

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA: ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, MECÁNICA
Y MINAS**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**“MEJORAMIENTO DE LA GESTION DEL
SERVICIO DE ALUMBRADO PUBLICO EN LA
CIUDAD DEL CUSCO”**

**ASESOR:
ING.: RONALD DUEÑAS PONCE DE LEON**

**RESPONSABLES:
BR.: MANUEL ARTURO AVALOS MARMANILLO
BR.: WALTER JULIO VARGAS VALENCIA**

“Tesis Para Optar Al Título Profesional De Ingeniero Electricista”

CUSCO - 2012



**U
Z
A
R
G
O**

**“La perseverancia es el
camino al éxito”**

**A DIOS, Nuestra fuente inagotable
de vida.**

**A nuestras familias, nuestros
más preciados tesoros.**



**BR.: MANUEL ARTURO AVALOS MARMANILLO
BR.: WALTER JULIO VARGAS VALENCIA**

PRESENTACION

El propósito principal del alumbrado público es de proveer durante la noche un entorno luminoso que produzca las condiciones visuales apropiadas para el desplazamiento seguro de vehículos y peatones, o generar un ambiente de orden y protección ciudadana o 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 las empresas concesionarias de electricidad.

Los sistemas de alumbrado público, 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 más 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, 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.

En caso de no existir un control y mantenimiento adecuados es muy factible incurrir en costos indirectos adicionales. Los costos indirectos 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 perdidas, originan aumentos de los costos del alumbrado público.

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 la ciudad u organismo responsable.



U
N
S
A
A
C



BR.: MANUEL ARTURO AVALOS MARMANILLO
BR.: WALTER JULIO VARGAS VALENCIA

INDICE

Pag.

CAPITULO I**Introducción**

1.1 PROBLEMÁTICA ANALIZADA	1
1.1.1 Formulación del Problema	1
1.1.2 Planteamiento del Problema	4
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.4 HIPOTESIS	5
1.5 VARIABLES E INDICADORES	6
1.5.1 Variables Independientes	6
1.5.2 Variables dependientes	6
1.5.3 Variables Intervinientes	6
1.6 METODOLOGIA	6
1.6.1 Estudio de la situación actual y sus consecuencias	7
1.6.2 Análisis de factores relacionados con el comportamiento en servicio	8
1.7 LIMITACIONES DEL ESTUDIO	8
1.8 MATRIZ DE CONSISTENCIAS	8

CAPITULO II**Bases Teóricas**

2.1 MARCO CONTEXTUAL	9
2.2 MARCO REFERENCIAL	10
2.3 MARCO LEGAL	11
2.4 MARCO TEORICO	12
2.4.1 Luminotecnia	12
2.4.1.1 La Visión	12
2.4.1.2 La Luz	13
2.4.1.3 Fotometría	17
2.4.2 Alumbrado de Vías Publicas	24
2.4.2.1 Iluminancia	25
2.4.2.2 Luminancia	26


**U
Z
A
R
G
A
C**


2.4.2.3 Disposición de Luminarias	27
2.4.2.4 Niveles de Iluminación Recomendados	31
2.4.3 Lámparas y Luminarias	33
2.4.3.1 Lámparas de Descarga	33
2.4.3.2 Luminarias	42
2.4.4 Criterios de Calidad	45
2.4.4.1 Coeficiente de uniformidad	45
2.4.4.2 Deslumbramiento	45
2.4.4.3 Coeficiente de Iluminación en los Alrededores	47
2.5 GESTION	47
2.5.1 Calidad	48
2.5.1.1 Dimensiones de la Calidad	49
2.5.2 El Proceso de Gestión más Calidad	50
2.5.2.1 Planificar	50
2.5.2.2 Organizar	51
2.5.2.3 Liderar	52
2.5.2.4 Controlar	52
2.5.3 Capacidades Propias de la Gestión	53
2.5.3.1 Capacidades Técnicas	53
2.5.3.2 Capacidades Analíticas	53
2.5.3.3 Capacidades para la toma de Decisiones	53
2.5.3.4 Capacidades Informáticas	54
2.5.3.5 Capacidades para tratar con personas	54
2.5.3.6 Capacidades Conceptuales	54
2.6 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS	54
CAPITULO III	
Situación Actual de las Instalaciones de Alumbrado Publico	
3.1 EVALUACION DE LA GESTION, EXPLOTACION Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PUBLICO	56
3.2 RECOPLILACION Y PROCESAMIENTO DE DATOS	57
3.2.1 Muestra de las Instalaciones	57
3.2.1.1 Número de Unidades de AP y Clasificación de Lámparas	57
3.2.1.2 Numero de Subestaciones	59
3.2.1.3 Potencia Instalada	60
3.2.1.4 Antigüedad y Estado de las Instalaciones	61



3.2.2	Gestión y Explotación	61
3.2.2.1	Presupuesto y Gasto de AP	61
3.2.2.2	Consumo Anual	63
3.2.2.3	Costo del Consumo Anual	63
3.2.2.4	Averías y Duración	64
3.2.3	Políticas de Mantenimiento	64
3.2.3.1	Operaciones Preventivas	66
3.2.3.2	Operaciones Correctivas	67
3.2.3.3	Porcentaje de Fallas en Lámparas y Equipos Auxiliares	71
3.3	EVALUACION DE ASPECTOS ENERGÉTICOS Y NORMATIVOS DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PUBLICO RELACIONADOS CON LA GESTIÓN, EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO	72
3.3.1	Aumento en el Consumo	72
3.3.2	Régimen de Tarifas de Energía	73
3.3.3	Facturación por el Servicio de Alumbrado Publico	75
3.3.4	Calidad de Alumbrado Publico	76
3.3.4.1	Indicador de Calidad	76
3.3.4.2	Tolerancias	76
3.3.5	Calidad de Producto	77
3.3.5.1	Indicador de Calidad	77
3.4	EVALUACION DEL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO	77
3.4.1	Depreciación	77
3.4.2	Causas de Averías	79
CAPITULO IV		
Características de las Instalaciones de Alumbrado Publico		
4.1	SUPERVIVENCIA DE COMPONENTES	81
4.1.1	Supervivencia de Lámparas	81
4.1.1.1	Causa Frecuentes de Fallas en Lámparas de Descarga	81
4.1.1.2	Modelos de Comportamiento de Fallas en Lámparas de Descarga	84
4.1.1.3	Datos de Fabricantes de Lámparas de Descarga	87
4.2	DEPRECIACION DEL FLUJO LUMINOSO	91
4.2.1	Causas	91
4.2.2	Datos de fabricante y Modelos de Ajuste	92
4.2.3	Factor de Balasto	94
4.3	DEPRECIACION POR POLUCION Y ENVEJECIMINETO	95



4.3.1	Modelos de Depreciación de Luminarias	95
4.3.2	Efecto de la Polución sobre la Distribución de Intensidades Luminosas	104
4.3.3	Influencia de la Variación de las Características de Reflexión de la Calzada	104
4.4	FACTOR DE MANTENIMIENTO	105
4.4.1	Medición del Factor de Mantenimiento	107
4.4.1.1	Medición en Laboratorio	107
4.4.1.2	Medición a partir de Iluminancia Media	109
4.4.1.3	Medición a partir de una Medición Única	109
 CAPITULO V		
Estudio de la Metodología		
5.1	VALORACION DEL BENEFICIO	111
5.1.1	Nivel de Alumbrado	113
5.1.1.1	Factor de Iluminancia para zonas con áreas y niveles distintos	117
5.1.1.2	Factor de Iluminancia con reguladores de potencia	118
5.1.2	Tiempo de Servicio de la Instalación	119
5.1.3	Frecuencia de Duración de Fallas	122
5.1.4	Apariencia de la Instalación	124
5.2	VALORACION DE COSTOS	126
5.2.1	Costos de Instalación	127
5.2.1.1	Costos de renovación de las instalaciones	127
5.2.2	Costos de Mantenimiento	128
5.2.2.1	Reemplazo Programado y Masivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias	130
5.2.2.2	Reemplazo Correctivo y Programado de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias	131
5.2.2.3	Reemplazo Correctivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias	133
5.2.2.4	Reemplazo Correctivo de Lámparas con Limpieza Simultanea de Luminarias	135
5.2.3	Costo de Eliminación y Reciclaje	135
5.2.4	Análisis del Ciclo de Vida	138
5.2.4.1	Valor presente	139
5.2.4.2	Cantidad equivalente anual	141
5.3	CONTROL DE BASE DE DATOS	142
5.3.1	Inventario Grafico sobre Herramientas GIS	142



5.3.2	Gestión de los Procesos de Mantenimiento	143
5.3.3	Diagrama de Actualización de Base de Datos	145

CAPITULO VI

Aplicación de la Metodología

6.1	ESTIMACION DEL BENEFICIO	148
6.1.1	Niveles de Alumbrado	148
6.1.1.1	Tipos de alumbrado y estándares de calidad	148
6.1.1.2	Niveles de iluminación de las instalaciones de AP	149
6.1.1.3	Comparación de resultados	150
6.1.1.4	Factor de iluminancia	150
6.1.2	Tiempo de Servicio de las Instalaciones de Alumbrado Publico	152
6.1.3	Frecuencia y Duración de Fallas	153
6.1.4	Apariencia de la Instalación	154
6.1.5	Calculo del Beneficio	155
6.2	BENEFICIO DE LAS POLITICAS DE MANTENIMIENTO	156
6.2.1	Reemplazo Programado y Masivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias	157
6.2.2	Reemplazo Correctivo y Programado de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias	158
6.2.3	Reemplazo Correctivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias	160
6.2.4	Reemplazo Correctivo de Lámparas con Limpieza Simultanea de Luminarias	162
6.3	ESTIMACION DEL COSTO	164
6.2.5	Costo de Instalación	164
6.2.6	Costo de renovación	166
6.2.7	Costo de Mantenimiento	167
6.3.3.1	Reemplazo Programado y Masivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias	167
6.3.3.2	Reemplazo Correctivo y Programado de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias	168
6.3.3.3	Reemplazo Correctivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias	169
6.3.3.4	Reemplazo Correctivo de Lámparas con Limpieza Simultanea de Luminarias	170
6.3.4	Costo Anual Equivalente	171
6.3.5	Calculo de la Relación B/C en términos geométricos	172
6.3.6	Aplicación de la Política de Mantenimiento Reemplazo Correctivo y	173



Programado Masivo de Lámparas y Limpieza Masiva de Luminarias.

6.3.6.1 Análisis del Tiempo de Ejecución 174

6.3.6.2 Estimación de ejecución por sectores 176

Conclusiones y Recomendaciones

1. Conclusiones 177

2. Recomendaciones 180

BIBLIOGRAFIA

ANEXO I

ANEXO II

ANEXO III

ANEXO IV



U
Z
S
A
A
C



MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN DEL SERVICIO
DE ALUMBRADO PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO



U
S
A
A
C

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN



BR.: MANUEL ARTURO AVALOS MARMANILLO
BR.: WALTER JULIO VARGAS VALENCIA

1.1 PROBLEMÁTICA ANALIZADA

1.1.1 Formulación del Problema

Todas las empresas eléctricas de distribución en el mundo tienen políticas de gestión para el servicio de alumbrado público, para lo cual es importante tener un estudio con un análisis en el ahorro de la energía eléctrica, además de ser preocupación para dichas empresas temas como el ahorro de la energía eléctrica, las pérdidas técnicas, la eficiencia en la prestación de servicio, además de otros temas que tienen que ver inclusive con la preservación del medio ambiente, es necesario que dichas empresas de distribución, tomen en cuenta todos estos aspectos, y poder tomar acciones para reducir considerablemente los gastos de mantenimiento y operación, que en algunos casos no va acorde con la facturación, para mejorar el tiempo y la calidad del servicio.

En la ciudad del Cusco se tiene a la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A. ELSE, que no escapa a estos problemas por ello en el presente trabajo se plantea la problemática a resolver, **“Deficiencias en la aplicación de políticas de gestión del alumbrado público en la ciudad del Cusco”**, para esto es necesario la aplicación de normas en el sector como por ejemplo la “Norma Técnica de Calidad de Alumbrado Público en zonas de Concesión de Distribución”.

Realizando un análisis general del estado de la gestión del alumbrado público vemos lo sgte:

- La empresa concesionaria no cuenta con una información exacta, real de sus instalaciones y sus componentes (luminarias, lámparas, equipos de mando, etc.) en lo referente a tipo, tiempo de instalación, tiempos de vida, ni dispone de una base de datos actualizada, lo que trae como consecuencia el peligro de caer en una mala gestión en lo referente al mantenimiento de sus instalaciones.



- Deficiente aplicación del mantenimiento preventivo y correctivo adecuado a las instalaciones de alumbrado público, lo que se ve reflejado en zonas donde las instalaciones de alumbrado no brindan el servicio al cual está dirigido.
- Inapropiado manejo en el control en las etapas de diseño y ejecución, proyectadas en alumbrado público.
- Deficiencia en la calidad de la prestación del servicio de alumbrado público en la ciudad del Cusco como consecuencia de una inadecuada gestión de alumbrado público.

Las consecuencias de estas deficiencias son:

- Condiciones de servicio inferiores a las exigidas por tanto generan una problemática en la seguridad vial y ciudadana (falta iluminación como consecuencia de luminarias fuera de servicio, mala iluminación como consecuencia de luminarias que trabaja con menor eficiencia, o sus difusores sucios producto de la polución, etc.).
- Desaprovechamiento de los recursos invertidos al operar con menor eficiencia y menor durabilidad.
- Incremento del consumo energético, lo que se traduce en mayores costos derivados directos e indirectos sin contrapartida de servicio, (Depreciación de lámparas por envejecimiento, supervivencia de lámparas, efecto del voltaje y los ciclos de encendido, Depreciación de luminarias, efectos de la polución y relación con el grado de protección mecánico. Supervivencia de componentes, comparación con datos existentes y datos de fabricantes)

En la figura 1-1, se observa el marco de la problemática a estudiar, las instalaciones de alumbrado, necesitan para su funcionamiento, por una parte energía eléctrica para generar un beneficio que se transforme en seguridad, ambientación, confort y bienestar general, como todo sistema para su funcionamiento requiere de una gestión y conservación adecuadas.





Fig. 1-1: Esquema de la problemática del alumbrado público.
Fuente Elaboración propia

Los efectos del tiempo, la polución, alteraciones en la calidad del suministro de energía, alteran las condiciones de funcionamiento depreciando la instalación y generando sobre consumos, como se puede apreciar en la figura 1-2, además a estos se agregan los fallos que ocurren por la naturaleza de sus componentes, la suma de estos factores reduce el beneficio.



Fig. 1-2: Esquema de la problemática de las instalaciones de alumbrado público considerando la evaluación y actuación posible.
Fuente Elaboración propia





1.1.2 Planteamiento del Problema

“Deficiencias en la aplicación de políticas de gestión del alumbrado público en la ciudad del Cusco”.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

“Optimizar el mantenimiento del servicio de alumbrado público de la concesionaria en la ciudad del Cusco, desarrollando una metodología de gestión que permita evaluar técnica y económicamente la calidad de servicio”.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Diagnosticar y proponer una alternativa de control de base de datos, de las instalaciones de alumbrado público y sus componentes, con relación al servicio que producen bajo condiciones reales.
- b) Evaluar mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público que se lleva a cabo en el parque de alumbrado público de la ciudad del Cusco.
- c) Proponer una metodología de evaluación de la calidad del servicio de alumbrado público.

1.3 Justificación del Problema

La optimización del sistema de mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público, es una necesidad muy urgente, puesto que la vida útil de dichas instalaciones van en deterioro por cuestiones de tiempo, la polución; que son factores inherentes al medio donde operan, además de que la inversión realizada en dichas instalaciones en contraste con el servicio que cumplen no van acorde, lo que hace necesario el análisis en su concepción de cómo se está realizando el mantenimiento, y cuál es el tratamiento que le da la empresa concesionaria en aras de mejorar su funcionalidad y mantener los estándares de calidad de servicio, por





lo que se requiere de manera urgente tratar de desarrollar métodos y herramientas, a fin de hacer el servicio de alumbrado público más eficiente a través de una adecuada gestión de explotación.

Se debe tener en cuenta que la gestión de alumbrado público, al igual que ocurre con otros servicios, requiere una atención continua para mantener la máxima eficiencia a lo largo de su ciclo de vida, y adaptar sus características a la evolución de las condiciones de servicio que determinan su comportamiento y a los objetivos que están orientados, que se ven reflejadas en su funcionalidad, que es generar un ambiente ameno con sensación de bienestar general.

1.4 HIPÓTESIS

Una buena gestión del mantenimiento de alumbrado público permite mejorar el servicio. Al desarrollar el estudio analizaremos la política de mantenimiento aplicada actualmente, con el fin de optimizar la gestión del alumbrado público; con la aplicación de la metodología, lograremos demostrar que la política más adecuada es la de realizar un reemplazo masivo de lámparas, seguido de la limpieza masiva de luminarias y adicionalmente realizar el reemplazo correctivo; con esto se podrá realizar un control adecuado de las instalaciones del parque de alumbrado público de la ciudad del Cusco, partiendo de:

- Establecer o desarrollar una única base de datos donde se pueda almacenar las distintas actividades de mantenimiento, fechas de intervención, archivos gráficos, entre otros.
- Aplicar de manera eficiente políticas de mantenimiento, que se ajusten a los parámetros provistos en la normatividad vigente con el fin de brindar seguridad, confort y satisfacción a la sociedad.
- Evaluar las instalaciones de alumbrado público, con el fin de determinar las principales causas de fallas y la frecuencia de las mismas para optimizar la gestión de su mantenimiento.





1.5 VARIABLES E INDICADORES

1.5.1 Variables Independientes

- Mantenimiento del alumbrado público – empresa ELSE S.A.A.

1.5.2 Variables Dependientes

- Eficiencia y calidad del servicio de alumbrado público.

1.5.3 Variables Intervinientes

- Normalización del sistema de alumbrado público.
- Evaluación del sistema de alumbrado público.
- Calidad del servicio de alumbrado público.
- Análisis beneficio/costo.

1.6 METODOLOGIA

Para conocer la realidad de las situaciones estudiadas, se considera que se deben utilizar los datos de la investigación de campo, la cual permite estudiar las condiciones naturales, en las cuales se realiza los procesos, basada en una recopilación de la información pertinente, obtenida directamente de la base de datos de la empresa concesionaria.

Sin embargo, tomando en cuenta que se requiere profundizar en los diferentes aspectos que caracterizan el control y mejoramiento de la gestión del alumbrado público objeto del estudio, en función de verificar cómo se viene desarrollando, para comparar su ejecución real con el ideal planteado en el presente trabajo que soportan esta investigación, se considera que se requiere de una investigación de carácter descriptivo, pues se requiere conocer todos estos aspectos en función de diagnosticar en realidad como se desarrolla estos procesos en el desarrollo de la gestión de alumbrado público por la empresa concesionaria en la ciudad del Cusco.





