de escalas subjetivas son frecuentes en la evaluación de ambientes iluminados y han sido utilizadas para establecer recomendaciones desde el punto de vista de la preferencia de los usuarios sobre aspectos como nivel de alumbrado, uniformidad y deslumbramiento tanto en alumbrado de espacios interiores como exteriores. Al respecto pueden consultarse **Boyce (1981)**[6], **van Bommel y de Boer (1980)**[7]. En recomendaciones internacionales como **CIE 29.2 (1986)**[8], **CIE 115 (1995)**[9] los parámetros habituales de diseño están basados en estudios de confiabilidad y confort visual, estos últimos empleando escalas subjetivas.

Un ejemplo de valoración cualitativa en espacios exteriores ha sido realizada por **Sandoval, Manzano y Alvarez (1995)**[10]. Observadores neófitos utilizando escalas subjetivas opinaban sobre el grado de naturalidad en la apariencia del color durante la noche en dos espacios similares pero iluminados con instalaciones empleando cada una un diferente color de luz, sodio alta presión que posee luz dorada y Mercurio color corregido con luz blanca. Los resultados obtenidos permitieron diferenciar claramente las instalaciones en base a la preferencia sobre el aspecto analizado.

Si bien las métricas subjetivas son ampliamente conocidas, su aplicación requiere ciertos cuidados debido a la variabilidad intrínseca del instrumento utilizado, observadores.

Procedimientos de doble control son usualmente utilizados para controlar la variabilidad de las respuestas de los encuestados. Trabajar con observadores entrenados reduce la variabilidad y el número pero puede sesgar las respuestas.

La evaluación de instalaciones con métricas de este tipo permitiría la detección de situaciones inadecuadas o la comparación simultánea de aspectos cualitativos.

2.3 Valoración del nivel de servicio relacionando aspectos cualitativos con parámetros luminotécnicos

Bean y Bell (1992) [11] desarrollan el índice CSP compuesto de tres componentes: (Confort, Satisfacción & Performance) confort, satisfacción y confiabilidad visual. El índice fue desarrollado para predecir la probabilidad de que los trabajadores de oficinas estén satisfechos con el entorno visual de trabajo. La figura 2.3-1 resume la métrica y las ecuaciones para el cálculo del índice CSP.