Resumiendo, se puede afirmar que el presente trabajo se realiza siguiendo los postulados de un diseño no experimental, de campo y a nivel descriptivo, del cual se aspira a tener todas las informaciones pertinentes que faciliten la presentación de conclusiones y recomendaciones, de las cuales se puedan tomar los insumos necesarios para elaborar una propuesta que intenta ser una aproximación a una correcta gestión, que permita lograr una optimización de la administración del proceso de gestión, en el contexto estudiado, que es la empresa concesionaria, para lo cual se plantea seguir los siguientes pasos:

1.6.1 Estudio de la Situación actual y sus Consecuencias

Con el fin de evaluar el estado de la gestión de la explotación y su relación sobre las condiciones de servicio de las instalaciones de alumbrado público, se debe realizar un estudio de la situación actual, para lo cual se propone los siguientes pasos:

- Recopilación y análisis de datos de la gestión del alumbrado público para determinar las características de las instalaciones (tipo de lámparas, luminarias, antigüedad, número), políticas de mantenimiento, presupuestos, etc.
- Evaluación del estado de funcionamiento de las instalaciones mediante inspección y medición de parámetros de interés en instalaciones de alumbrado.
- Análisis de la base de datos de registros históricos de operaciones de mantenimiento de la empresa de distribución.
- Pruebas de campo, Inspecciones planeadas, y datos obtenidos de la base de datos.
- Datos estadísticos, procesamiento de datos, en lo referente a la aplicación de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, tomando como referencia la Norma de Alumbrado Público.
- Datos estadísticos de los resultados obtenidos por ELSE, en la aplicación del procedimiento N° 078-2007-OS/CD, en lo referente a la fiscalización de deficiencias y reclamos al servicio de alumbrado público.



- Con la ayuda de software de diseño de alumbrado público, determinar y establecer cuáles son las instalaciones adaptadas y eficientes para cada tipo de vía y su tipo de alumbrado correspondiente.

1.6.2 Análisis de factores relacionados con el comportamiento en servicio, fenómenos y parámetros a estudiar, vinculados con el comportamiento de las instalaciones durante el servicio

- Depreciación de lámparas por envejecimiento, supervivencia de lámparas, efecto de voltaje y los ciclos de encendido.
- Depreciación de luminarias, efectos de la polución y relación con el grado de protección mecánico. Formas de medición de la depreciación.
- Supervivencia de equipos auxiliares, comparación con datos existentes y datos de fabricantes.
- Costos de explotación del alumbrado público, modelos teóricos para distintas políticas de gestión.
- El alumbrado como beneficio social, parámetros a considerar, niveles de alumbrado, tasa de averías, duración, cuantificación del beneficio, etc.

1.7 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

- Limitado acceso a la información proporcionada por la empresa concesionaria para realizar los cálculos justificativos.
- Datos desactualizados dentro del SIELSE y la base de datos del GIS lo que conlleva a realizar un análisis más exacto.
- Celo empresarial en cuanto a la información de políticas de mantenimiento aplicadas por la empresa concesionaria, esto para realizar una comparación de las actividades realizadas de alumbrado público con sus políticas.



MATRIZ DE CONSISTENCIAS DEL PROYECTO DE INVESTIGACION "MEJORAMIENTO DE LA GESTION DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO EN LA CIUDAD DEL CUSCO"

EL Problema	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES																																			
<p>"Deficiencias en la aplicación de políticas de gestión del alumbrado público en la ciudad del Cusco".</p>	<p>Objetivo General</p> <p>"Optimizar el mantenimiento del servicio de alumbrado público de la concesionaria en la ciudad del Cusco, desarrollando una metodología de gestión que permita evaluar técnica y económicamente la calidad de servicio".</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>A. Diagnosticar y proponer una alternativa de control de base de datos, de las instalaciones de alumbrado público y sus componentes, con relación al servicio que producen bajo condiciones reales.</p> <p>B. Evaluar mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público que se lleva a cabo en el parque de alumbrado público de la ciudad del Cusco.</p> <p>C. Proponer una metodología de evaluación de la calidad del servicio de alumbrado público.</p>	<p>Una buena gestión de servicio de alumbrado público permite mejorar el servicio. Al desarrollar el estudio se optimiza la gestión con la aplicación de la metodología, realizando un control adecuado de las instalaciones del parque de alumbrado público de la ciudad del Cusco, partiendo de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Establecer o desarrollar una única base de datos donde se pueda almacenar las distintas actividades de mantenimiento, fechas de intervención, archivos gráficos, entre otros. - Aplicar de manera eficiente políticas de mantenimiento, que se ajusten a los parámetros provistos en la normatividad vigente con el fin de brindar seguridad, confort y satisfacción a la sociedad. - Evaluar las instalaciones de alumbrado público, con el fin de determinar las principales causas de fallas y la frecuencia de las mismas para optimizar la gestión de su mantenimiento. 	<p>1. VARIABLES INDEPENDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mantenimiento del alumbrado público - empresa ELSE SAA <p>2. VARIABLES DEPENDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Eficiencia y calidad del servicio de alumbrado público <p>3. VARIABLES INTERVINIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Normalización del sistema de alumbrado público. ✓ Evaluación del sistema de alumbrado público. ✓ Calidad del servicio de alumbrado público. ✓ Análisis beneficio/costo. 	<p>1. CONCLUSIONES</p> <p>1.1 En la aplicación de la metodología, al analizar los resultados vemos que la política de mantenimiento representada por Reemplazo Correctivo y Programado de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias (SM+LM+SC), es la más apropiada para su implementación y puesta en operación por la empresa concesionaria ELSE y se realizará cada 03 años, tal como se indica en el capítulo VI.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>POLITICAS DE MANTENIMIENTO</th> <th>BENEFICIO</th> <th>C_r</th> <th>C_d/B</th> <th>(C_d/NPL)/B</th> <th>(C_r/m²)/B</th> <th>(C_r/m²*lx)/B %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SM+LM</td> <td>0.94</td> <td>226,464.87</td> <td>240,920.07</td> <td>9.35</td> <td>0.037</td> <td>0.415</td> </tr> <tr> <td>SM+LM+SC</td> <td>0.92</td> <td>241,439.83</td> <td>262,434.60</td> <td>10.18</td> <td>0.041</td> <td>0.452</td> </tr> <tr> <td>SC+LM</td> <td>0.56</td> <td>83,296.27</td> <td>148,743.34</td> <td>5.77</td> <td>0.023</td> <td>0.256</td> </tr> <tr> <td>SC+LS</td> <td>0.22</td> <td>51,098.93</td> <td>232,267.86</td> <td>9.01</td> <td>0.036</td> <td>0.400</td> </tr> </tbody> </table> <p>1.2 Al realizar la interacción de ambas bases de datos (GIS y SIELSE), que maneja la empresa concesionaria mejorara su funcionalidad, pues además de almacenar datos (especificaciones técnicas de equipos, registro de operaciones, etc.), esta detecta, muestra y alerta las posibles fallas constantes que se podrían estar dando en los diferentes puntos o circuitos de alumbrado público, para así tener un mejor manejo en la implementación y aplicación de políticas de mantenimiento.</p> <p>1.3 En cuanto a políticas de mantenimiento se aprecia que solo el 5.0% de actividades realizadas corresponden a una política de mantenimiento preventivo y el restante a mantenimiento correctivo; esos porcentajes nos hace suponer que no cuentan con una gestión apropiada de explotación del recurso. Del análisis de actividades de mantenimiento correctivo el 66.0% corresponde a cambios de lámpara, el cual se incrementa con paso del tiempo, y el 9.0% a cambios de equipo auxiliar. Se pudo apreciar que la disminución de la eficiencia de las lámparas se debe a la depreciación y la polucionen ese sentido se debe adoptar una política de mantenimiento optima de acuerdo al tipo de instalaciones. El factor de mantenimiento es un parámetro trascendental en el momento del diseño, pues depende de este la programación de las actividades de mantenimiento a realizar y la frecuencia de estas.</p> <p>1.4 Se evaluó el beneficio como criterio de calidad, el cual fue calculado en función de los factores de peso como: iluminancia, tiempo de operación, apariencia de las instalaciones y porcentaje de averías permanentes; cuyo valor es nulo (0); eso nos indica que las políticas adoptadas no son las adecuadas, y que es muy necesario adoptar una con mucha urgencia.</p> <p>2. RECOMENDACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar la actualización de la base de datos del GIS, tanto de equipos existente como ampliaciones de alumbrado público, para poder realizar una mejor evaluación del parque de alumbrado de la ciudad. - Realizar la renovación de equipos en general de aquellos puntos que se encuentran en estado deficiente. - Realizar un mejor control de las lecturas de los medidores de alumbrado para realizar un adecuado manejo de la eficiencia energética cuyo crecimiento debería ser lineal. - Tomar en cuenta los factores de mantenimiento utilizados en los cálculos luminotécnicos que se realizan en la etapa de diseño para programar su mantenimiento. - Optar por una política de gestión adecuada para reducir los costos operativos y costos indirectos, del mismo modo para reducir el porcentaje de averías permanentes y así tener un beneficio que se pueda cuantificar. - Implementar las políticas de mantenimiento con guías ya sea de eficiencia, gestión, técnicas y de mantenimiento. - Elaborar manuales y capacitar al personal sobre temas de inspección de equipos y como se realiza un mantenimiento correcto. 	POLITICAS DE MANTENIMIENTO	BENEFICIO	C _r	C _d /B	(C _d /NPL)/B	(C _r /m ²)/B	(C _r /m ² *lx)/B %	SM+LM	0.94	226,464.87	240,920.07	9.35	0.037	0.415	SM+LM+SC	0.92	241,439.83	262,434.60	10.18	0.041	0.452	SC+LM	0.56	83,296.27	148,743.34	5.77	0.023	0.256	SC+LS	0.22	51,098.93	232,267.86	9.01	0.036	0.400
POLITICAS DE MANTENIMIENTO	BENEFICIO	C _r	C _d /B	(C _d /NPL)/B	(C _r /m ²)/B	(C _r /m ² *lx)/B %																																	
SM+LM	0.94	226,464.87	240,920.07	9.35	0.037	0.415																																	
SM+LM+SC	0.92	241,439.83	262,434.60	10.18	0.041	0.452																																	
SC+LM	0.56	83,296.27	148,743.34	5.77	0.023	0.256																																	
SC+LS	0.22	51,098.93	232,267.86	9.01	0.036	0.400																																	

CAPÍTULO II

BASES TEÓRICAS

M
S
A
A
C



BR.: MANUEL ARTURO AVALOS MARMANILLO
BR.: WALTER JULIO VARGAS VALENCIA

2.1 MARCO CONTEXTUAL

El propósito principal del alumbrado público es de proveer durante la noche un entorno luminoso que produzca las condiciones visuales apropiadas para el desplazamiento seguro de vehículos y peatones, crear un ambiente ameno y sensación de bienestar general; estas condiciones pueden considerarse además como los beneficios del alumbrado público.

Los sistemas de alumbrado público, 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 más 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.

En caso de no existir un control y mantenimiento adecuados es muy factible incurrir en costos indirectos adicionales así también en penalidades por parte del ente supervisor.

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 organismo responsable.



2.2 MARCO REFERENCIAL

- *Metodología para la formulación de proyectos de alumbrado público, Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela, Autor Leila Mady Tejeiro. (2005):* Desarrolla métodos para lograr un mayor grado de sistematización, eficacia, eficiencia y calidad en la gestión de a nivel de proyectos en alumbrado público.
- *Guía de la gestión energética en el alumbrado público, Madrid 2006:* Desarrolla temas de tecnologías actuales en alumbrado público y las potencialidades en ahorro energético, buscando conseguir el grado de eficiencia óptima equilibrando el consumo i el confort en la proporción adecuada, se toman temas como:
 - Medidas para la eficiencia energética en alumbrado público.
 - Ahorro energético en las instalaciones de alumbrado público.
 - Mecanismos de ahorro y eficiencia.
 - Gestión energética de instalaciones.
- *Gestión de alumbrado público con Software libre, Universidad nacional Autónoma de México, Manuel Revade García:* Desarrolla temas como el manejo de sistema de base de datos capaz de emitir reportes del estado de operación y ordenes de trabajo.
- *Ahorro energético en la gestión y explotación de alumbrado público, IV jornada abulenses de energías renovables 2005:* Se tocan temas acerca de ahorro en gestión (Tarifas contratadas, Discriminación horarias, Potencia contratada), ahorro en explotación (Inventario de cambio de lámparas)
- *Guía de gestión energética-alumbrado público, Dirección general de industria, energía y minas, Madrid. 2006:* Temas de consumo energético, preservar el medio ambiente, con la que pretende impulsar el uso de las mejores técnicas en materia de alumbrado público con el objetivo fundamental de ahorrar energía.
- *Gestión integral de mantenimiento (alumbrado público), ACISA.:* toca temas de análisis de puntos de luz, equipos de medida, cuadros de mando, catálogos de luminaria, lámpara, catálogos de soporte, etc.



- *Depreciación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público Comisión Internacional de Alumbrado. Publicación CIE N° 33 (TC 4.6):* Análisis de cómo afecta en el rendimiento luminoso de las lámparas a lo largo de su vida útil.
- *Datos sobre el mantenimiento en Barcelona, España. Moseca 1997:* Factores de ajuste para distintos tipos de luminarias y alturas de montaje para limpiezas de luminarias.
- *Estudio de una metodología para evaluar la calidad del servicio del alumbrado urbano. E.R. Manzano:* Aplica una relación beneficio costo respecto a diferentes políticas de mantenimiento analizado en 21 ayuntamientos de Cataluña.

2.3 MARCO LEGAL

- D.L. N° 25844. Ley de Concesiones Eléctricas (92-11-19).
- D.S N° 009-93-EM. Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.
- R.M N° 366-2001-EM/DGE. Código Nacional de Electricidad Suministro.
- R.M N° 037-2006-EM/DGE. Código Nacional de Electricidad Utilización.
- D.S N° 020-97-EM. Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE). y sus modificaciones efectuadas mediante los Decretos Supremos N° 009-99-EM, N° 013-2000-EM, N° 040-2001-EM.
- D.S N° 040-2001-EM. Base Metodológica para la Aplicación de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, y sus modificatorias.
- R.M. N° 091-2002. EM/VME Norma DGE Símbolos gráficos y terminología de electricidad
- R.M. N°. 013-2003-EM/DM. Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución.
- R.M. N° 185-2003-EM/DM Establecen índices lámparas/usuario y factores KALP para el cálculo del porcentaje máximo de facturación por el servicio de alumbrado público.
- R.C.D. N° 078-2007-OS/CD Procedimiento de supervisión de la operatividad del servicio de alumbrado público y sus modificatorias.
- Normas Técnicas Peruanas



2.4 MARCO TEORICO

2.4.1 Luminotecnia

La luminotecnia es la disciplina que se encarga del diseño y cálculo de instalaciones de alumbrado para interiores y exteriores con la finalidad de que estas resulten satisfactorias para el desarrollo de actividades humanas aún en condiciones de escasa o nula iluminación natural.

2.4.1.1 La Visión

El ojo humano es un órgano sensitivo muy complejo que recibe la luz procedente de los objetos, la enfoca sobre la retina formando una imagen y la transforma en información comprensible para el cerebro. La existencia de dos ojos nos permite una visión panorámica y binocular del mundo circundante y la capacidad del cerebro para combinar ambas imágenes produce una visión tridimensional o estereoscópica.

a. Fisiología:

El ojo humano está formado por un grupo óptico: la córnea, el iris, la pupila y el cristalino, uno foto receptor, la retina y otros elementos accesorios encargados de diversas tareas como protección, transmisión de información nerviosa, alimentación, mantenimiento de la forma, etc.

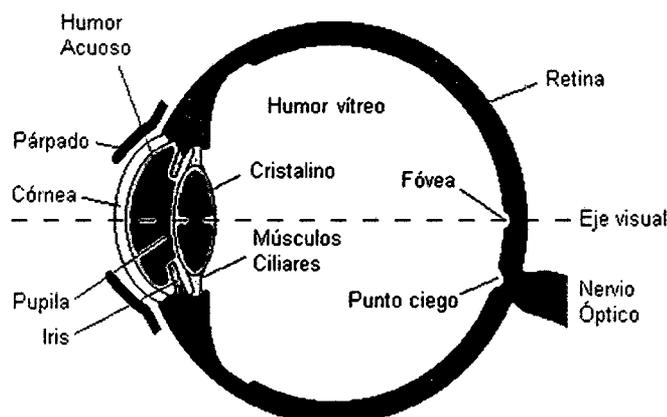


Figura 2-1 El ojo humano
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum



2.4.1.2 La Luz

La luz es un fenómeno físico que unida a la visión permite percibir las formas, los colores de los objetos y, en definitiva, el mundo que nos rodea. Sin una visión que interpretara la luz, esta no serviría de nada.

La luz, que llega a nuestros ojos y nos permite ver, es un pequeño conjunto de radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre los 380 nm y los 770 nm.

a. Espectro Electromagnético:

La luz forma parte del espectro electromagnético que comprende tipos de ondas tan dispares como los rayos cósmicos, los rayos gamma, los ultravioletas, los infrarrojos y las ondas de radio o televisión entre otros. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda (λ) o la frecuencia (f).

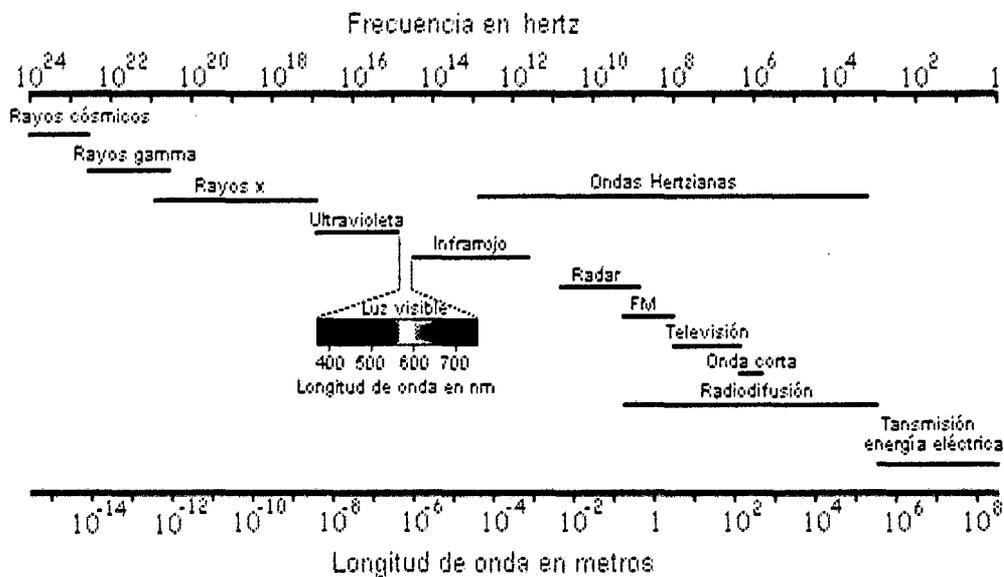


Figura 2-2 Espectro Electromagnético
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

b. Propiedades de la Luz:

Cuando la luz encuentra un obstáculo en su camino choca contra la superficie de este y una parte es reflejada. Si el cuerpo es opaco el resto





de la luz será absorbida. Si es transparente una parte será absorbida como en el caso anterior y el resto atravesará el cuerpo transmitiéndose.