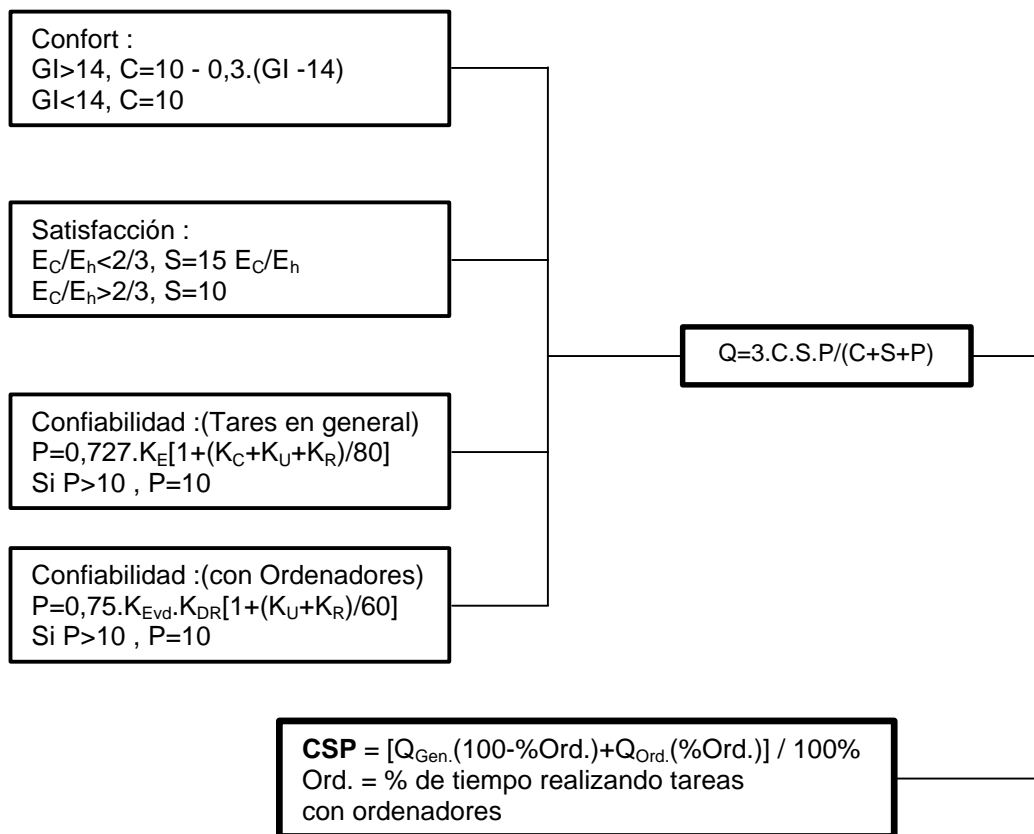


Figura 2.3-1: Ecuaciones del índice CSP [11]

La componente *Confort* se obtiene a partir del índice de deslumbramiento Británico (GR), que requiere recabar datos sobre dimensiones del local a evaluar y características de las luminarias.

La componente *Satisfacción* se obtiene de la medición de iluminancia horizontal (E_h), iluminancia cilíndrica (E_c), uniformidad de iluminancia, y del rendimiento al color de las fuentes de luz. Confort, Satisfacción y Confiabilidad son igualmente ponderados al calcular el índice CSP. Los valores de CSP así obtenidos se comparan con valores recomendados.

La relación entre los parámetros luminotécnicos empleados y las componentes del CSP se derivan de la experiencia práctica de los autores y de recomendaciones existentes en códigos o normas británicas **CIBSE(1994)**[12]. Los valores recomendados de CSP han sido obtenidos por un proceso de ajuste y corrección del modelo al correlacionar valores de CSP de ambientes iluminados con el grado de satisfacción de los ocupantes al evaluar el entorno visual de trabajo. Los autores reportan que la correlación del método con encuestas de opinión de usuarios utilizando una escala subjetiva es de 0,54 ($p \leq 0.01$). Esta ha sido la mejor correlación obtenida modificando los términos del modelo CSP, debido a que el mismo ha sido alterado para ajustarse a los resultados de las opiniones.

Esta propuesta fue muy discutida cuando fue publicada [11]. Los detractores argumentaban que a pesar de que los índices numéricos sean simples de utilizar, una única figura de mérito produciría la pérdida de información de los distintos parámetros intervinientes, los que usualmente se emplean en el diseño de alumbrado interior.

Estudios posteriores realizados por **Perry, Mc Faden, Carter y Manzano (1995)** [13] en 27 locales de oficinas de UK encaminados a comprobar la validez de la metodología CSP, mostraron una muy baja correlación entre las respuestas de opinión utilizando las escalas subjetivas de valoración del CSP y los valores numéricos del CSP obtenidos por mediciones de parámetros luminotécnicos. La determinación del CSP en los distintos locales estudiados no predijo la opinión de los ocupantes. Los autores [13] no pudieron determinar con precisión cuales eran los parámetros del entorno luminoso que podían influir mas en la predicción. Pero argumentaron que un examen mas profundo de los parámetros en forma individual sería necesario para desarrollar un método de evaluación de la calidad del alumbrado. El análisis en detalle de esta metodología fue posible debido a la divulgación completa de la métrica empleada.

Otro método para evaluar la calidad del alumbrado es propuesta por **Boyce y Eklund (1993)** [14], **Boyce y Eklun(1998)** [15]. Para su aplicación en alumbrado exterior se requieren datos de la instalación analizada que son obtenidos mediante encuestas de opinión y mediciones de parámetros luminotécnicos antes y después de operaciones de mantenimiento. Las encuestas evalúan los juicios de opinión sobre aspectos tales como sensación de seguridad, confort, apariencia del espacio, deslumbramiento, color de objetos, uniformidad etc.. En figura 2.3-2 se muestra un ejemplar de la encuesta, gentileza del autor Dr. Peter Boyce.

Exterior Lighting Survey

All of the statements below (except question 1) refer to the lighting of the area around you, **at night**. If you **agree** with any of the statements numbered 1 through 11, please tear out the perforated tab with the same number to the right of each statement. If you **disagree**, leave the perforated tab intact.