Así pues, tenemos tres posibilidades:

- Reflexión.
- Transmisión-refracción.
- Absorción.

Para cada una se define un coeficiente que nos da el porcentaje correspondiente en tanto por uno. Son el factor de reflexión (ρ), el de transmisión (τ) y el de absorción (α) que cumplen:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \text{ para los cuerpos transparentes}$$

$$\rho + \alpha = 1 \text{ para los cuerpos opacos } (\tau = 0)$$

- La reflexión: Es un fenómeno que se produce cuando la luz choca contra la superficie de separación de dos medios diferentes (ya sean gases como la atmósfera, líquidos como el agua o sólidos) y está regida por la ley de la reflexión. La dirección en que sale reflejada la luz viene determinada por el tipo de superficie. Si es una superficie brillante o pulida se produce la reflexión regular en que toda la luz sale en una única dirección. Si la superficie es mate y la luz sale desperdigada en todas direcciones se llama reflexión difusa. Y, por último, está el caso intermedio, reflexión mixta, en que predomina una dirección sobre las demás. Esto se da en superficies metálicas sin pulir, barnices, papel brillante, etc.

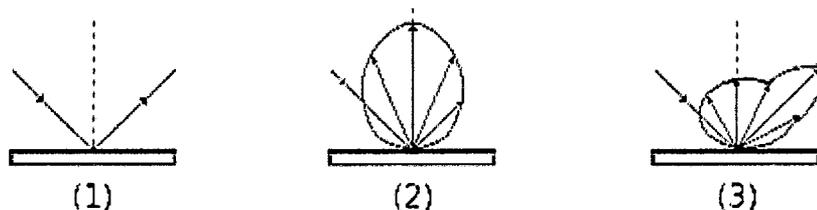


Figura 2-3 Tipos de reflexión: regular (1), difusa (2), mixta (3)

Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

- La refracción: Se produce cuando un rayo de luz es desviado de su trayectoria al atravesar una superficie de separación entre medios diferentes según la ley de la refracción. Esto se debe a que la



velocidad de propagación de la luz en cada uno de ellos es diferente.

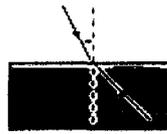


Figura 2-4 Refracción
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

- La transmisión: se puede considerar una doble refracción. Si pensamos en un cristal; la luz sufre una primera refracción al pasar del aire al vidrio, sigue su camino y vuelve a refractarse al pasar de nuevo al aire. Si después de este proceso el rayo de luz no es desviado de su trayectoria se dice que la transmisión es regular como pasa en los vidrios transparentes. Si se difunde en todas direcciones tenemos la transmisión difusa que es lo que pasa en los vidrios translúcidos. Y si predomina una dirección sobre las demás tenemos la mixta como ocurre en los vidrios orgánicos o en los cristales de superficie labrada.

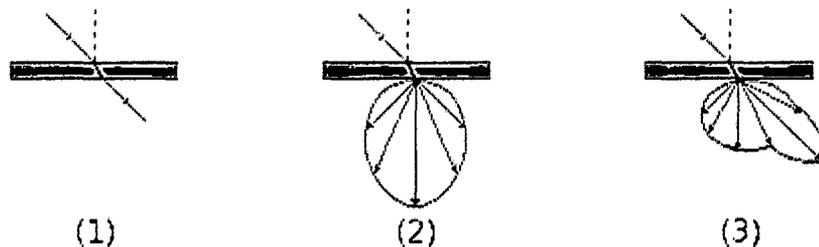


Figura 2.5 Tipos de transmisión: regular (1), difusa (2), mixta (3)
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

- La absorción: Es un proceso muy ligado al color. El ojo humano sólo es sensible a las radiaciones pertenecientes a un pequeño intervalo del espectro electromagnético. Son los colores que mezclados forman la luz blanca. Su distribución espectral aproximada es:



TIPO DE RADIACION	LONGITUD DE ONDA (nm)
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-770

Tabla 2-1 Longitud de onda por radiación
Fuente Manual OSRAM

Cuando la luz blanca choca con un objeto una parte de los colores que la componen son absorbidos por la superficie y el resto son reflejados. Las componentes reflejadas son las que determinan el color que percibimos. Si la refleja toda es blanca y si las absorbe todas es negro. Un objeto es rojo porque refleja la luz roja y absorbe las demás componentes de la luz blanca. Si iluminamos el mismo objeto con luz azul lo veremos negro porque el cuerpo absorbe esta componente y no refleja ninguna. Queda claro, entonces, que el color con que percibimos un objeto depende del tipo de luz que le enviamos y de los colores que este sea capaz de reflejar.

2.4.1.3 Fotometría

Como ya sabemos, la luz es una forma de radiación electromagnética comprendida entre los 380 nm y los 770 nm de longitud de onda a la que es sensible el ojo humano. Pero esta sensibilidad no es igual en todo el intervalo y tiene su máximo para 555 nm (amarillo-verdoso) descendiendo hacia los extremos (violeta y rojo). Con la fotometría pretendemos definir unas herramientas de trabajo, magnitudes y gráficos, para la luz con las que poder realizar los cálculos de iluminación.



a. *Magnitudes y Unidades de Medida*

La luz, al igual que las ondas de radio, los rayos X o los gamma es una forma de energía. Si la energía se mide en joule (J) en el Sistema Internacional, para qué necesitamos nuevas unidades. La razón es más simple de lo que parece. No toda la luz emitida por una fuente llega al ojo y produce sensación luminosa, ni toda la energía que consume, por ejemplo, una bombilla se convierte en luz. Todo esto se ha de evaluar de alguna manera y para ello definiremos nuevas magnitudes: el flujo luminoso, la intensidad luminosa, la iluminancia, la luminancia, el rendimiento o eficiencia luminosa y la cantidad de luz.

- *Flujo Luminoso:* Se define el flujo luminoso como la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen (lm). A la relación entre watts y lúmenes se le llama equivalente luminoso de la energía y equivale a:

$$1 \text{ watt-luz a } 555 \text{ nm} = 683 \text{ lm}$$

- *Intensidad Luminosa:* Se conoce como intensidad luminosa al flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta. Su símbolo es I y su unidad la candela (cd).

$$I = \frac{\Phi}{\omega} \quad (1)$$

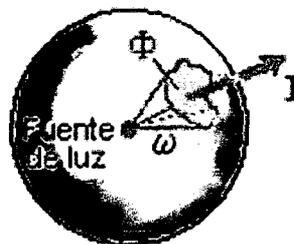


Figura 2-6 Representación del Angulo solido
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum





- **Iluminancia:** Se define iluminancia como el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm/m^2 .

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (2)$$

En caso de que el rayo de luz no fuera perpendicular se tiene:

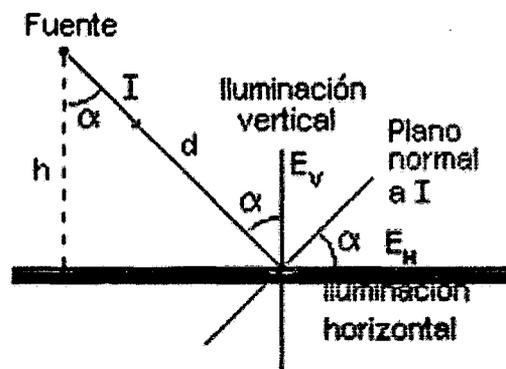


Figura 2-7 Descomposición de la iluminancia
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

$$E_H = \frac{I \cdot \cos \alpha}{d^2} = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} \quad (3)$$

$$E_V = \frac{I \cdot \sin \alpha}{d^2} = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2} \quad (4)$$

En forma general si un punto está iluminado por más de una fuente de luz la iluminancia total estará dado por:

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2} \quad (5)$$

$$E_V = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^2 \alpha_i \cdot \sin \alpha_i}{h_i^2} \quad (6)$$





- **Luminancia:** Se llama luminancia a la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la cd/m². También es posible encontrar otras unidades como el stilb (1 sb = 1 cd/cm²) o el nit (1 nt = 1 cd/m²).

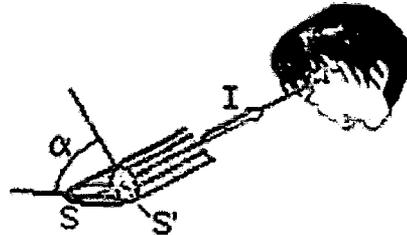


Figura 2-8 Representación de la luminancia
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

$$L = \frac{I}{S_{aparente}} = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha} \quad (7)$$

- **Rendimiento Luminoso o Eficiencia Luminosa:** El rendimiento luminoso es el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con las características de las lámparas (25 W, 60 W...). Mientras mayor sea mejor será la lámpara y menos gastará. La unidad es el lumen por watt (lm/W).

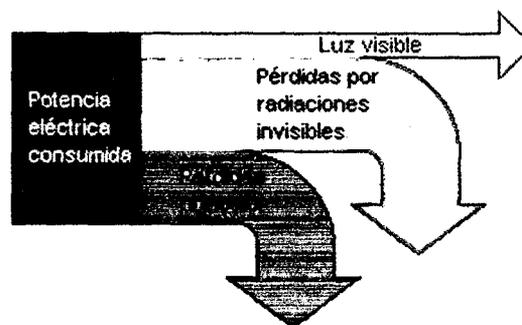


Figura 2-9 Eficiencia Luminosa
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

$$\eta = \frac{\Phi}{W} \quad (8)$$



b. Gráficos y Diagramas de Iluminación

A continuación veremos los gráficos más habituales en luminotecnia:

- *Diagrama polar o curva de distribución luminosa:* En estos gráficos, la intensidad luminosa se representa mediante un sistema de tres coordenadas (I , C , γ). La primera de ellas, I , representa el valor numérico de la intensidad luminosa en candelas e indica la longitud del vector, mientras las otras señalan la dirección. El ángulo C nos dice en qué plano vertical estamos y γ mide la inclinación respecto al eje vertical de la luminaria. En este último, 0° señala la vertical hacia abajo, 90° la horizontal y 180° la vertical hacia arriba. Los valores de C utilizados en las gráficas no se suelen indicar salvo para el alumbrado público. En este caso, los ángulos entre 0° y 180° quedan en el lado de la calzada y los comprendidos entre 180° y 360° en la acera; 90° y 270° son perpendiculares al bordillo y caen respectivamente en la calzada y en la acera.

Con un sistema de tres coordenadas es fácil pensar que más que una representación plana tendríamos una tridimensional. De hecho, esto es así y si representamos en el espacio todos los vectores de la intensidad luminosa en sus respectivas direcciones y uniéramos después sus extremos, obtendríamos un cuerpo llamado sólido fotométrico. Pero como trabajar en tres dimensiones es muy incómodo, se corta el sólido con planos verticales para diferentes valores de C (suelen ser uno, dos, tres o más dependiendo de las simetrías de la figura) y se reduce a la representación plana de las curvas más características.



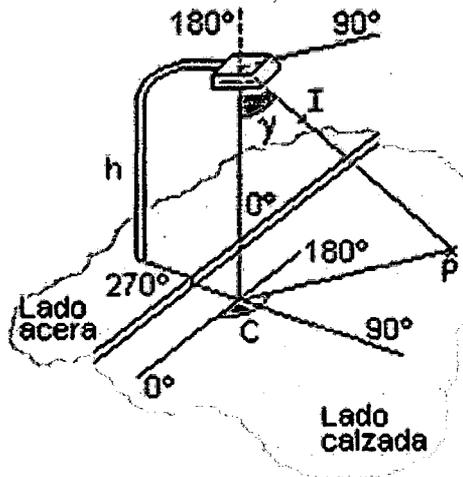


Figura 2-10 Sistema de coordenadas I, C, y
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

En la curva de distribución luminosa, los radios representan el ángulo γ y las circunferencias concéntricas el valor de la intensidad en candelas. De todos los planos verticales posibles identificados por el ángulo C , solo se suelen representar los planos verticales correspondientes a los planos de simetría y los transversales a estos ($C = 0^\circ$ y $C = 90^\circ$) y aquel en que la lámpara tiene su máximo de intensidad. Para evitar tener que hacer un gráfico para cada lámpara cuando solo varía la potencia de esta, los gráficos se normalizan para una lámpara de referencia de 1000 lm. Para conocer los valores reales de las intensidades bastará con multiplicar el flujo luminoso real de la lámpara por la lectura en el gráfico y dividirlo por 1000 lm.

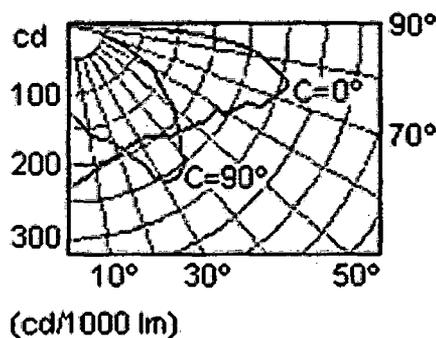


Figura 2-11 Curva de distribución luminosa
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum



$$I_{real} = \Phi_{lampara} \cdot \frac{I_{grafico}}{1000} \quad (9)$$

- *Diagramas isocandela:* A pesar de que las curvas de distribución luminosa son herramientas muy útiles y prácticas, presentan el gran inconveniente de que sólo nos dan información de lo que ocurre en unos pocos planos meridionales (para algunos valores de C) y no sabemos a ciencia cierta qué pasa en el resto. Para evitar estos inconvenientes y conjugar una representación plana con información sobre la intensidad en cualquier dirección se definen las curvas isocandela.

En los diagramas isocandelas se representan en un plano, mediante curvas de nivel, los puntos de igual valor de la intensidad luminosa. Cada punto indica una dirección del espacio definida por dos coordenadas angulares. Según cómo se escojan estos ángulos, distinguiremos dos casos:

En las luminarias para alumbrado público, para definir una dirección, se utilizan los ángulos C y γ usados en los diagramas polares. Se supone la luminaria situada dentro de una esfera y sobre ella se dibujan las líneas isocandelas. Los puntos de las curvas se obtienen por intersección de los vectores de intensidad luminosa con la superficie de esta. Para la representación plana de la superficie se recurre a la proyección azimutal de Lambert.



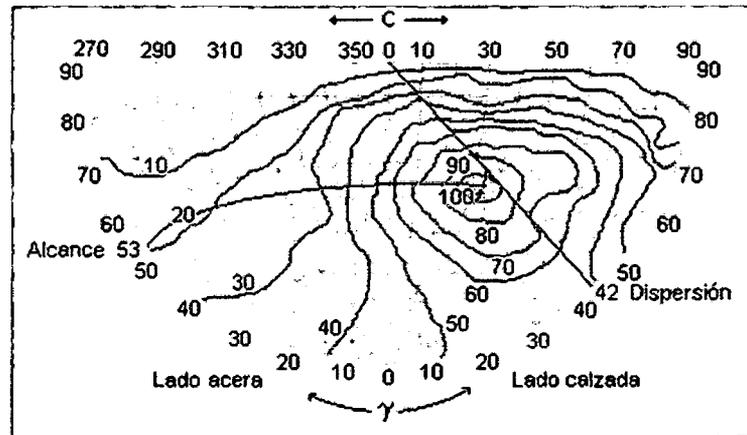


Figura 2-12 Diagrama polar luminaria de alumbrado publico
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

En estos gráficos, los meridianos representan el ángulo C, los paralelos γ y las intensidades, líneas rojas, se reflejan en tanto por ciento de la intensidad máxima. Como en este tipo de proyecciones las superficies son proporcionales a las originales, el flujo luminoso se calcula como el producto del área en el diagrama (en estereorradianes) por la intensidad luminosa en esta área.

Además de intensidades y flujos, este diagrama informa sobre el alcance y la dispersión de la luminaria. El alcance da una idea de la distancia longitudinal máxima que alcanza el haz de luz en la calzada mientras que la dispersión se refiere a la distancia transversal.

- *Curvas isolux*: Las curvas vistas en los apartados anteriores (diagramas polares e isocandelas) se obtienen a partir de características de la fuente luminosa, flujo o intensidad luminosa, y dan información sobre la forma y magnitud de la emisión luminosa de esta. Por contra, las curvas isolux hacen referencia a las iluminancias, flujo luminoso recibido por una superficie, datos que se obtienen experimentalmente o por calculo a partir de la matriz de intensidades usando la fórmula:



$$E_H = \frac{I(C \cdot \gamma)}{H^2} \cdot \cos^3 \gamma \quad (10)$$

Estos gráficos son muy útiles porque dan información sobre la cantidad de luz recibida en cada punto de la superficie de trabajo y son utilizadas especialmente en el alumbrado público donde de un vistazo nos podemos hacer una idea de cómo están iluminadas.

Lo más habitual es expresar las curvas isolux en valores absolutos definidos para una lámpara de 1000 lm y una altura de montaje de 1m.

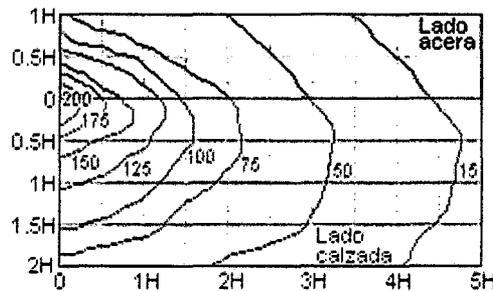


Figura 2-13 Curva Isolux
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

Los valores reales se obtienen a partir de las curvas usando la expresión:

$$E_{Hreal} = E_{curva} \cdot \frac{\Phi_{Lreal}}{1000} \cdot \left(\frac{1}{H}\right)^2 \quad (11)$$

También puede expresarse en valores relativos a la iluminancia máxima (100%) para cada altura de montaje. Los valores reales de la iluminancia se calculan entonces como:

$$E_{real} = E_{curva} \cdot E_{max} \quad (12)$$

con:





$$E_{max} = \alpha \cdot \frac{\Phi_{Lreal}}{H^2} \tag{13}$$

siendo α un parámetro suministrado con las gráficas.

2.4.2 Alumbrado de Vías Públicas

Contrariamente a lo que se pueda pensar, detrás de los cálculos y recomendaciones sobre alumbrado de vías públicas existe un importante desarrollo teórico sobre diferentes temas (pavimentos, deslumbramiento, confort visual, etc.). Afortunadamente, hoy día estos cálculos están muy mecanizados y no es necesario tener profundos conocimientos en la materia para realizarlos. No obstante, es recomendable tener nociones de algunos de ellos para comprender mejor la mecánica de cálculo. Así tras estudiar algunos conceptos previos de iluminación, veremos soluciones prácticas de alumbrado viario y los niveles de iluminación recomendados.

2.4.2.1 Iluminancia

La iluminancia indica la cantidad de luz que llega a una superficie y se define como el flujo luminoso recibido por unidad de superficie:

$$E = \frac{d\Phi}{d\omega} \tag{14}$$

Si la expresamos en función de la intensidad luminosa nos queda como:

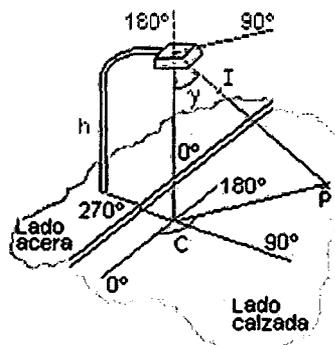


Figura 2-14 Sistema de coordenadas I, C, y
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum



$$E_H = \frac{I(C,\gamma)}{H^2} \cdot \cos^3 \gamma \quad (15)$$

Donde I es la intensidad recibida por el punto P en la dirección definida por el par de ángulos (C,γ) y h la altura del foco luminoso. Si el punto está iluminado por más de una lámpara, la iluminancia total recibida es entonces:

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I(C_i\gamma_i)}{H_i^2} \cdot \cos^3 \gamma_i \quad (16)$$

2.4.2.2 Luminancia

La luminancia, por contra, es una medida de la luz que llega a los ojos, procedente de los objetos y es la responsable de excitar la retina provocando la visión. Esta luz proviene de la reflexión que sufre la iluminancia cuando incide sobre los cuerpos. Se puede definir, pues, como la porción de intensidad luminosa por unidad de superficie que es reflejada por la calzada en dirección al ojo.

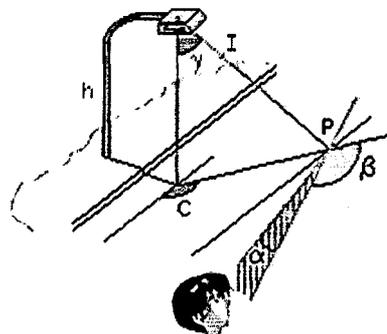


Figura 2-15 Sistema de coordenadas I, C, γ
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

$$L = q(\beta, \gamma) \cdot E_H \quad (17)$$

Donde q es el coeficiente de luminancia en el punto P que depende básicamente del ángulo de incidencia γ y del ángulo entre el plano de incidencia y el de observación β . El efecto del ángulo de observación α es despreciable para la mayoría de conductores (automovilistas con campo visual entre 60 y 160 m por delante y una altura de 1,5 m sobre el suelo) y no se tiene en cuenta. Así pues, nos queda:

$$L = \frac{I(C \cdot \gamma) \cdot \cos^3 \gamma}{h^2} \cdot q(\beta, \gamma) \quad (18)$$

Por comodidad de cálculo, se define el término:

$$r(\beta, \gamma) = q(\beta, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma \quad (19)$$

Quedando finalmente:

$$L = \frac{I(C \cdot \gamma) \cdot r(\beta, \gamma)}{h^2} \quad (20)$$

Y si el punto está iluminado por más de una lámpara, resulta:

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{I(C_i \cdot \gamma_i) \cdot r(\beta_i, \gamma_i)}{h_i^2} \quad (21)$$

Los valores de $r(\beta, \gamma)$ se encuentran tabulados o incorporados a programas de cálculo y dependen de las características de los pavimentos utilizados en la vía.

2.4.2.3 Disposición De Luminarias

Para conseguir una buena iluminación, no basta con realizar los cálculos, debe proporcionarse información extra que oriente y advierta al conductor con suficiente antelación de las características y trazado de la vía. Así en curvas es recomendable situar las farolas en la exterior de la misma, en autopistas de varias calzadas ponerlas en la mediana o cambiar el color de las lámparas en las salidas.

En los tramos rectos de vías con una única calzada existen tres disposiciones básicas: unilateral, bilateral tresbolillo y bilateral pareada. También es posible suspender la luminaria de un cable transversal pero sólo se usa en calles muy estrechas, como se muestra en la figura.

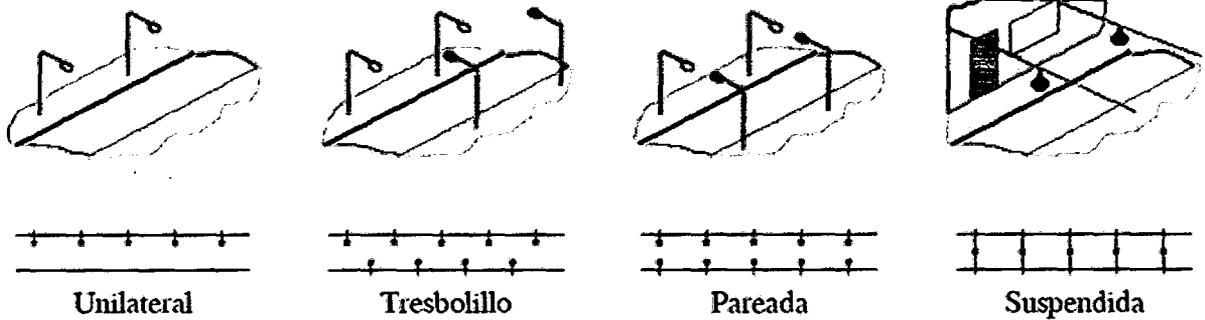


Figura 2-16 Disposición de luminarias vías simples
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

La distribución unilateral se recomienda si la anchura de la vía es menor que la altura de montaje de las luminarias. La bilateral tresbolillo si está comprendida entre 1 y 1.5 veces la altura de montaje y la bilateral pareada si es mayor de 1.5.

	Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje
Unilateral	$A/H < 1$
Tresbolillo	$1 \leq A/H \leq 1.5$
Pareada	$A/H > 1.5$
Suspendida	Calles muy estrechas

Tabla 2-2 Valores recomendados por la CIE (1977)
Fuente CIE

En el caso de tramos rectos de vías con dos o más calzadas separadas por una mediana se pueden colocar las luminarias sobre la mediana o considerar las dos calzadas de forma independiente. Si la mediana es estrecha se pueden colocar farolas de doble brazo que dan una buena orientación visual y tienen muchas ventajas constructivas y de instalación por su simplicidad. Si la mediana es muy ancha es preferible tratar las calzadas de forma separada. Pueden combinarse los brazos dobles con la disposición al tresbolillo o aplicar iluminación unilateral en cada una de ellas. En este último caso es recomendable poner las luminarias en el lado contrario a la mediana porque de esta forma incitamos al usuario a circular por el carril de la derecha.



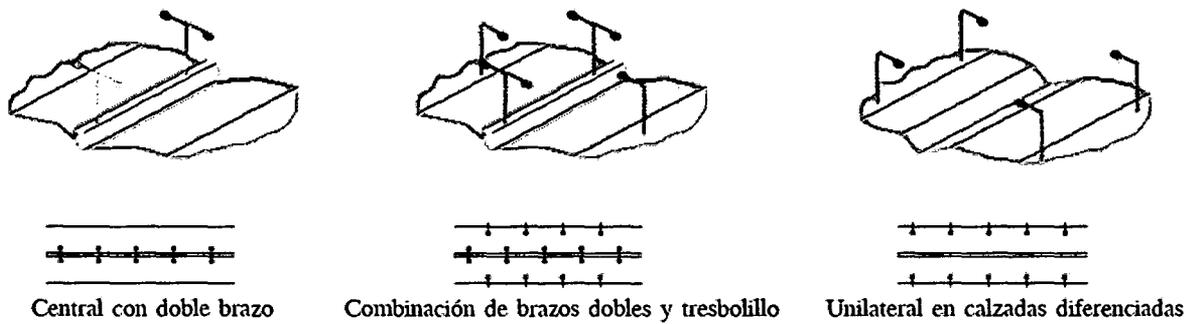


Figura 2-17 Disposición de luminarias vías dobles
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

En tramos curvos las reglas a seguir son proporcionar una buena orientación visual y hacer menor la separación entre las luminarias cuanto menor sea el radio de la curva. Si la curvatura es grande ($R > 300$ m) se considerará como un tramo recto. Si es pequeña y la anchura de la vía es menor de 1.5 veces la altura de las luminarias se adoptará una disposición unilateral por el lado exterior de la curva. En el caso contrario se recurrirá a una disposición bilateral pareada, nunca tresbolillo pues no informa sobre el trazado de la carretera.

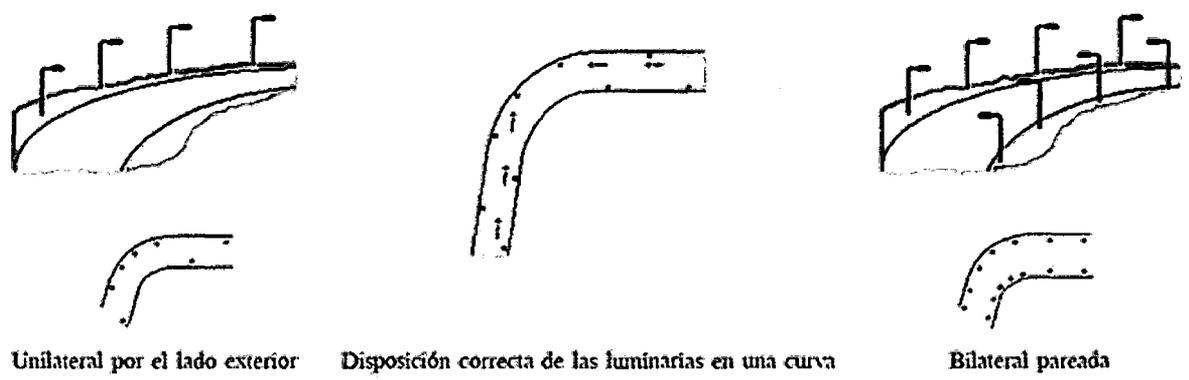


Figura 2-18 Disposición de luminarias tramos curvos
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

$R > 300$ m	Asimilar a un tramo recto	
$R < 300$ m	$A/H < 1.5$	Unilateral exterior
	$A/H > 1.5$	Bilateral pareada

Tabla 2-3 Relación radio y altura
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

En cruces conviene que el nivel de iluminación sea superior al de las vías que confluyen en él para mejorar la visibilidad. Asimismo, es recomendable situar



las farolas en el lado derecho de la calzada y después del cruce. Si tiene forma de T hay que poner una luminaria al final de la calle que termina. En las salidas de autopistas conviene colocar luces de distinto color al de la vía principal para destacarlas. En cruces y bifurcaciones complicados es mejor recurrir a iluminación con proyectores situados en postes altos, más de 20 m, pues desorienta menos al conductor y proporciona una iluminación agradable y uniforme.

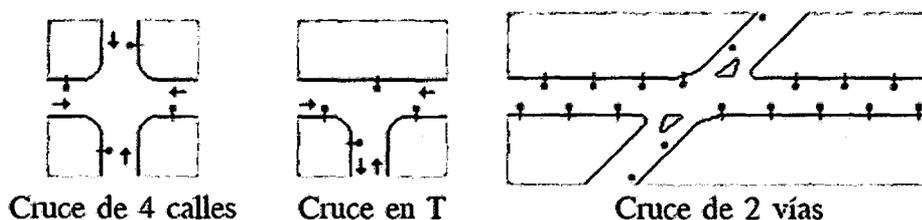


Figura 2-19 Disposición de luminarias cruces
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

En las plazas y glorietas se instalarán luminarias en el borde exterior de estas para que iluminen los accesos y salidas. La altura de los postes y el nivel de iluminación será por lo menos igual al de la calle más importante que desemboque en ella. Además, se pondrán luces en las vías de acceso para que los vehículos vean a los peatones que crucen cuando abandonen la plaza. Si son pequeñas y el terraplén central no es muy grande ni tiene arbolado se puede iluminar con un poste alto multibrazo. En otros casos es mejor situar las luminarias en el borde del terraplén en las prolongaciones de las calles que desemboca en esta.

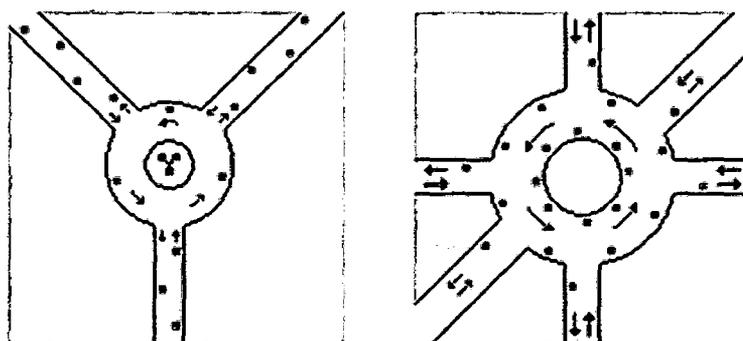
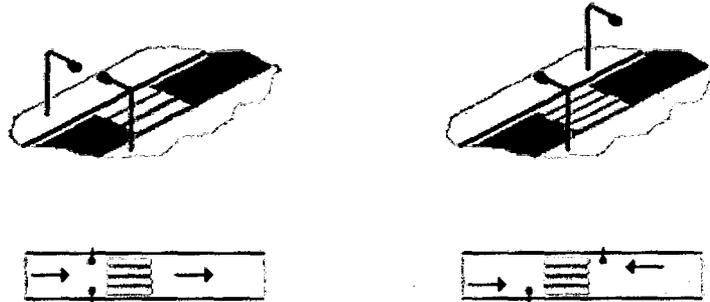


Figura 2-20 Disposición de luminarias óvalos
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum



En los pasos de peatones las luminarias se colocarán antes de estos según el sentido de la marcha de tal manera que sea bien visible tanto por los peatones como por los conductores.



Vías con una calzada y un único sentido de circulación

Vías con una calzada y doble sentido de circulación

Figura 2-21 Disposición de luminarias vías peatonales

Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

Por último, hay que considerar la presencia de árboles en la vía. Si estos son altos, de unos 8 a 10 metros, las luminarias se situarán a su misma altura. Pero si son pequeñas las farolas usadas serán más altas que estos, de 12 a 15 m de altura. En ambos casos es recomendable una poda periódica de los árboles.



Árboles altos

Árboles bajos

2.4.2.4 Niveles de Iluminación Recomendados

Los niveles de iluminación recomendados dependen de las normativas en vigor en cada territorio, aunque muchas de ellas toman como referencia los valores aconsejados por la CIE. Según esta, las vías se dividen en cinco tipos de acuerdo con las características del tráfico, de la vía y de los alrededores.



Tipo de vía	Entorno	Categoría	Luminancia media Lm (cd/m ²)	Coeficientes de uniformidad		Control del deslumbramiento	
				Global U ₀	Longitudinal UL	Molesto G	Perturbador TI
A		A	≥ 2	≥ 0.4	≥ 0.7	≥ 6	≤ 10 %
B	Claro	B1	≥ 2			≥ 5	
	Oscuro	B2	≥ 1		≥ 6		
C	Claro	C1	≥ 2		≥ 0.5	≥ 5	≤ 20 %
	Oscuro	C2	≥ 1			≥ 6	≤ 10 %
D	Claro	D	≥ 2		≥ 0.5	≥ 4	≤ 20 %
E	Claro	E1	≥ 1			≥ 4	
	Oscuro	E2	≥ 0.5			≥ 5	

Tabla 2-4 Valores recomendados por la CIE (1977)
Fuente CIE

Los valores indicados en la tabla son luminancias, no iluminancias, pues recordemos que son estas las responsables de provocar la sensación de visión.

A partir de 1995 la CIE ha establecido unas nuevas recomendaciones más acordes con las últimas investigaciones sobre el tema.

Categoría	Luminancia media Lm (cd/m ²)	Coeficientes de uniformidad		Control del deslumbramiento TI	Alrededores SR
		Global U ₀	Perturbador TI		
M1	≥ 2.00	≥ 0.4	≥ 0.7	≤ 10	≥ 0.5
M2	≥ 1.50		≥ 0.5		
M3	≥ 1.00		---	≤ 15	---
M4	≥ 0.75				
M5	≥ 0.50				

Tabla 2-5 Valores recomendados por la CIE (1977)
Fuente CIE

Además de estas recomendaciones que se aplican en los tramos normales de las vías hay que considerar que en las zonas conflictivas (cruces, intersecciones, estrechamiento de la vía o del número de carriles, zonas con circulación de peatones o vehículos lentos que dificulten la circulación, rotondas, pasos a nivel, rampas, etc.) suele ser necesario un incremento de los requerimientos luminosos.

Si trabajamos con luminancias hay que aumentar en una unidad la categoría de la vía de valor de Mx más alta que converja en la zona. Cuando sea del tipo M1 a dicha zona también se aplicará este criterio.



En distancias cortas, menos de 60 m, no se pueden aplicar los métodos de cálculos de las luminancias y se utiliza el criterio de las iluminancias.

Categoría	Nivel medio iluminancia E_m (lux)	Coef global uniformidad U_0
C0	≥ 50	≥ 0.4
C1	≥ 30	
C2	≥ 20	
C3	≥ 15	
C4	≥ 10	
C5	≥ 7.5	

Tabla 2-6 Valores recomendados por la CIE (1977)
Fuente CIE

El número de la categoría de la zona de conflicto (C_x) no será menor que el de la vía de mayor categoría (M_x) que confluya en la zona.

2.4.3 Lámparas y Luminarias

Para iluminar espacios carentes de luz es necesaria la presencia de fuentes de luz artificiales, las lámparas, y aparatos que sirvan de soporte y distribuyan adecuadamente la luz, las luminarias. De esta forma es posible vencer las limitaciones que la naturaleza impone a las actividades humanas.

2.3.1.1 Lámparas de Descarga

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.



a. *Funcionamiento*

En las lámparas de descarga, la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado.

En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. Cuando uno de ellos choca con los electrones de las capas externas de los átomos les transmite energía y pueden suceder dos cosas.

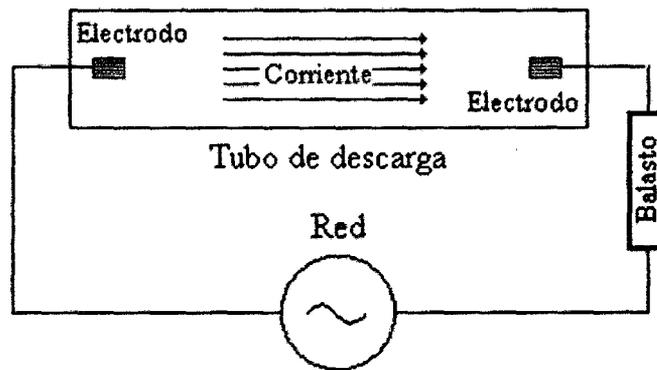


Figura 2-22 Diagrama de una lámpara de descarga
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

La primera posibilidad es que la energía transmitida en el choque sea lo suficientemente elevada para poder arrancar al electrón de su orbital. Este, puede a su vez, chocar con los electrones de otros átomos repitiendo el proceso. Si este proceso no se limita, se puede provocar la destrucción de la lámpara por un exceso de corriente.