- 1) It would be safe to walk here, alone, **during the day**.
 - 2) It would be safe to walk here, alone, **at night**.
 - 3) The lighting is comfortable.
 - 4) This is a good example of security lighting.
 - 5) The lighting is too bright.
 - 6) The lighting is too dark.
 - 7) The lighting is uneven (patchy).
 - 8) The lighting is glaring.
 - 9) The lighting is too limited in area.
 - 10) The lighting is poorly matched to the site.
 - 11) I cannot tell the colors of things.
- For question 12, tear out the perforated box below corresponding to your answer.
- 12) How does the lighting here compare with the lighting of similar are at night?
12. Worse. 12. About the same. 12. Better.

Figura 2.3-2: Encuesta de evaluación cualitativa del alumbrado exterior [15]. Los encuestados indican su juicio de preferencia extrayendo una porción troquelada numerada, del extremo derecho y en la parte inferior de la ficha.

Un análisis estadístico multidimensional de las opiniones y mediciones se contrastan con valores de referencia de normas **IESNA(1993)**[16] y propios. Detalles completos de la metodología de aplicación no se publican posiblemente debido a que dicha herramienta se ofrece como producto a la venta. Los autores por su parte manifiestan la continuidad de la investigación encaminada a validar la métrica con resultados de los usuarios de la misma.

2.4 La relación costo–beneficio como criterio de evaluación

Una alternativa de valoración de la calidad del servicio de una instalación es comparar los costos con los beneficios generados. Este criterio es usualmente aplicado para decidir la conveniencia de llevar a cabo grandes proyectos de inversión [17].

La Illuminating Engineering Society of North America **IESNA DG-4(1993)**[18] recomienda su utilización analizando el ciclo de vida de la instalación. En la propuesta todos los beneficios del alumbrado deben ser expresados en unidades monetarias y para comparar alternativas, todas deben proveer idénticos beneficios con lo cual se transforma finalmente en una comparación de costos.

En general la relación costo-beneficio puede expresarse como

$$CB = \frac{\text{Costos _ generados _ al _ propietario}}{\text{Beneficios _ para _ el _ usuario}} \quad 2.4-1$$

o también la inversa puede utilizarse como indicador **Thuesen et al. (1986)** [19]:

$$BC = \frac{\text{Beneficios _ para _ el _ usuario}}{\text{Costos _ generados _ al _ propietario}} \quad 2.4-2$$

Los costos generados al propietario, se refieren a costos monetarios que pueden ser cuantificados y predecidos con cierta seguridad. Los beneficios al usuario engloban todos los beneficios monetarios como resultado del gasto generado.

Algunas propuestas que generan beneficios valiosos ocasionan también desventajas insalvables. Al analizar los beneficios se debe cuidar que estén constituidos por todas las ventajas directas e indirectas, menos cualquier desventaja para los usuarios. De forma similar los costos se definen como los costos menos cualquier economía.

La comparación de beneficios y costos significaría que ambos deberían ser factibles de evaluar en términos de dinero. Los beneficios y los costos serían por lo tanto cantidades a valor presente o anuales equivalentes calculadas empleando el concepto de costo del dinero. En consecuencia la relación costo-beneficio se definiría como se expresa en ecuación 2.4-3.

$$CB = \frac{\text{Beneficios _ equivalentes}}{\text{Costos _ equivalentes}} \quad 2.4-3$$

La inversión en una obra nueva o la renovación de una existente encontraría su justificación mínima si la relación 2.4-1 o 2.4-2 es igual a 1 en cuyo caso los beneficios y costos estarían igualados.

Análisis del tipo costo-beneficio son frecuentes en términos económicos. Los estándares por medio de los cuales las empresas privadas evalúan los beneficios de sus actividades son sustancialmente diferentes de los que son utilizables en la evaluación de las actividades públicas. Mientras que las actividades privadas se evalúan en términos de utilidades, las públicas se evalúan en términos de bienestar general. Un análisis del tipo costo-beneficio implicaría cuantificar un beneficio de tipo social en términos monetarios.

En el alumbrado urbano, generalmente a cargo de los ayuntamientos, el beneficio se traduce en condiciones apropiadas de visión que favorecen la seguridad vial, la seguridad ciudadana, creando un ambiente confortable, animado etc.. Es posible valorar estos aspectos indirectamente mediante por ejemplo encuestas de opinión a la población que se repitan con cierta frecuencia. Una alternativa económica de instrumentar una encuesta sería por medio de la pagina Web del ayuntamiento donde los ciudadanos pudieran ingresar su opinión. Un ejemplo de este tipo de encuesta se encuentra en la ciudad de los Angeles donde los ciudadanos pueden manifestar su opinión respecto al grado de satisfacción con el alumbrado y su conservación **Bureau of Street Lighting (2000)** [20]. Sin embargo otorgarle un valor económico a opiniones de esta naturaleza presenta cierta dificultad.