La otra posibilidad es que el electrón no reciba suficiente energía para ser arrancado. En este caso, el electrón pasa a ocupar otro orbital de mayor energía. Este nuevo estado acostumbra a ser inestable y rápidamente se vuelve a la situación inicial. Al hacerlo, el electrón libera la energía extra en forma de radiación electromagnética, principalmente ultravioleta (UV) o visible. Un electrón no puede tener un estado energético cualquiera, sino que sólo puede ocupar unos pocos estados



que vienen determinados por la estructura atómica del átomo. Como la longitud de onda de la radiación emitida es proporcional a la diferencia de energía entre los estados iniciales y final del electrón y los estados posibles no son infinitos, es fácil comprender que el espectro de estas lámparas sea discontinuo.

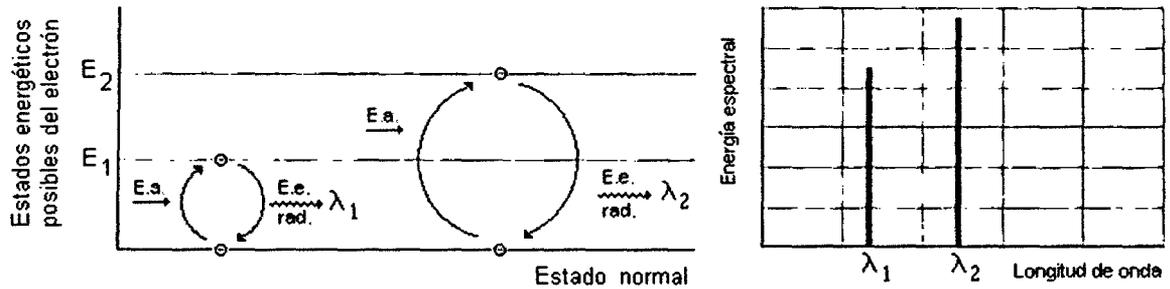


Figura 2-23 Estados energéticos de electrones.
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

La consecuencia de esto es que la luz emitida por la lámpara no es blanca (por ejemplo en las lámparas de sodio a baja presión es amarillenta). Por lo tanto, la capacidad de reproducir los colores de estas fuentes de luz es, en general, peor que en el caso de las lámparas incandescentes que tienen un espectro continuo. Es posible, recubriendo el tubo con sustancias fluorescentes, mejorar la reproducción de los colores y aumentar la eficacia de las lámparas convirtiendo las nocivas emisiones ultravioletas en luz visible.

b. *Elementos Auxiliares*

Para que las lámparas de descarga funcionen correctamente es necesario, en la mayoría de los casos, la presencia de unos elementos auxiliares: cebadores y balastos. Los cebadores o ignitores son dispositivos que suministran un breve pico de tensión entre los electrodos del tubo, necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. Tras el encendido, continua un periodo transitorio durante el cual el gas se estabiliza y que se caracteriza por un consumo de potencia superior al nominal.

Los balastos, por contra, son dispositivos que sirven para limitar la

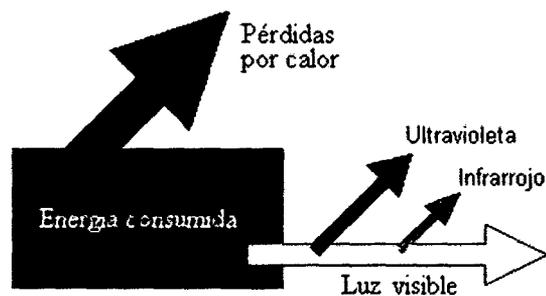




corriente que atraviesa la lámpara y evitar así un exceso de electrones circulando por el gas que aumentaría el valor de la corriente hasta producir la destrucción de la lámpara.

c. *Rendimiento*

Al establecer el rendimiento de este tipo de lámparas hay que diferenciar entre la eficacia de la fuente de luz y la de los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento que depende del fabricante. En las lámparas, las pérdidas se centran en dos aspectos: las pérdidas por calor y las pérdidas por radiaciones no visibles (ultravioleta e infrarrojo). El porcentaje de cada tipo dependerá de la clase de lámpara con que trabajemos.



Balance energético de una lámpara de descarga

Figura 2-24 Balance energético.
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

El rendimiento de las lámparas de descarga oscila entre los 19-28 lm/W de las lámparas de luz de mezcla y los 100-183 lm/W de las de sodio a baja presión.

Tipo de lámpara	Eficacia sin balasto (lm/W)
Fluorescentes	38-91
Luz de mezcla	19-28
Mercurio a alta presión	40-63
Halogenuros metálicos	75-95
Sodio a baja presión	100-183
Sodio a alta presión	70-130

Tabla 2-7 Eficacia de los balastos en lámparas de descarga
Fuente CIE

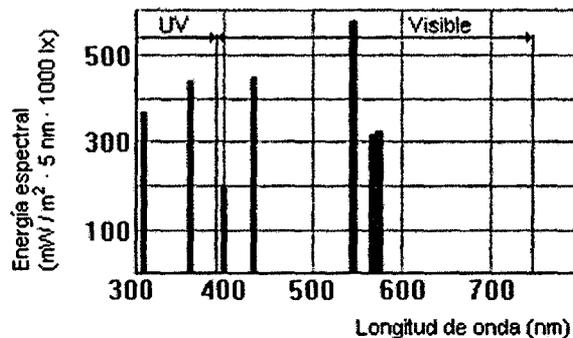




d. *Características Cromáticas*

Debido a la forma discontinua del espectro de estas lámparas, la luz emitida es una mezcla de unas pocas radiaciones monocromáticas; en su mayor parte en la zona ultravioleta (UV) o visible del espectro. Esto hace que la reproducción del color no sea muy buena y su rendimiento en color tampoco.

Para solucionar este problema podemos tratar de completar el espectro con radiaciones de longitudes de onda distintas a las de la lámpara. La primera opción es combinar en una misma lámpara dos fuentes de luz con espectros que se complementen como ocurre en las lámparas de luz de mezcla (incandescencia y descarga). También podemos aumentar la presión del gas. De esta manera se consigue aumentar la anchura de las líneas del espectro de manera que formen bandas anchas y más próximas entre sí. Otra solución es añadir sustancias sólidas al gas, que al vaporizarse emitan radiaciones monocromáticas complementarias. Por último, podemos recubrir la pared interna del tubo con una sustancia fluorescente que conviertan los rayos ultravioletas en radiaciones visibles.



Ejemplo de espectro de una lámpara de descarga

Figura 2-25 Espectro de lámparas de descarga.
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

e. *Características de Duración o Vida Útil*

Hay dos aspectos básicos que afectan a la duración de las lámparas. El primero es la depreciación del flujo. Este se produce por





ennegrecimiento de la superficie de la superficie del tubo donde se va depositando el material emisor de electrones que recubre los electrodos. En aquellas lámparas que usan sustancias fluorescentes otro factor es la pérdida gradual de la eficacia de estas sustancias.

El segundo es el deterioro de los componentes de la lámpara que se debe a la degradación de los electrodos por agotamiento del material emisor que los recubre. Otras causas son un cambio gradual de la composición del gas de relleno y las fugas de gas en lámparas a alta presión.

Tipo de lámpara	Vida promedio (h)
Fluorescente estándar	12500
Luz de mezcla	9000
Mercurio a alta presión	25000
Halogenuros metálicos	11000
Sodio a baja presión	23000
Sodio a alta presión	23000

Tabla 2-8 Vida útil promedio lámparas de descarga
Fuente PHILIPS

f. Factores que Influyen en su Funcionamiento

Los factores externos que más influyen en el funcionamiento de la lámpara son la temperatura ambiente y la influencia del número de encendidos.

Las lámparas de descarga son, en general, sensibles a las temperaturas exteriores. Dependiendo de sus características de construcción (tubo desnudo, ampolla exterior...) se verán más o menos afectadas en diferente medida. Las lámparas a alta presión, por ejemplo, son sensibles a las bajas temperaturas en que tienen problemas de arranque. Por contra, la temperatura de trabajo estará limitada por las características térmicas de los componentes (200° C para el casquillo y entre 350° y 520° C para la ampolla según el material y tipo de lámpara).





La influencia del número de encendidos es muy importante para establecer la duración de una lámpara de descarga ya que el deterioro de la sustancia emisora de los electrodos depende en gran medida de este factor.

g. Lámparas con halogenuros metálicos

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio).

Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V).

Las excelentes prestaciones cromáticas la hacen adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para retransmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.

h. Lámparas de vapor de sodio de baja presión

La descarga eléctrica en un tubo con vapor de sodio a baja presión produce una radiación monocromática característica formada por dos rayas en el espectro (589 nm y 589.6 nm) muy próximas entre sí.

La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas



lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrece es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su mono cromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos.

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6000 y 8000 horas. Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, aunque también se utiliza con finalidades decorativas. En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga. Aunque también se puede producir por deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior.

En estas lámparas el tubo de descarga tiene forma de U para disminuir las pérdidas por calor y reducir el tamaño de la lámpara. Está elaborado de materiales muy resistentes pues el sodio es muy corrosivo y se le practican unas pequeñas hendiduras para facilitar la concentración del sodio y que se vaporice a la temperatura menor posible. El tubo está encerrado en una ampolla en la que se ha practicado el vacío con objeto de aumentar el aislamiento térmico. De esta manera se ayuda a mantener la elevada temperatura de funcionamiento necesaria en la pared del tubo (270° C).

El tiempo de arranque de una lámpara de este tipo es de unos diez minutos. Es el tiempo necesario desde que se inicia la descarga en el tubo en una mezcla de gases inertes (neón y argón) hasta que se vaporiza todo el sodio y comienza a emitir luz. Físicamente esto se corresponde a pasar de una luz roja (propia del neón) a la amarilla característica del sodio. Se procede así para reducir la tensión de encendido.



i. Lámparas de vapor de sodio de alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ($T_{\text{color}}=2100\text{ K}$) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión ($\text{IRC} = 25$, aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1000° C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.



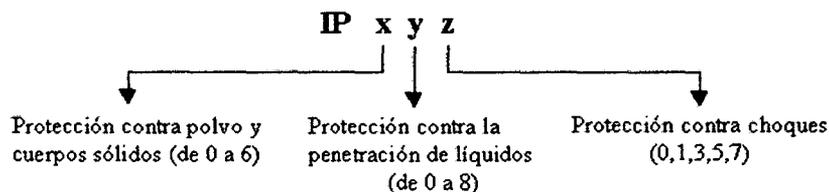
2.3.1.2 Luminarias

Son aparatos destinados a alojar, soportar y proteger la lámpara y sus elementos auxiliares además de concentrar y dirigir el flujo luminoso de esta. Para ello, adoptan diversas formas aunque en alumbrado público predominan las de flujo asimétrico con las que se consigue una mayor superficie iluminada sobre la calzada. Las podemos encontrar montadas sobre postes, columnas o suspendidas sobre cables transversales a la calzada, en catenarias colgadas a lo largo de la vía o como proyectores en plazas y cruces.

a. Clasificación de Luminarias

- Según sus características mecánicas y eléctricas:

Según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas nacionales (UNE 20324) e internacionales, las luminarias se designan por las letras IP seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.



Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

Clase	Protección eléctrica
0	Aislamiento normal sin toma de tierra
I	Aislamiento normal y toma de tierra
II	Doble aislamiento sin toma de tierra
III	Luminarias para conectar a circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a la mencionada

Tabla 2-9 Clasificación de Luminarias por protección eléctrica
Fuente CIE

- Según sus características fotométricas:

El alcance es la distancia, determinada por el ángulo γ_{max} , en que la luminaria es capaz de iluminar la calzada en dirección longitudinal. Este ángulo se calcula como el valor medio entre los dos ángulos correspondientes al 90% de I_{max} que corresponden al plano donde la luminaria presenta el máximo de la intensidad luminosa.

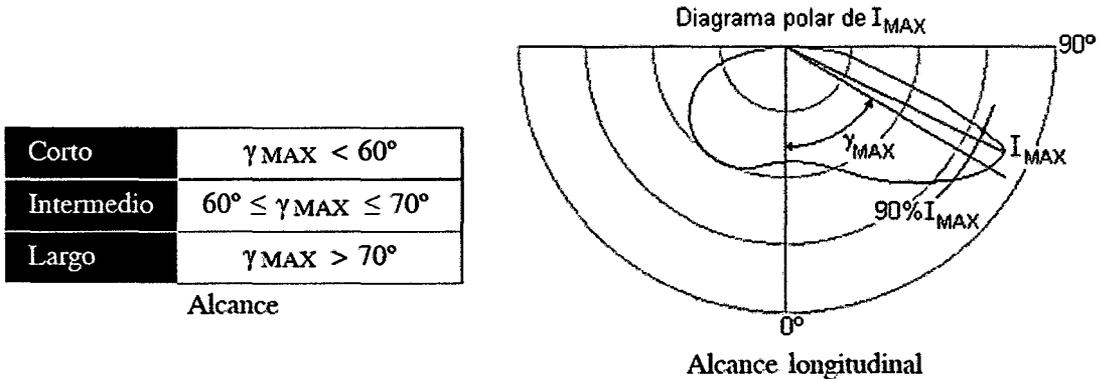
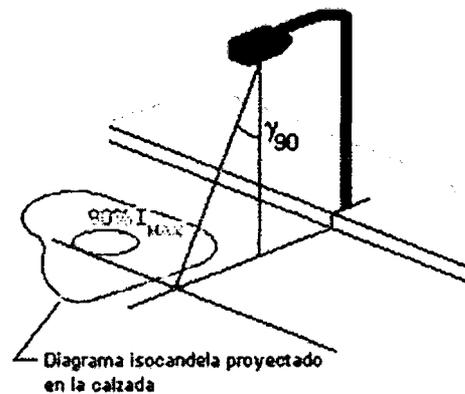


Figura 2-26 Características fotométricas.
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

La dispersión es la distancia, determinada por el ángulo γ_{90} , en que es capaz de iluminar la luminaria en dirección transversal a la calzada. Se define como la recta tangente a la curva isocandela del 90% de I_{max} proyectada sobre la calzada, que es paralela al eje de esta y se encuentra más alejada de la luminaria.

Estrecha	$\gamma_{90} < 45^\circ$
Media	$45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55^\circ$
Ancha	$\gamma_{90} > 55^\circ$

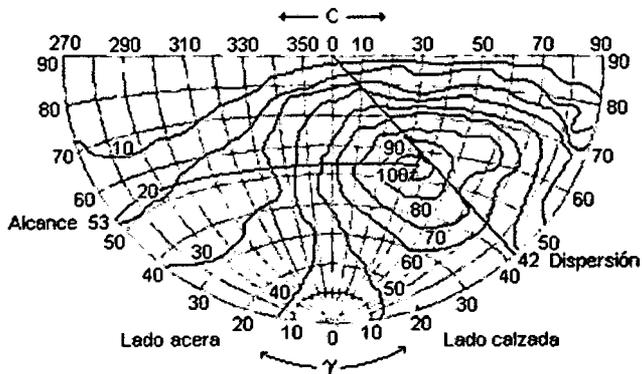
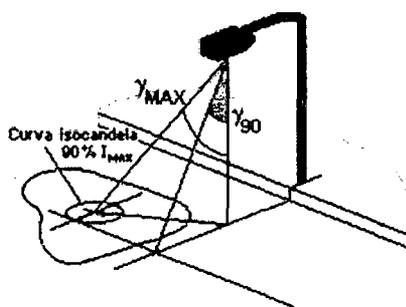
Dispersión



Dispersión transversal

Figura 2-27 Dispersión de la luz
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

Tanto el alcance como la dispersión pueden calcularse gráficamente a partir del diagrama isocandela relativo en proyección azimutal.



Alcance y dispersión de una luminaria

Método gráfico para calcular el alcance y la dispersión

Figura 2-28 Alcance de dispersión.
Fuente Edison.upc.edu/curs/ilum

Por último, el control nos da una idea de la capacidad de la luminaria para limitar el deslumbramiento que produce.

Limitado	SLI < 2
Medio	$2 \leq \text{SLI} \leq 4$
Intenso	SLI > 4

Control

Donde la fórmula del SLI (índice específico de la luminaria) se calcula a partir de las características de esta.





2.4.4 Criterios de Calidad

Para determinar si una instalación es adecuada y cumple con todos los requisitos de seguridad y visibilidad necesarios se establecen una serie de parámetros que sirven como criterios de calidad. Son la luminancia media (L_m , L_{AV}), los coeficientes de uniformidad (U_0 , U_L), el deslumbramiento (TI y G) y el coeficiente de iluminación de los alrededores (SR).

2.4.4.1 Coeficiente de Uniformidad

Como criterios de calidad y evaluación de la uniformidad de la iluminación en la vía se analizan el rendimiento visual en términos del coeficiente global de uniformidad U_0 y la comodidad visual mediante el coeficiente longitudinal de uniformidad U_L (medido a lo largo de la línea central).

$$U_0 = L_{min}/L_m \quad (22)$$

$$U_L = L_{min}/L_{max} \quad (23)$$

2.4.4.2 Deslumbramiento

El deslumbramiento producido por las farolas o los reflejos en la calzada, es un problema considerable por sus posibles repercusiones. En sí mismo, no es más que una sensación molesta que dificulta la visión pudiendo, en casos extremos, llegar a provocar ceguera transitoria. Se hace necesario, por tanto, cuantificar este fenómeno y establecer unos criterios de calidad que eviten estas situaciones peligrosas para los usuarios.

Se llama deslumbramiento molesto a aquella sensación desagradable que sufrimos cuando la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa. Este fenómeno se evalúa de acuerdo a una escala numérica, obtenida de estudios estadísticos, que va del deslumbramiento insoportable al inapreciable.



G	Deslumbramiento	Evaluación del alumbrado
1	Insoportable	Malo
3	Molesto	Inadecuado
5	Admisible	Regular
7	Satisfactorio	Bueno
9	Inapreciable	Excelente

Tabla 2-10 Índice de deslumbramiento
Fuente CIE

Donde la fórmula de G se calcula a partir de características de la luminaria y la instalación.

Actualmente no se utiliza mucho porque se considera que siempre que no se excedan los límites del deslumbramiento perturbador, este está bajo control.

El deslumbramiento perturbador se produce por la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa. No obstante, este fenómeno no lleva necesariamente asociado una sensación incómoda como el deslumbramiento molesto. Para evaluar la pérdida de visión se utiliza el criterio del incremento de umbral (TI) expresado en tanto por ciento:

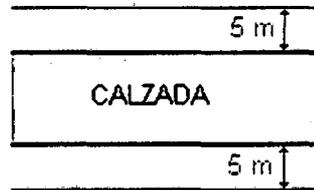
$$TI = 65 \cdot \frac{L_v}{(L_m)^{0.5}} \quad (24)$$

Donde L_v es la luminancia de velo equivalente y L_m es la luminancia media de la calzada.

2.4.4.3 Coeficiente de Iluminación de los Alrededores

El coeficiente de iluminación en los alrededores (Surround Ratio, SR) es una medida de la iluminación en las zonas limítrofes de la vía. De esta manera se asegura que los objetos, vehículos o peatones que se encuentren allí sean visibles para los conductores. SR se obtiene calculando la iluminancia media

de una franja de 5 m de ancho a cada lado de la calzada.



2.5 GESTION

Es la capacidad de la institución para definir, alcanzar y evaluar sus propósitos, con el adecuado uso de los recursos disponibles.

- *La gestión como proceso*

La gestión es un proceso que comprende determinadas funciones y actividades laborales que los gestores deben llevar a cabo a fin de lograr los objetivos de la empresa. En la gestión, los directivos utilizan ciertos principios que les sirven de guía en este proceso.

- *La gestión como disciplina*

Clasificar la gestión como una disciplina implica que se trata de un cuerpo acumulado de conocimientos susceptibles de aprendizaje mediante el estudio. Así pues, la gestión es una asignatura con principios, conceptos y teorías.

Estudiamos la gestión para entender esos principios, conceptos y teorías y para aprender la manera de aplicarlos en el proceso de la gestión empresarial.

- *La gestión y las personas*

La perspectiva de la gestión desde el punto de vista de las personas tiene otro significado adicional. Se refiere a la importancia de los empleados con los que el gestor trabaja y a los que dirige en el cumplimiento de los objetivos de la organización. Las personas son la sangre que da la vida a la organización. Sin ellos no se podría hablar de una empresa rentable o del lanzamiento con éxito de un nuevo producto.

- *La gestión como carrera*

Los diferentes significados e interpretaciones del término gestión pueden interrelacionarse de este modo: las personas que quieren tener una carrera como gestores deberán estudiar la disciplina de gestión como medio para poner en práctica el proceso de gestión. Así, pues, definimos la gestión como el proceso emprendido por una o más personas para coordinar las actividades laborales de otras personas con la finalidad de lograr resultados de alta calidad que cualquier otra persona, trabajando sola, no podría alcanzar.

2.5.1 Calidad

La definición de gestión implica el término calidad, concepto que inspirará cada una de las páginas de este libro. Una encuesta realizada por Gaflup mostró que los altos ejecutivos consideraban la mejora en la calidad de productos y servicios como el desafío más crítico con el que se enfrentan las compañías.' Estos ejecutivos anteponían la mejora de la calidad a temas como la responsabilidad civil de los productos, las regulaciones gubernamentales o las relaciones laborales. La calidad es considerada actualmente como uno de los principales activos con que cuenta Estados Unidos para mejorar su posición competitiva global. Hay que advertir, sin embargo, que calidad es un término y una práctica aceptados globalmente. El Intercambio global que aparece en la página 14 pone de relieve la atmósfera internacional que envuelve a los pioneros de la calidad.

La palabra calidad ha desencadenado una larga serie de definiciones, por lo que resulta difícil elegir una sola entre ellas. Para los fines propios de este texto, utilizaremos la siguiente definición:

“Calidad es la totalidad de los rasgos y las características de un producto o servicio que se refieren a su capacidad para satisfacer necesidades expresadas o implícitas”. Esta definición sugiere que la calidad debe ajustarse a los requisitos establecidos si es que ha de satisfacer las necesidades de los usuarios o de cualquiera que entre en contacto con el producto o servicio.



2.5.1.1 Dimensiones de la Calidad

David A. Garvín*, sugirió que la calidad de un producto o de un servicio se compone de ocho dimensiones. Las ocho dimensiones de Garvín amplían la perspectiva del concepto de calidad. Clientes, gestores, ingenieros, operarios de línea de producción y oficinistas en cualquier nivel de la jerarquía de una organización han de participar en el mejoramiento y en la gestión de la calidad.

- Rendimiento: una característica operativa primaria de un producto/de un servicio (p. ej., el rendimiento Dimensiones de la de la aceleración de un vehículo, el confort de un usuario que utiliza lentes de contacto de larga duración).
- Características: extras o complementos (p. ej., la guía de estudio para una asignatura M estudiante, el calidad según Garvín cierre centralizado de un vehículo).
- Confiabilidad: la probabilidad de ausencia de funcionamiento defectuoso o de avería durante un período de tiempo específico (p. ej., una garantía de 5 años o por 60.000 km).
- Conformidad: el grado en que el diseño de un producto y sus características operativas cumplen las normas establecidas (p. ej., la prueba de un producto muestra que el producto está en un margen de 0,001 pulgadas respecto a la norma).
- Durabilidad: medida M tiempo de vida de un producto (p. ej., 10 años).
- Utilidad: rapidez y facilidad de reparación (p. ej., un panel que puede ser reemplazado por un usuario no capacitado).
- Estética: el aspecto, tacto, gusto y olor de un producto (p. ej., una rosa tiene un tacto delicado, un color deseado y un aroma distintivo).
- Calidad percibida: la calidad tal como la percibe un consumidor, un cliente o un estudiante (p. ej., un padre utiliza un pañal desechable porque es higiénico, práctico y de precio razonable).



2.5.2 El Proceso de Gestión más Calidad

El proceso de gestión se considera integrado, por regla general, por las funciones de gestión básicas. En el proceso tradicional de gestión se identifican las funciones de planificar, organizar y controlar que se vinculan entre sí mediante la función de liderar. La planificación determina qué resultados ha de lograr la organización; la organización especifica cómo se lograrán los resultados planificados, y el control comprueba si se han logrado o no los resultados previstos.

2.5.2.1 Planificar

La función de gestión que Planificar determina los objetivos de la organización y establece las estrategias adecuadas para el logro de dichos objetivos. La calidad ha de ser un objetivo de alta prioridad en la planificación.

Las funciones de organizar, dirigir y controlar se derivan de la planificación en la medida en que estas funciones llevan a la práctica las decisiones de planificación.

Los gestores, en todos los niveles de la organización, han de planificar. Los gestores perfilan, a través de sus planes, lo que la organización ha de llevar a cabo para lograr el éxito. Por diferentes que sean los enfoques que se dan a los planes, todos sin excepción tienen que ver con el logro de los objetivos de la organización a corto y a largo plazo. Los autores de este texto proponen que los objetivos de calidad a corto y a largo plazo han de figurar entre los de mayor importancia. Si se logran los objetivos de calidad, será más fácil alcanzar otros objetivos relacionados con ella (p. ej., una mayor cuota de mercado, la contención de costes y el rendimiento de las inversiones). En su conjunto, los planes de una organización son los instrumentos primarios para hacer frente a los cambios en su medio ambiente.

La estrategia es un concepto multidimensional que proporciona dirección, sentido de unidad y propósito a la empresa. Viene a ser como un plan maestro





integrador para la organización. La estrategia da origen a los planes que garantizan el cumplimiento de la calidad y de otros objetivos; se orienta al logro de una ventaja competitiva sostenible sobre los competidores y pretende conseguir el emparejamiento entre el ambiente externo de la empresa y sus capacidades internas. Si una empresa en competencia mejora su calidad, la estrategia de la empresa, en tal caso, deberá centrarse en esa fuerza medioambiental.

2.5.2.2 Organizar

Una vez elaborados la estrategia, los objetivos y los planes para el logro de los objetivos, los gestores deberán diseñar y desarrollar una organización apta para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Así pues, la función de organizar consiste en la creación de una estructura de relaciones de trabajo y de autoridad que mejore y mantenga la calidad.

La función de organizar engloba las tareas identificadas en el proceso de planificación y las asigna a determinados individuos y grupos dentro de la empresa, de manera que puedan lograrse los objetivos establecidos en la planificación. Organizar implica, por tanto, la conversión de los planes en acción.

La función de organizar da lugar a una estructura organizativa que hace que la empresa pueda funcionar eficazmente como un todo coherente para lograr objetivos de calidad.

2.5.2.3 Liderar

La función de liderar, llamada algunas veces función de dirección o de motivación, supone liderar influir en los miembros de la organización para que actúen de tal modo que puedan lograrse los objetivos establecidos. Según Deming, los gestores han de ser los líderes que marcan el camino para mejorar



la calidad de productos y servicios mediante el esfuerzo de los trabajadores.

La función de liderazgo centra directamente su atención en los empleados de la organización, ya que su propósito principal es canalizar la conducta humana hacia objetivos de la organización, como el del logro de una mejor calidad. Un liderazgo efectivo es de suma importancia para la organización. Esta capacidad deberá desarrollarse especialmente en determinados niveles de gestión a medida que la competitividad global se vaya imponiendo.

2.5.2.4 Controlar

Un gestor, finalmente, debe asegurarse de que el rendimiento actual de la organización se Función de gestión que ajusta a lo planificado.

La función de controlar la gestión requiere tres elementos:

- Normas definidas de rendimiento.
- Información que señale las desviaciones entre el rendimiento real y las normas definidas.
- Acción de corrección del rendimiento

2.5.3 Capacidades Propias de la Gestión

Cualquiera que sea el nivel en el que los gestores ejercen sus funciones, todos ellos han de adquirir y han de desarrollar una serie de capacidades. Una capacidad es la habilidad o pericia requerida para llevar a cabo una tarea determinada. Varias categorías de capacidades revisten importancia para el ejercicio de los roles de gestión.

2.5.3.1 Capacidades técnicas

Las capacidades técnicas adquieren especial relieve en el nivel de gestión de primera línea, puesto que es en este nivel donde hay que resolver los problemas que surgen en el trabajo diario.





2.5.3.2 Capacidades analíticas

Las capacidades analíticas, representan la capacidad para identificar factores clave, para entender cómo se interrelacionan y para desempeñar sus roles en una situación determinada. La capacidad analítica se identifica, en realidad, con habilidad para diagnosticar y evaluar. Es necesaria para la comprensión del problema y para desarrollar un plan de acción. Sin pericia analítica, no pueden abrigarse esperanzas de éxito a largo plazo.

2.5.3.3 Capacidades para la toma de decisiones

Todos los gestores han de tomar decisiones o han de elegir entre alternativas diversas. La calidad de estas decisiones determina su eficacia. La capacidad de los gestores en la toma de decisiones para adoptar una determinada línea de acción está muy influida por su capacidad analítica. Una pericia analítica insuficiente se traduce inevitablemente en una toma de decisiones deficiente.

2.5.3.4 Capacidades informáticas

Los gestores con capacidades informáticas tienen una comprensión conceptual de la informática y, en particular, saben cómo utilizar el ordenador y el software en muchas facetas de sus trabajos.

2.5.3.5 Capacidades para tratar con las personas

Dado que los gestores han de realizar gran parte de su trabajo por medio de otras personas, su capacidad para trabajar con otros, comunicarse con ellos y comprenderlos es vital.

Las capacidades para tratar con las personas son esenciales en todos y cada uno de los niveles de la organización: son un reflejo de la capacidad de liderazgo de un gestor.



2.5.3.6 Capacidades conceptuales

Las capacidades conceptuales consisten en la capacidad para lograr una percepción global de la organización, de las complejidades de la organización en su conjunto y de la manera en que sus diversas partes encajan entre sí. Para mantener a una organización centrada en sus objetivos es necesario captar el modo en que cada parte de la organización encaja e interactúa con las demás para lograr los objetivos fijados y para operar en un ambiente sujeto a un continuo cambio.

2.6 GLOSARIO DE TERMINOS BASICOS

- ✦ **Servicio de Alumbrado Público:** El Alumbrado Público es un servicio esencial y de utilidad pública que consiste en iluminar las vías, parques y plazas, con el objeto de garantizar el desarrollo normal de actividades de la localidad y ofrecer seguridad al tránsito peatonal y vehicular durante las noches; de esta manera se contribuye a mejorar la calidad de vida de la población. Para su funcionamiento, las instalaciones del alumbrado se abastecen de energía de la red del servicio público de electricidad. El control de su encendido se efectúa localmente mediante célula fotoeléctrica (interruptores que actúan automáticamente cuando se oscurece), programación por reloj en la que se establece la hora de encendido o remotamente por sistemas de telecontrol.
- ✦ **Mantenimiento Preventivo:** Consiste en la revisión periódica de todos y cada uno de los elementos de la instalación, efectuando las tareas necesarias para evitar averías y/o fallos de la misma, antes que ocurran. Como base para esta labor es fundamental contar con el inventario del parque de Alumbrado (número, tipo y ubicación de los puntos de luz, sistemas de control, planos, etc.) y de un plan de mantenimiento, incluyendo la gestión de reemplazos de luminarias y lámparas por cumplimiento de vida útil.
- ✦ **Mantenimiento Correctivo:** Consiste en reparar las averías e incidencias del sistema. Las actividades habituales son: sustitución de lámparas, sustitución o

reparación de las luminarias, sustitución y/o ajuste del Sistema de programación y/o encendido. reparación o sustitución de redes de Alumbrado.

- ✦ Unidad de Alumbrado Público: Se llama así al conjunto que conforma el equipo de alumbrado que consta de: el pastoral, la luminaria, la lámpara, el equipos auxiliar, entre otros.
- ✦ Cuadros de Mando: Es aquel equipo que controla el encendido y apagado del alumbrado público, consta de: el interruptor termomagnético, contactor electromagnético, fotocélula o reloj.



U
N
Z
A
A
C





CAPÍTULO III

SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO



3.1 EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN, EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Una instalación de alumbrado público 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 otras, por el uso que se haga de ella. Mientras las condiciones de la instalación se determinan en el proyecto, las condiciones 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, de explotación o mantenimiento.
- 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 costo, 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 Público.



Los estudios y experiencias realizadas fueron:

- Evaluación del estado de funcionamiento de las instalaciones.
- Recopilación y análisis de datos a evaluar, el efecto de la falta de gestión sobre los costos energéticos.

3.2 RECOPIACION Y PROCESAMIENTO DE DATOS

3.2.1 Muestra de las Instalaciones

3.2.1.1 Número de Unidades de AP y Clasificación de Lámparas

La tabla que se muestra a continuación se obtuvo del procesamiento de la base de datos del Sistema Informático Georeferenciado (GIS), la cual está regentada por la oficina del Sistema Informático de Distribución (SID), correspondiente a lo que es el alumbrado público de la ciudad del Cusco, que es administrada por la empresa concesionaria Electro Sur Este S.A.A. (ELSE) .





Lámpara	Código	Potencia	Cantidad	Porcentaje
Mercurio	H	80	50	0.194%
		125	11	0.043%
		160	10	0.039%
		250	1	0.004%
		400	1	0.004%
	Total H		73	0.283%
Sodio AP	N	20	5	0.019%
		50	1,907	7.398%
		70	19,591	75.999%
		100	47	0.182%
		150	2,435	9.446%
		250	1,066	4.135%
		400	10	0.039%
	1000	1	0.004%	
Total N		25,062	97.222%	
Ahorradoras	A	9	63	0.244%
		18	8	0.031%
		20	427	1.656%
		70	2	0.008%
	Total A		500	1.940%
Halogenuro Metálico	H	50	4	0.016%
		70	70	0.272%
		100	65	0.252%
		250	1	0.004%
	Total H		140	0.543%
Otras	O		3	0.012%
Total general			25,778	100.000%

Tabla 3-1 Número de unidades de AP registrados al año 2011

Fuente ELSE

El cuadro se complementa con el siguiente gráfico, de acuerdo a una distribución porcentual:



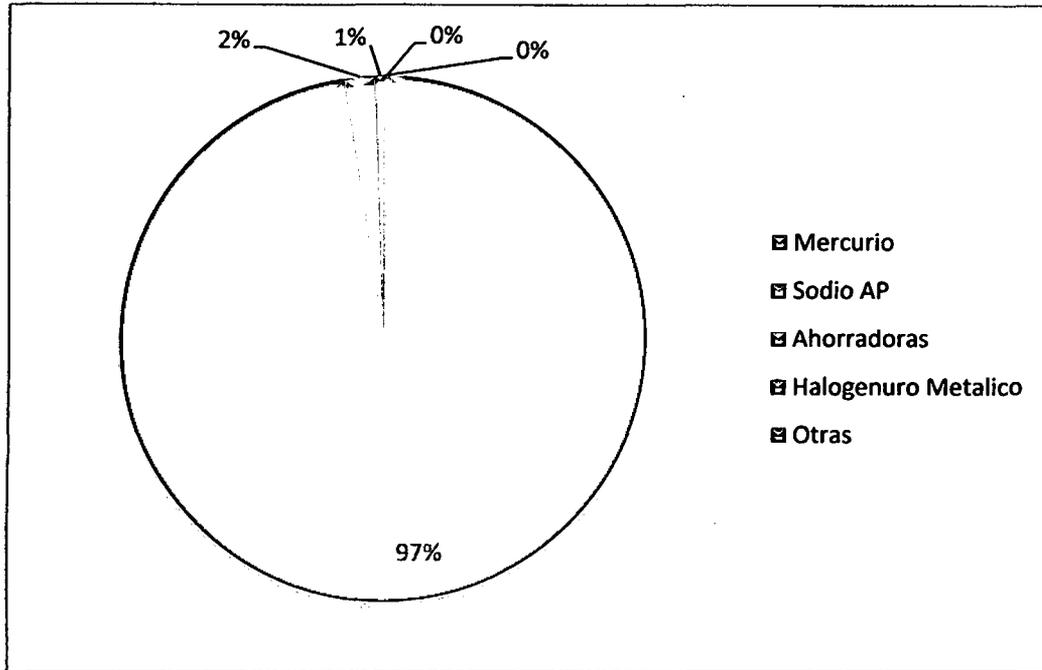


Figura 3-1 Clasificación de lámparas, de un total de 25,778 unidades al 2011
Fuente ELSE

Se puede apreciar que de la muestra seleccionada un 97% corresponden a lámparas de vapor de sodio de alta presión.

3.2.1.2 Numero de Subestaciones

Se toma en cuenta este valor para asociarlos con el número de centros de control o de mando a analizar.