Un caso particular dentro del alumbrado urbano se presenta al considerar vías donde el tránsito vehicular es importante y preponderante. En aquellos casos el alumbrado tiene una relación importante con la seguridad vial reduciendo la tasa de accidentes. Desde esta óptica el beneficio del alumbrado podría ser cuantificado en términos económicos.

En términos generales el alumbrado vial reduce la tasa de accidentes nocturnos lo cual es un claro beneficio para la sociedad. Si bien las pérdidas humanas no tienen precio las compañías de seguros deben asignarle alguno y desde una óptica más global la reducción de accidentes significa reducción de costos para toda la sociedad. Estudios al respecto han sido realizados por la Comisión Internacional de Alumbrado y publicados en **CIE Nº 93 (1992)**[21] donde el costo de inversión, explotación y mantenimiento de instalaciones de alumbrado vial es comparando con el ahorro producido por reducción de la tasa de accidentes.

Análisis de este tipo pueden ser utilizados como argumento para justificar la viabilidad de iluminar carreteras de tránsito automotor o para determinar a partir de que flujo de tránsito sería conveniente y rentable utilizar alumbrado artificial durante la noche en carreteras. El ahorro producido por reducción de la tasa de accidentes es el principal beneficio que puede ser expresado en dinero.

Otros beneficios, posibles de valorar en términos monetarios son el de reducción del tiempo de desplazamiento (debido a una mayor velocidad de circulación) y el de reducción de los gastos de mantenimiento del vehículo debido a una marcha más regular del vehículo. Beneficios como el incremento en la sensación de confort al conducir durante la noche son difícilmente cuantificables. Como consecuencias negativas de la presencia de instalaciones de alumbrado que afectarían al beneficio serían las posibles colisiones con columnas de alumbrado.

El beneficio es comparado con los costos directos del proyecto: inversión, explotación y mantenimiento de instalaciones de alumbrado vial.

El principio del análisis se indica en la figura 2.4-1. Los costos de inversión (I) deben ser pagados durante un periodo corto de tiempo mientras que los de mantenimiento (M) y energía (E) deben ser pagados durante la vida de la instalación. Los beneficios (B) también serán recibidos por los usuarios durante la vida de la instalación. Para poder comparar costos y beneficios que ocurren en distintos periodos es necesario hacer una equivalencia en el tiempo y convertir, por ejemplo, todos los costos a valores presentes.

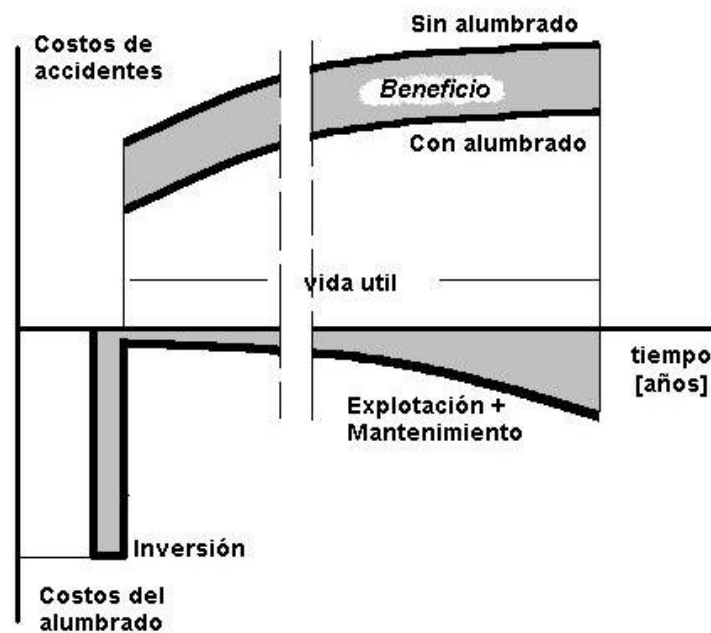


Fig. 2.4-1: Análisis de la relación costo-beneficio en alumbrado vial

Análisis de este tipo pueden ser utilizados para determinar cual sería el volumen de tráfico mínimo para justificar el alumbrado desde el punto de vista puramente económico. En este caso la relación costo-beneficio CB debe fijarse para valores mayores o iguales a 1 (ecuación 2.4-3) y el Beneficio neto equivalente deberá ser reemplazado por la ecuación 2.4-4.

$$CB = \frac{\text{Beneficios}_{\text{netos}_{\text{equivalentes}}}}{\text{Costos}_{\text{netos}_{\text{equivalentes}}}} \geq 1 \quad 2.4-3$$

$$B = 365 \cdot TDMA \cdot V_N \cdot R \cdot K \cdot C_{acc}. \quad 2.4-4$$

donde:

$TDMA$: tráfico diario medio anual (AADT anual average daily traffic)

V_N : fracción de tráfico durante la noche

R : tasa de accidentes nocturnos /km/año

K : proporción de reducción en accidentes esperada después de iluminar

C_{acc} : costo por accidente que dependerá de la severidad del mismo

Los resultados obtenidos de estos cálculos dependerán de las condiciones específicas del país o región donde la instalación se sitúe. Los costos de instalación, energía, mantenimiento, accidentes etc., la tasa de interés y los datos para aplicar 2.4-2 deben ser cifras características del país o región. En consecuencia no es posible dar resultados universales.

Valores de $TDMA$ han sido calculados por **Schreuder (1995)** [22] y **Schreuder (1998)** [23] para un $C_{acc}=14.202$ los que se indican en tabla 2.4-1.

Tabla 2.4-1: Trafico medio diario anual para justificar el alumbrado de una autopista en función al ahorro por reducción de accidentes

Tipo de vía	Carriles	Geometría	L_{med} cd/m ²	C_T €	TDMA
Autopista	2x3	Catenaria	1,5	24.195	44.033
Autopista	2x3	Unilateral	1,5	11.430	20.801

Utilizar la relación ahorro por reducción de accidentes respecto de los costos de implantación, explotación y mantenimiento del alumbrado, como criterio para determinar condiciones óptimas de iluminación y correlacionar esto con parámetros luminotécnicos presenta gran dificultad debido a la baja correlación observada. Al respecto, resultados de los trabajos de **Hargroves** y **Scott (1979)** [24] se indican en la figura 2.4-2 donde la relación entre accidentes nocturnos respecto a la de diurnos se ha expresado en función de un parámetro de diseño para alumbrado vial, la luminancia media de la calzada.

La luminancia esta asociada a la claridad de la superficie de la calzada iluminada la cual afecta el estado de adaptación del sistema visual lo que determina la facilidad de ver objetos. El mejor ajuste de los datos en figura 2.4-2 tiene una baja correlación manifiesta además por la dispersión de la nube de puntos. Esto se debe a la gran variabilidad existente para predecir la tasa de accidentes.

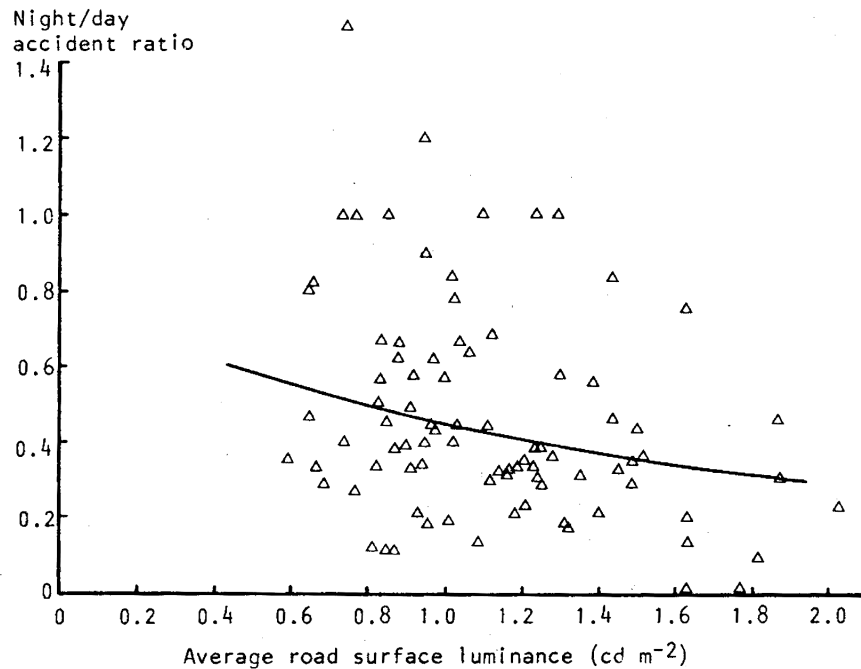


Figura 2.4-2: Datos estadísticos de accidentes nocturnos respecto a la de diurnos en función de la luminancia media sobre la calzada [6]

Debido a que los accidentes son raros eventos que ocurren al azar y dado que son efectos de causas complejas, la correlación con parámetros del alumbrado es aún un tema en discusión [25].