Centro de Control	Cantidad
Subestaciones de Distribución	604

Tabla 3-2 Número de centros de control o mando registrados al año 2011
Fuente ELSE



3.2.1.3 Potencia Instalada

De acuerdo a la tabla 3-1, y considerando la potencia de cada lámpara se tiene:

Lámpara	Código	Potencia	Total	Potencia Total (KW)
Mercurio	H	80	50	4.00
		125	11	1.38
		160	10	1.60
		250	1	0.25
		400	1	0.40
	Total H		73	7.63
Sodio AP	N	20	5	0.10
		50	1,907	95.35
		70	19,591	1,371.37
		100	47	4.70
		150	2,435	365.25
		250	1,066	266.50
		400	10	4.00
	1000	1	1.00	
Total N		25,062	2,108.27	
Ahorradoras	A	9	63	0.57
		18	8	0.14
		20	427	8.54
		70	2	0.14
	Total A		500	9.39
Halogenuro Metálico	H	50	4	0.20
		70	70	4.90
		100	65	6.50
		250	1	0.25
	Total H		140	11.85
Otras	O		3	0.00
Total general			25,778	2,137.14

Tabla 3-3 Potencia Instalada (KW) con referencia al año 2011

Fuente ELSE





3.2.1.4 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 78% tendría una antigüedad mayor a 15 años. El 4% tendría un estado deficiente que puede deberse a la antigüedad y/o a la mala conservación como puede observarse en tablas siguientes:

Antigüedad	<5 años	5 a 15 años	> 15 años
Porcentaje	8.32%	13.86%	77.78%

Tabla 3-4 Antigüedad de las instalaciones al 2011
Fuente ELSE

Estado	Bueno	Regular	Deficiente
Porcentaje	74.62%	21.31%	4.07%

Tabla 3-5 Estado de las instalaciones al 2011
Fuente ELSE

3.2.2 Gestión y Explotación

3.2.2.1 Presupuesto y Gasto de Alumbrado Público

a) *Presupuesto y gasto total de los últimos 5 años por mantenimiento.*

AÑO	PRESUPUESTO	GASTO
2007	S/.42,839.46	S/.37,528.52
2008	S/.23,257.20	S/.23,481.28
2009	S/.37,776.12	S/.24,005.26
2010	S/.62,175.62	S/.70,309.16
2011	S/.63,326.72	S/.75,347.17

Tabla 3-6 Presupuesto y gasto total por concepto de mano de obra por año
Fuente ELSE



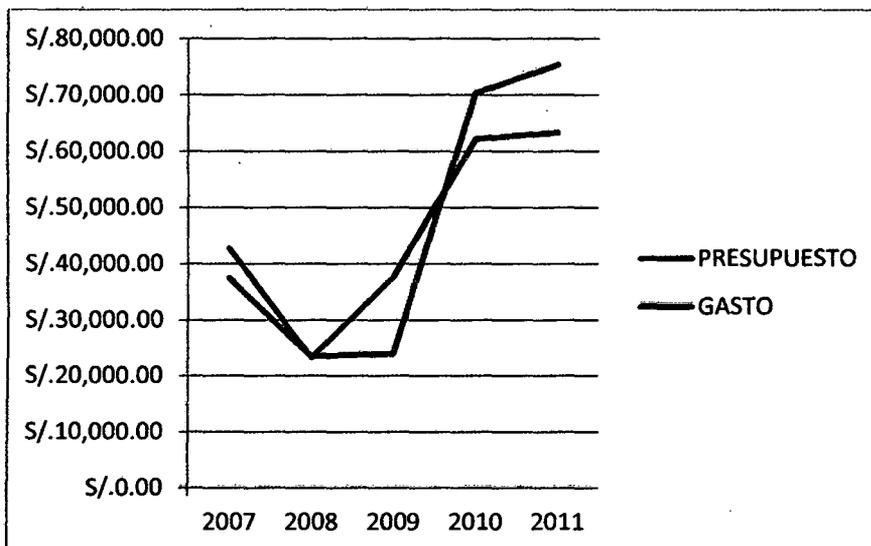


Figura 3-2 Presupuesto y gasto total por concepto de mano de obra por año
Fuente ELSE

b) *Presupuesto y gasto total de los últimos 5 años por compra de materiales.*

AÑO	PRESUPUESTO	GASTO
2007	S/.70,954.59	S/.57,977.18
2008	S/.72,897.68	S/.69,313.90
2009	S/.140,982.35	S/.107,197.04
2010	S/.173,928.30	S/.122,469.06
2011	S/.170,689.08	S/.158,459.44

Tabla 3-7 Presupuesto y gasto de materiales total por año
Fuente ELSE



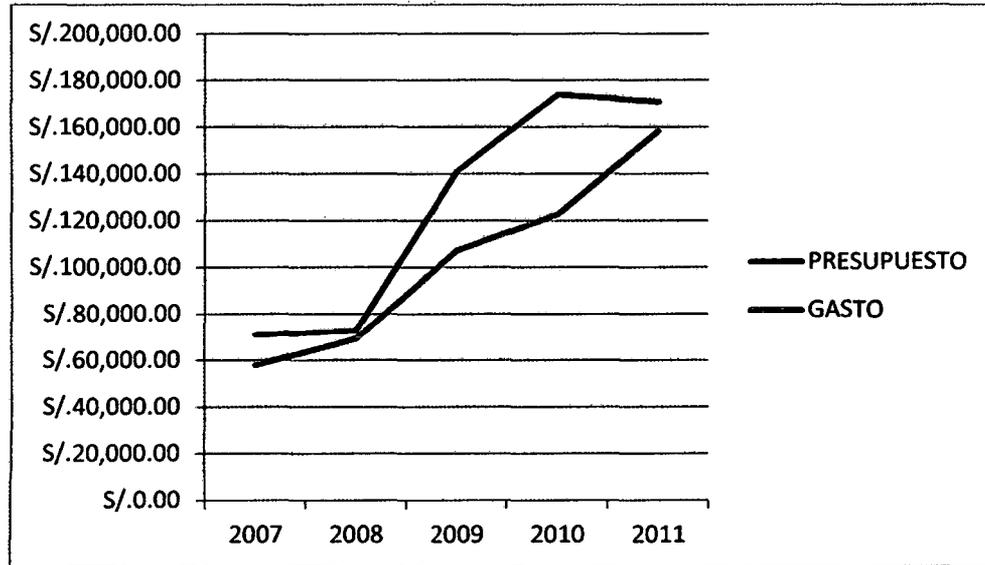


Figura 3-3 Presupuesto y gasto de materiales total por año
Fuente ELSE

3.2.2.2 Consumo Anual (KWh)

AÑO	CONSUMO (kwh)
2007	9'494,204.00
2008	10'038,647.00
2009	10'036,840.00
2010	9'705,444.00
2011	9'849,588.00

Tabla 3-8 Consumo de AP promedio por año
Fuente ELSE

3.2.2.3 Costo del Consumo Anual

AÑO	Costo (S/.)
2007	4'129,978.74
2008	2'947,346.76
2009	3'104,394.61
2010	3'357,113.08
2011	2'390,495.01

Tabla 3-9 Costo de consumo de AP promedio por año
Fuente ELSE





3.2.2.4 Averías y Duración

Las averías anuales fueron calculadas como el promedio de fallos por año respecto a la cantidad de puntos de luz de la ciudad del Cusco. El valor medio obtenido se muestra en la tabla 3-10. La duración media de una falla o la ausencia de alumbrado público en un punto o sector, indicada por los entes supervisores es de 24hs hasta la reparación. Lo que ocasiona una ausencia de respuestas de la empresa concesionaria.

AÑO	PUNTOS DE LUZ	CENTROS DE CONTROL
2007	5,60%	35,60%
2008	9,92%	11,92%
2009	14,00%	11,92%
2010	16,63%	12,91%
2011	17,96%	12,75%

Tabla 3-10 Porcentaje de averías por año
Fuente ELSE

3.2.3 Políticas de Mantenimiento

El mantenimiento del alumbrado público en la ciudad del Cusco es realizado en un 100% por empresas externas, que son contratadas por licitaciones o concursos públicos; que son supervisados o controlados por la empresa prestadora del servicio Electro Sur Este S.A.A.

En la figura 3-4, se muestra el porcentaje comparativo las políticas de mantenimiento sobre un total de 24,077 operaciones de mantenimiento registradas por la empresa concesionaria al año 2011, donde se aprecia que a lo largo de 05 años el tipo de operación aplicada con mayor frecuencia es la correctiva, cuyas actividades más recurrentes son: cambios de lámparas, cambios de equipos auxiliares, cambios de luminarias, reparaciones, etc. Y en menor cantidad el preventivo que depende de las actividades siguientes: limpiezas de difusores, mantenimiento de equipos de control y mando.





MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN	NUMERO	%
Preventiva	Unidades de AP	2,245	9.32%
	Cuadro de mando	17	0.07%
	otros	0	0,00%
	SUBTOTAL		9.39%
Correctiva	Unidades de AP	16527	68.64%
	Cuadro de mando	514	2.13%
	Líneas aéreas	3311	13.75%
	Líneas subterráneas	411	1.72%
	otros	1052	4.37%
	SUBTOTAL		90.61%
TOTAL		24,077	100,00%

Tabla 3-11 Operaciones de mantenimiento sobre los elementos del sistema de alumbrado público

Fuente ELSE

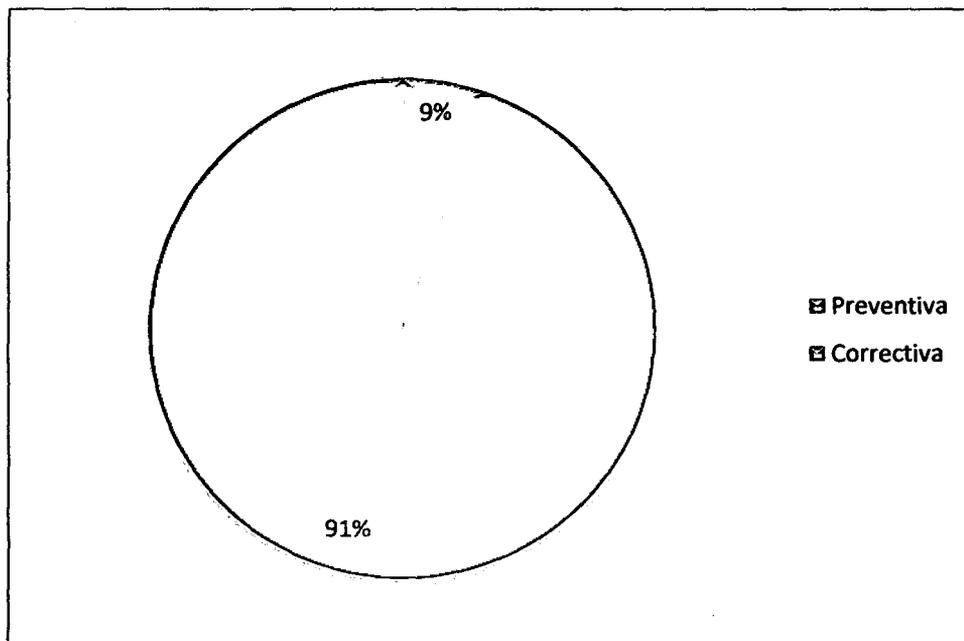


Figura 3-4 Porcentaje Políticas de Mantenimiento

Fuente ELSE





3.2.3.1 Operaciones Preventivas

Las operaciones denominadas preventivas o programadas realizadas a lo largo de 05 años por la empresa concesionaria fueron 2,262; las que corresponden a cambios masivos de equipos auxiliares y limpiezas de luminarias, mantenimiento de equipos de control y mando. La distribución porcentual de operaciones preventivas se indica en figura 3-5, de acuerdo a la tabla 3-12.

CLASES	ACTIVIDADES PREVENTIVAS	2007	2008	2009	2010	2011	TOTAL
Unidades de AP	Cambio o limpieza de difusor	1297	102	95	59	92	1645
	Renovación de equipos auxiliares	0	58	166	78	298	600
Centros de Mando	Mantenimiento de reloj o fotocélula	0	6	2	6	3	17
	TOTAL	1297	166	273	143	393	2,262

Tabla 3-12 Cantidad de operaciones preventivas por año.

Fuente ELSE

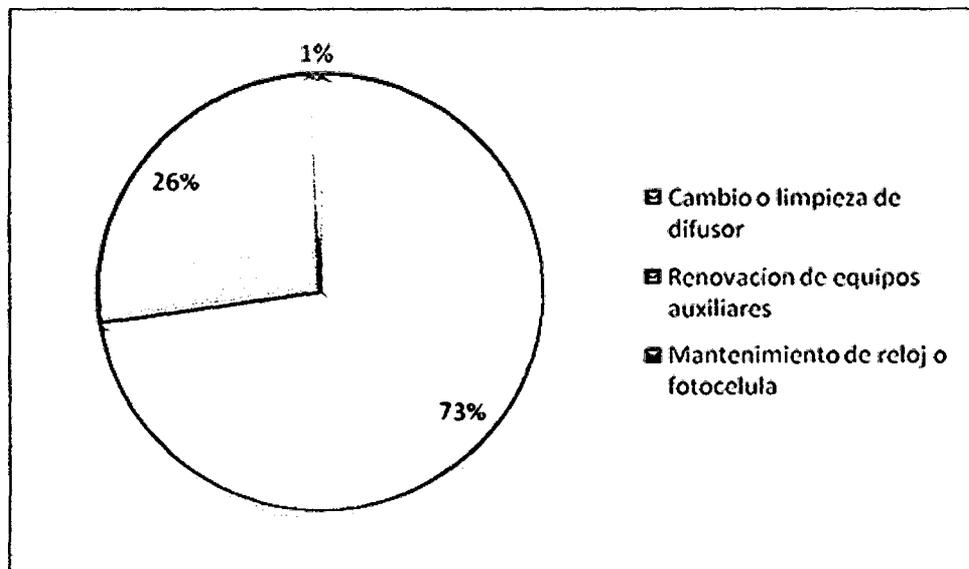


Figura 3-5 Distribución porcentual de actividades preventivas sobre un total de 2,262 operaciones preventivas en un lapso de 05 años (al 2011).

Fuente ELSE

En la figura 3-6 se ha graficado la distribución temporal de las operaciones preventivas, donde se observa que la política seguida en los cinco años ha sido de limpieza de luminarias. Estas operaciones no se realizaron en un periodo breve de tiempo sino que se efectuaron distribuidas a lo largo del tiempo.



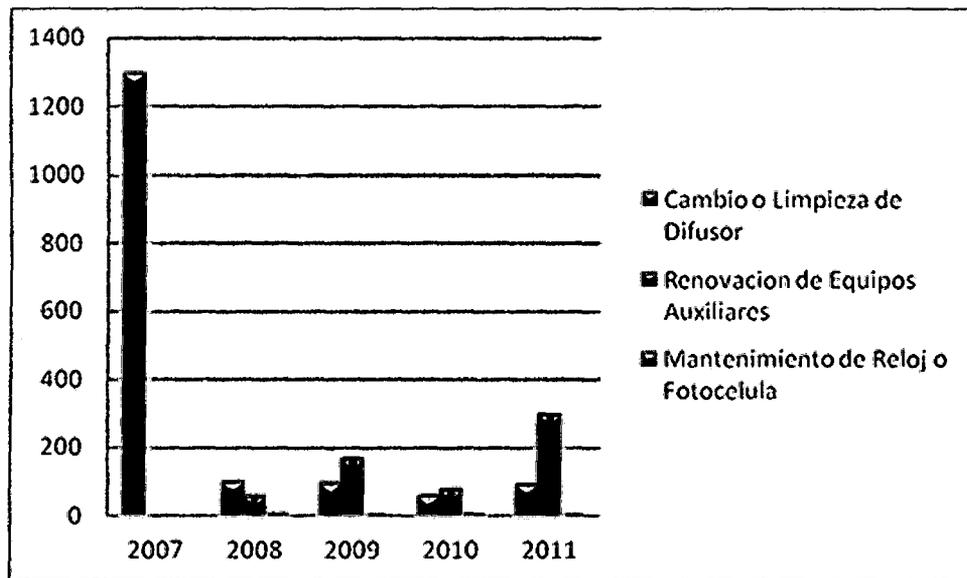


Figura 3-6 Distribución en los años de evaluación
Fuente ELSE

3.2.3.2 Operaciones Correctivas

Las operaciones denominadas correctivas consisten en reparaciones o sustituciones puntuales destinadas a corregir la falla detectada. A partir del análisis de las actividades correctivas se busca determinar el peso de cada tipo de operación y el componente asociado. La distribución porcentual de operaciones correctivas en general de la base de datos analizada se indica en figura 3-7. Según la tabla 3-13.

MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN	2007	2008	2009	2010	2011	TOTAL	PORCENTAJE
Correctiva	Puntos de luz	1443	2558	3608	4287	4631	16531	75,76%
	Cuadro de mando	215	72	72	78	77	514	2,36%
	Líneas aéreas	711	706	701	930	263	3312	15,18%
	Líneas subterráneas	49	20	86	192	64	411	1,88%
	otros	57	143	156	362	334	1052	4,82%
	TOTAL	2475	3499	4623	5849	5369	21820	100,00%

Tabla 3-13 Cantidad de operaciones correctivas por año.

Fuente ELSE



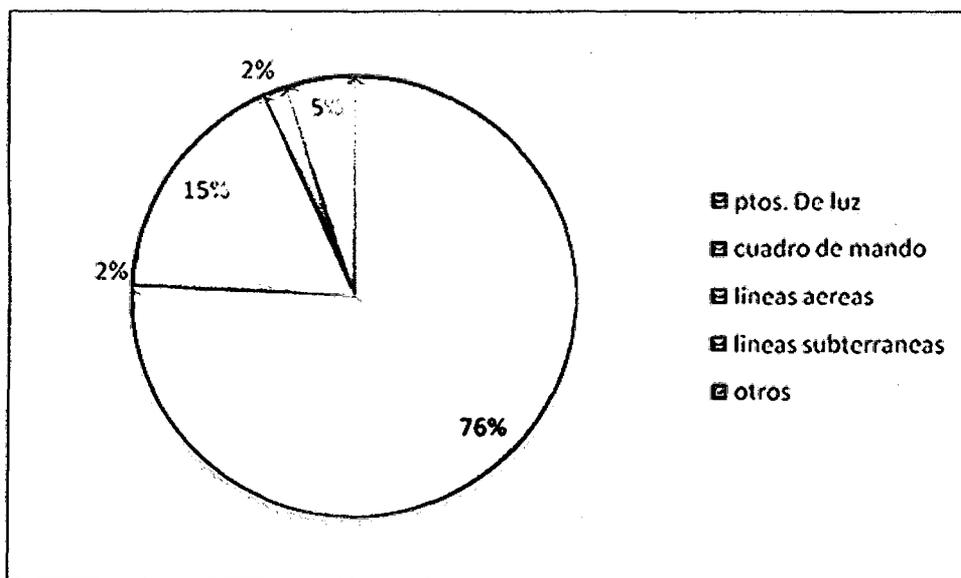


Figura 3-7 Distribución porcentual de actividades correctivas
Fuente ELSE

Del mismo modo que en la figura 3-8, se muestra la distribución porcentual de las actividades de mantenimiento realizadas en las unidades de alumbrado público según la tabla 3-14.