Otros trabajos relacionan los beneficios de una mayor visibilidad para realizar tareas en interiores con un beneficio económico [26]

Otra propuesta realizada por **San Martín (1993,1997)** [27], [28] agrupa aspectos de valoración del nivel de servicio y costos producidos por las instalaciones de alumbrado. El procedimiento propuesto permitiría cuantificar el servicio y analizar su evolución. Los costos considerados son los costos de capital, consumo y mantenimiento. Por otra parte el nivel de servicio se cuantifica en base dos componentes: uno denominado KLH y otro componente que considera la apreciación de factores cualitativos indicados anteriormente [5]. El componente KLH es el producto de dos factores, el flujo luminoso que produce la instalación de alumbrado, ponderado de acuerdo a un criterio establecido, y el tiempo de uso útil de la misma. El flujo se considera como el producto de la iluminancia media en servicio (incluida la depreciación) y el área de la zona de estudio. La iluminancia se afecta por un factor de ponderación de tal modo que valores superiores al de referencia no producen un crecimiento lineal, en forma similar valores menores no producen un decrecimiento lineal, por el contrario mas atenuado. El resultado es una función de ponderación exponencial.

El tiempo de uso es considerado descontando desfases de horarios de los dispositivos de encendido y apagado y el tiempo fuera de servicio por averías de la instalación. Relacionando los costos con el calculo del KLH se tendría una indicación del costo por unidad del servicio. La aplicación del procedimiento para analizar la evolución de las instalaciones requeriría de medidas periódicas de iluminancias, porcentajes de averías y sus duraciones, desviaciones horarias de los dispositivos de control, conocimiento de las operaciones de mantenimiento y la evaluación de los parámetros de calidad. El procedimiento propuesto posee en esencia los factores que interesarían para evaluar la calidad del servicio. Si bien la métrica no ha sido desarrollada ni probada, esta propuesta es considerada como la mas indicada para evaluar el servicio del alumbrado y ha servido de base para el presente trabajo.

2.5 Costos mínimos como criterio de evaluación

En el diseño de instalaciones de alumbrado es común el empleo de criterios técnicos - económicos para seleccionar la alternativa mas conveniente. Es decir una vez establecidos y alcanzados los criterios de diseño, se selecciona aquella que conduce a mínimos costos. Una visión mas global analiza los costos mínimos considerando costos de capital, gestión, explotación y mantenimiento para distintas políticas o estrategias de mantenimiento. Una metodología de estas características es rigurosamente analizada y propuesta por **Marsden (1993,1997)** [29] [30] como criterio para el diseño.

En figura 2.5-1 se observa la gráfica los costos de operación anual en función de la frecuencia de reposición o limpieza de luminarias. El punto de inflexión corresponde al mínimo costo el cual es el criterio de selección utilizado. Considerar únicamente los costos podría no ser un buen indicador para evaluar la calidad del servicio ya que instalaciones que brindaran diferentes condiciones de alumbrado por una fiabilidad de funcionamiento menor podrían conducir a costos menores afectando la seguridad y la imagen ciudadana. En forma análoga si se establece un limite de gastos o costos para mantenimiento apropiado del alumbrado de una población esto podría suponer en principio un ahorro, sin embargo si es insuficiente el presupuesto se produciría la desatención de las instalaciones con la consiguiente depreciación de las condiciones de iluminación lo que trae aparejado además costos indirectos. Un análisis de esta problemática se realiza en un trabajo de **Manzano y San Martín (1999)** [31].

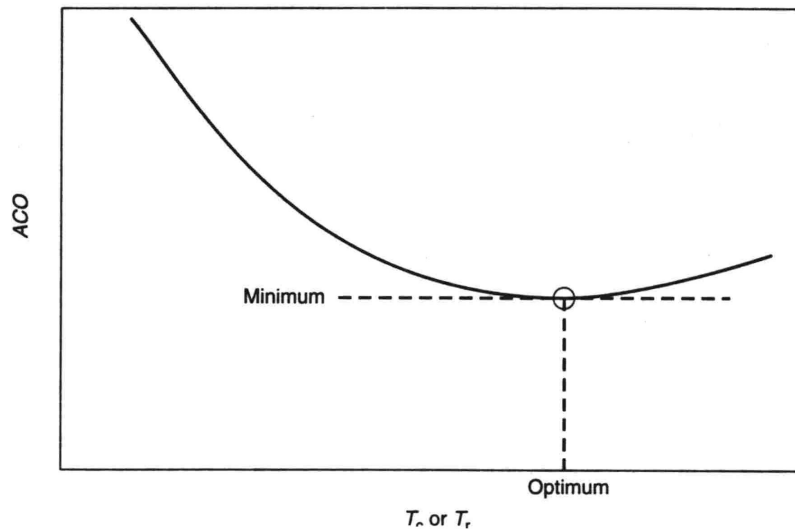


Figura 2.5-1: Costos de operación anual en función de la frecuencia de reposición o limpieza de luminarias [30]

2.6 Conclusiones

Existen una serie de propuestas descritas sobre procedimientos para evaluar instalaciones de alumbrado las que pueden ser agrupadas de acuerdo a los objetivos perseguidos:

- a) tendientes a evaluar el estado actual mediante de factores subjetivos y objetivos tales como parámetros del alumbrado [5] [10] [11],
- b) tendientes a evaluar el estado actual empleando factores subjetivos, objetivos tales como parámetros del alumbrado y aspectos operacionales [14] [15],
- c) establecer estrategias de operaciones de mantenimiento considerando costos mínimos [29],
- d) tendientes a justificar la factibilidad del alumbrado vial o un cambio significativo considerando costos y ahorros por reducción de la tasa de accidentes [21],
- e) tendientes a evaluar el estado actual y la evolución de las instalaciones agrupando factores subjetivos y objetivos tales como parámetros del alumbrado y vinculándolas con costos [27] [28].

Sobre la base de estos antecedentes estudiados, se considera que una metodología basada en una relación del tipo costos - beneficios sería la mejor propuesta para evaluar la calidad del servicio de las instalaciones de alumbrado urbano, al incorporar en un indicador los dos elementos mas importantes para valorarlas. Dicha metodología será estudiada en el presente trabajo con el objetivo de que sirva como criterio de diseño de instalaciones y/o evaluación de instalaciones existentes de alumbrado urbano, (vial, residencial etc.) valorando aspectos cualitativos pero respaldándose mas en aspectos operativos que permitan evaluar la gestión, explotación y planificar o corregir la planificación actual de operaciones de mantenimiento.

Una metodología de este tipo requiere instrumentar una métrica u algoritmo para evaluar el beneficio definido en términos de parámetros operativos para el diseño y la evaluación de instalaciones existentes estudiando con rigor los distintos factores intervinientes, su peso relativo y la forma de evaluarlos.

El empleo de la relación costos / beneficios podría tener tres objetivos que establecerían además tres niveles de aplicación y dificultad:

- a) comparar instalaciones alternativas en la etapa de proyecto o diseño
- b) evaluar rápidamente, con limitados parámetros, el estado actual de la calidad del servicio en una población comparando políticas alternativas de mantenimiento actuando como complemento de soportes informáticos de gestión
- c) evaluar con mayor precisión instalaciones determinadas actuando como complemento de soportes informáticos de gestión y sistemas "on line" de control de la explotación.

2.7 Bibliografía del capítulo

[1] **San Martín R., Manzano E.R. (1997)**

Gestión y explotación de instalaciones: aspectos a considerar en la elaboración de proyectos, Actas del XIII Congreso Nacional de Ingeniería de Proyectos, Volumen II, pág. 919 a 925. ISBN : 84-88783-30-2. Sevilla, España.

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

A study of indirect energy cost due to reduced urban lighting maintenance, Proceedings of the National Lighting Conference 1998, Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE), page 219 to 223, University of Lancaster, UK.

[3] **El País digital- Sociedad (1999)**

Fomento pagará 17,5 millones por un siniestro en una carretera en mal estado
<http://www.elpais.es/> ,Articulo Nº 985, 13/01/99

[4] **Centre d'Informaton de L'éclairage (1984)**

Eclairage public et sécurité, France

[5] **San Martín R. (1985)**

Manuales de Auditoria energética I. Enllumenat públic, Diputació de Barcelona Servei del Medi Ambient, ISBN 84-505-2352-4, Barcelona.

[6] **Boyce P.R.(1981)**

Human Factors in Lighting, London Applied Science Cop.

[7] **van Bommel, W.J.M. / de Boer J.B. (1980)**

Road Lighting, Philips Technical Library . Holland.

[8] **CIE 29.2 (1986)**

Guide for interior lighting. Commission Internacionale de L'éclairage. Publication Nº 29.2.

[9] **CIE 115 (1995)**

Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic, Commission Internacionale de L'éclairage, Publication Nº 115. ISBN 3 900 734 59 3

[10] **Sandoval J., Manzano E.R., Alvarez M. (1995)**

Considerations about colour lighting preferences in roads inside a park. Proceedings 23rd CIE Session ISBN 3 900 734 72 0, pag. 409-410.

[11] **Bean A.R., Bell R.I. (1992)**

The CSP index: A practical measure of office lighting quality as perceived by the office workers. Lighting Research and Technology 24: 215-225.

[12] **CIBSE (1994)**

Code for interior lighting. Chartered Institution of Building Service Engineers, London, UK.

[13] **Perry M.J., Mc Faden T.M., Carter D.J., Manzano E.R.(1995)**

Validation of, and Investigation of Physical Correlates with, the CSP Lighting Quality Index. Proceedings from 23rd Session CIE ISBN 3 900 734 72 0, pag. 188 a 191, New Delhi, India.

- [14] **Boyce P.R., Eklund N.H. (1993)**
Evaluating lighting quality, Proceedings of the 3rd European Conference on Energy Efficient Lighting, Arnhem.
- [15] **Boyce P.R., Eklund N.H. (1998)**
Simple tools for evaluating lighting, Proceedings CIBSE National Lighting Conference page 255-261, UK.
- [16] **IESNA(1993)**
Lighting Handbook 8th Edition. Illuminating Engineering Society of North America. New York, USA.
- [17] **Fontaine E. R. (1993)**
Evaluación Social de Proyectos, Ediciones Universidad Católica de Chile.
- [18] **IESNA DG-4 (1993)**
Design guide for road lighting maintenance, Subcommittee on Maintenance & Light sources, DG-4, USA.
- [19] **Thuesen H.G., Fabricky W.J., Thuesen G.J (1986)**
Engineering Economy 5th edition, Prentice Hall, Inc.
- [20] **Department of Public Works, Bureau of Street Lighting (2000)**
Customer satisfaction survey, <http://www.cityofla.org/BSL/custserv.htm>
- [21] **CIE 93(1992)**
Road lighting as an accident countermeasure. Commission Internationale de L'éclairage Publication N° 93.
- [22] **Schreuder D. A.. (1995)**
Cost Benefit assessment of road and street lighting
Light & Engineering vol. 3, No 2 pp 29-37
- [23] **Schreuder D. A.. (1998)**
Cost effectiveness considerations
Proceedings of the workshop on Warrants for Road Lighting, Bath, UK
- [24] **Hargroves R.A. y Scott P.P (1979)**
Measurements of road lighting and accidents, the results. Public Lighting 44,213. UK.
- [25] **Jacoby R.G., Pollard N. (1995)**
Road accident and lighting, Lighting Journal, June/July 1995, Rugby, UK.
- [26] **Tiller, Dale K., M. J. Oullette, and I. C. Pasini (1991)**
A Method for Predicting the Economic Consequences of Changes in Visibility.
Proceedings 22nd Session, CIE, Melbourne.
- [27] **San Martín R. (1993)**
Optimising the management and maintenance of the installations of public lighting
Proceeding from the VIIth European Lighting Conference, Lux Europe, Edinburgh.

[28] **Col·legi Oficial d'Enginyers Industrials de Catalunya (1997)**

Recomanacions per a la redacció de projectes d'enllumenat públic, ISBN: 84-88167-40-7. Barcelona, España.

[29] **Marsden A.M. (1993)**

The economics of lighting maintenance, *Lighting Research & Technology*, **25**, pag.:125-112. UK.

[30] **Coaton J.R., Marsden A.M. (1997)**

Lamps and Lighting 4th edition, London Arnold Cop.

[31] **Manzano E.R., San Martín R. (1999)**

Procedure for continue urban lighting management evaluation. Proceeding 24th Session de la CIE, (Commission Internationale de Léclairage) , Varsovia, Polonia.