CLASES	ACTIVIDADES CORRECTIVAS	2007	2008	2009	2010	2011	TOTAL	%
Unidades de AP	Instalación o retiro de unidad de AP	168	623	741	382	494	2408	14,12%
	Cambio de Lámpara o Socket	867	1455	2559	3145	2922	10948	64,21%
	Cambio de Equipo Auxiliar	128	272	179	567	376	1522	8,93%
	Cambio de Luminaria	53	36	79	114	245	527	3,09%
	Reparación y Puesta en Servicio de AP	120	163	26	38	569	916	5,37%
	Cambio de Acometida	107	15	24	41	33	220	1,29%

Tabla 3-14 Cuadro de actividades correctivas por año en unidades de AP
Fuente ELSE



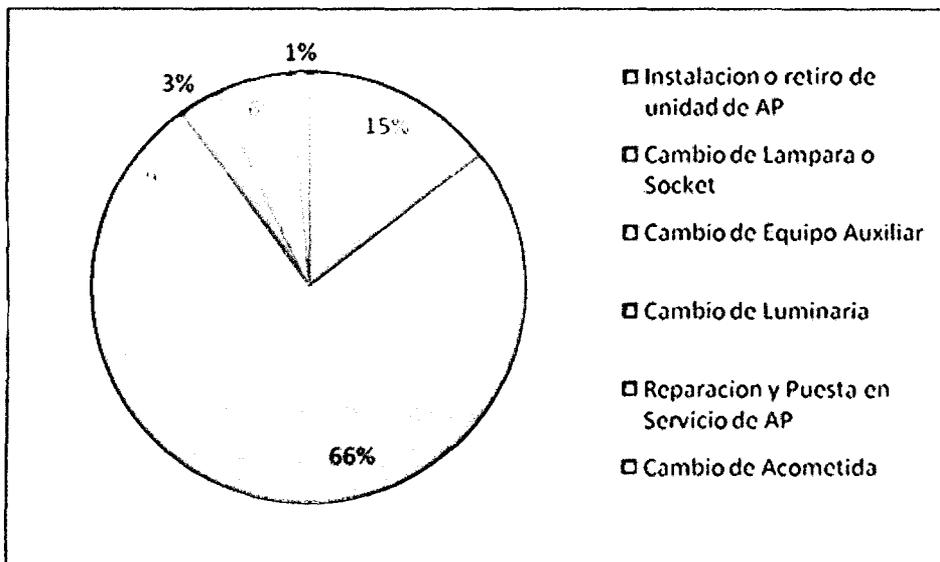


Figura 3-8 Distribución porcentual de actividades correctivas en unidades de AP

Fuente ELSE

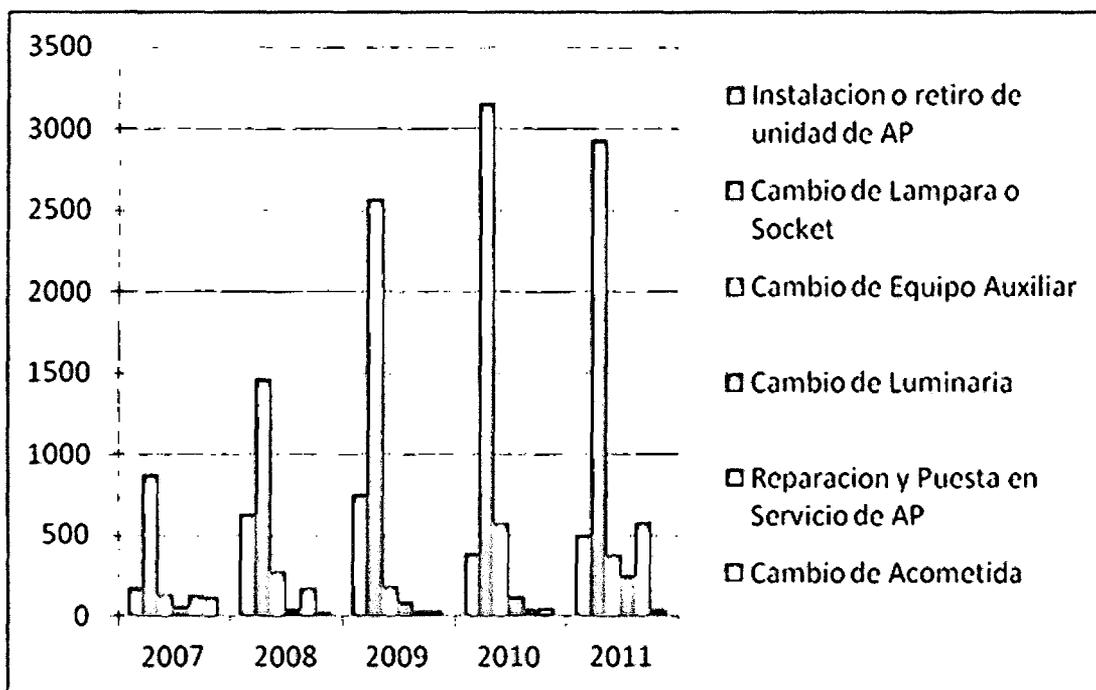


Figura 3-9 Distribución de actividades en los años de evaluación

Fuente ELSE

Para cuadros de mando se tiene la siguiente distribución que se muestra en la figura 3-10, en base a la tabla 3-15.





CLASE	ACTIVIDADES CORRECTIVAS	2007	2008	2009	2010	2011	TOTAL	%
Centros de Mando	Cambio de Equipo de Control y Mando	199	61	72	78	77	487	95,87%
	Regulación de Reloj Temporizador en S.E. Caseta	3	4	0	0	0	7	1,38%
	Regulación de Reloj Temporizador en S.E. Aérea	13	1	0	0	0	14	2,76%

Tabla 3-15 Cuadro de actividades correctivas por año en centros de mando
Fuente ELSE

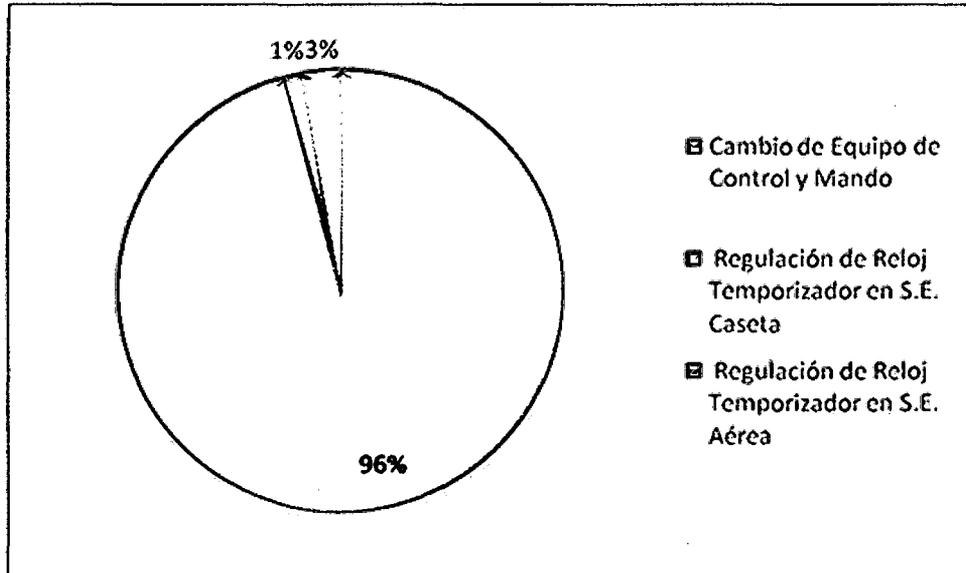


Figura 3-10 Distribución porcentual de actividades correctivas en centros de mando
Fuente ELSE

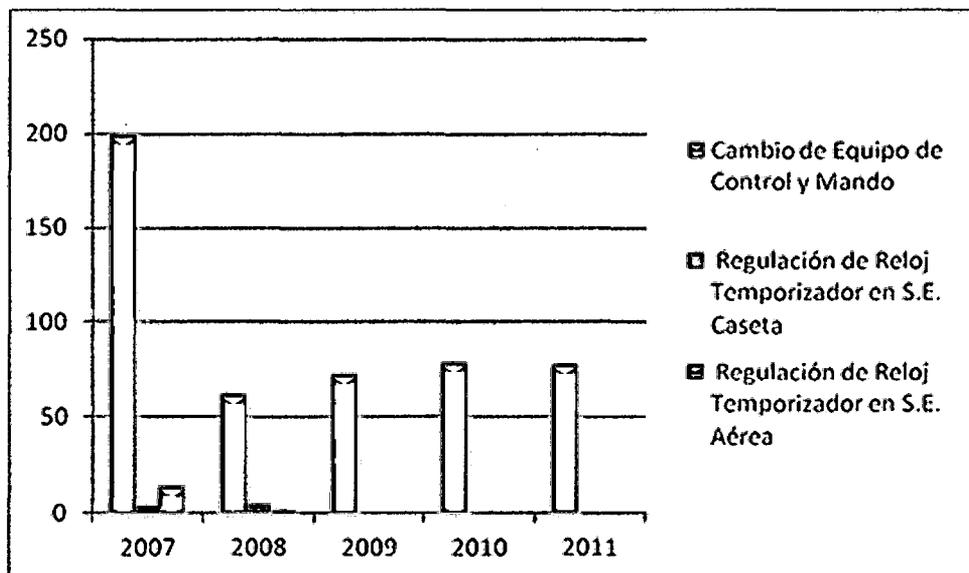


Figura 3-11 Distribución de actividades en los años de evaluación
Fuente ELSE





3.2.3.3 Porcentaje de Fallas en Lámparas y Equipos Auxiliares

Los porcentajes de fallas de lámparas (ahorradoras y sodio), y equipos auxiliares, acumuladas en el período de 5 años (01/01/2007 al 31/12/2011) extraídos de la base de datos de ELSE se muestran en las tablas 3-12 y 3-13.

Lámpara	Ahorradora	V sodio				
Potencia (W)	20	50	70	150	250	Total
Instalados	505	1907	19638	2435	1077	25057
Nº fallas	315	1642	7957	572	150	10321
Porcentaje Promedio de Fallas Anuales	12,48%	17,22%	8,10%	4,70%	2,79%	41,19%

Tabla 3-16 Porcentaje promedio de fallas en 5 años (lámparas)
Fuente ELSE

Lámpara	Ahorradora	V sodio				
Potencia (W)	20	50	70	150	250	Total
Instalados	505	1907	19638	2435	1077	25057
Nº fallas	0	274	896	229	85	1484
Porcentaje Promedio de Fallas Anuales	0,00%	2,87%	0,91%	1,88%	1,58%	5,92%

Tabla 3-17 Porcentaje promedio de fallas en 5 años (equipos auxiliares)
Fuente ELSE

El porcentaje de fallas anuales para lámparas ahorradoras es de 12.48%, debido a que durante los 5 años se realizaron 505 cambios de lámparas ahorradoras, de las cuales fallaron 315, lo que hace un porcentaje de 67.38%, esto para un lapso de 5 años, si queremos tener un promedio por año dicho porcentaje lo dividimos entre el número de años, entonces el promedio anual de fallas de lámparas ahorradoras es 12.48%, mientras que para lámparas de Sodio es el 41.19%. En equipos auxiliares el porcentaje de fallas anuales es de 5.92% para lámparas de sodio solamente, el análisis es similar para el porcentaje promedio de fallas anuales de equipos auxiliares.



3.3 EVALUACION DE ASPECTOS ENERGÉTICOS Y NORMATIVOS DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PUBLICO RELACIONADOS CON LA GESTIÓN, EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO



El alumbrado público 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 costo indirecto que puede originarse debido a:

- Funcionamiento de la instalación fuera de horario necesario.
- Consumo excesivo de energía debido al deterioro de los condensadores de compensación.
- 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.

3.3.1 Aumento en el Consumo

Se debe por lo general al funcionamiento de la instalación fuera del horario necesario, se debe a múltiples factores entre ellos a un mantenimiento deficiente de los interruptores crepusculares o fotocélulas, y también se pudo observar que



los interruptores horarios requieren de una programación que debe variar en las diferentes estaciones del año, debido a que en épocas de verano el día es más largo que la noche a comparación de la época de invierno; pues según el promedio en época de verano el consumo de energía del alumbrado público debe ser menor.

En cuanto al *consumo de energía* del alumbrado público, es registrado por medidores de energía (KWH), los cuales se encuentran instalados en las subestaciones de distribución (SED). La toma de lecturas de los medidores se realiza una vez al mes de acuerdo al cronograma de actividades comerciales de la empresa distribuidora (ELSE).

3.3.2 Régimen de Tarifas de Energía

En nuestro país, está establecido por la Ley de Concesiones Eléctricas y su reglamento, en el caso de las tarifas de alumbrado está dispuesto en el artículo 184 del Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas, donde precisa lo siguiente:

Artículo 184°.- La facturación por servicio de alumbrado público de la concesión, no deberá exceder del 5% del monto facturado total y será distribuida entre los usuarios en importes calculados de acuerdo a los siguientes factores de proporción:

- 1) 1 Para usuarios con un consumo igual o inferior a 30 kWh.
- 2) 7 Para usuarios con un consumo superior a 30 kWh. hasta 100 kWh.
- 3) 12 Para usuarios con un consumo superior a 100 kWh. hasta 150 kWh.
- 4) 25 Para usuarios con un consumo superior a 150 kWh. hasta 300 kWh.
- 5) 35 Para usuarios con un consumo superior a 300 kWh. hasta 500 kWh.
- 6) 70 Para usuarios con un consumo superior a 500 kWh. hasta 750 kWh.
- 7) 80 Para usuarios con un consumo superior a 750 kWh. hasta 1 000 kWh.
- 8) 120 Para usuarios con un consumo superior a 1,000 kWh. hasta 1,500 kWh.
- 9) 140 Para usuarios con un consumo superior a 1,500 kWh hasta 3,000 kWh.





- 10)150 Para usuarios con un consumo superior a 3,000 kWh hasta 5,000 kWh.
- 11)250 Para usuarios con un consumo superior a 5,000 kWh hasta 7,500 kWh.
- 12)300 Para usuarios con un consumo superior a 7,500 kWh hasta 10,000 kWh.
- 13)400 Para usuarios con un consumo superior a 10,000 kWh hasta 12,500 kWh.
- 14)500 Para usuarios con un consumo superior a 12,500 kWh hasta 15,000 kWh.
- 15)700 Para usuarios con un consumo superior a 15,000 kWh hasta 17,500 kWh..
- 16)900 Para usuarios con un consumo superior a 17,500 kWh hasta 20,000 kWh..
- 17)1,100 Para usuarios con un consumo superior a 20,000 kWh hasta 25,000 kWh..
- 18)1,250 Para usuarios con un consumo superior a 25,000 kWh hasta 30,000 kWh.
- 19)1,500 Para usuarios con un consumo superior a 30,000 kWh hasta 50,000 kWh..
- 20)1,750 Para usuarios con un consumo superior a 50,000 kWh hasta 75,000 kWh.
- 21)2,000 Para usuarios con un consumo superior a 75,000 kWh hasta 100,000 kWh.
- 22)3,000 Para usuarios con un consumo superior a 100,000 kWh hasta 200,000 kWh.
- 23)4,000 Para usuarios con un consumo superior a 200,000 kWh hasta 400,000 kWh.
- 24)5,000 Para usuarios con un consumo superior a 400,000 kWh.

Los concesionarios incorporarán en la factura del usuario, un rubro específico por el servicio del alumbrado público.





3.3.3 Facturación por el Servicio de Alumbrado Público

Para los sectores de distribución típicos 2, 3 y 4 corresponderá al consumo leído mensualmente, no debiendo superar el porcentaje máximo de facturación resultante del siguiente cálculo que se efectuará semestralmente:

$$PALP = FALP / FTOT \quad (25)$$

dónde:

PALP: Porcentaje de facturación máximo por el servicio de alumbrado público de la empresa de distribución eléctrica aplicable al semestre de facturación.

FTOT: Monto facturado total en el semestre anterior (enero-junio o julio-diciembre).

FALP: Facturación estimada máxima por alumbrado público del semestre anterior que se calculará como el producto del número de suministros (N) al final del semestre anterior, multiplicado por el factor KALP correspondiente y la sumatoria de los precios medios mensuales del semestre anterior ($\Sigma PMAP$).

$$FALP = N \times KALP \times \sum PMAP \quad (26)$$

dónde:

SECTOR - SEGMENTO	KALP kW.h./Usuario- mes
Sector 2 - Segmento A	11.0
Sector 2 - Segmento B	
Sector 3 - Segmento A	10.3
Sector 3 - Segmento B	
Sector 4 - Segmento A	6.1
Sector 4 - Segmento B	4.5
Sector 5	3.3

Tabla 3-18 Factores KALP
Fuente: Ministerio de Energía y Minas



3.3.4 Calidad de Alumbrado Publico

La calidad de alumbrado público está especificada en el Título Octavo de La Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos y sus modificatorias (DS-N° 20-97-EM), en el que hace referencia a lo siguiente:

3.3.4.1 Indicador de Calidad

El indicador principal para evaluar la Calidad del Alumbrado Público es la longitud de aquellos tramos de las vías públicas que no cumplen con los niveles de iluminación especificados en la Norma Técnica DGE-016-T-2/1996 o la que la sustituya. Este indicador denominado Longitud Porcentual de Vías con Alumbrado Deficiente, $I(\%)$, está expresado como un porcentaje de la Longitud Total de las Vías con Alumbrado (L) cuyo responsable es el suministrador, y está definido como:

$$I(\%) = \left(\frac{I}{L} \right) \times 100\% \quad (27)$$

dónde:

I : Es la sumatoria de la longitud real de todos los tramos de vías públicas con Alumbrado Deficiente. En la evaluación de este parámetro se deberán tomar en cuenta los correspondientes tipos de revestimiento de calzadas y factores de uniformidad.

3.3.4.2 Tolerancias

Las tolerancias admitidas para la Longitud Porcentual de Vías con Alumbrado Deficiente, $I(\%)$, es del diez por ciento (10%).



3.3.5 Calidad de Producto

La Calidad de Producto al igual que la calidad de alumbrado público se encuentra en la misma Norma Técnica, el cual se evalúa por las transgresiones de las tolerancias en los niveles de tensión, frecuencia y perturbaciones en los puntos de entrega. El control de la Calidad de Producto se lleva a cabo en períodos mensuales, denominados "Períodos de Control".

3.3.5.1 Indicador de Calidad

El indicador para evaluar la tensión de entrega, en un intervalo de medición (k) de quince (15) minutos de duración, es la diferencia (ΔV_k) entre la media de los valores eficaces (*RMS*) instantáneos medidos en el punto de entrega (V_k) y el valor de la tensión nominal (V_N) del mismo punto, este indicador está expresado como un porcentaje de la tensión nominal del punto:

$$\Delta V_k = \frac{(V_k - V_N)}{V_N} \times 100\% \quad (28)$$

3.4 EVALUACION DEL ESTADO DE FUNCIONAMIENTO

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.
- Las causas de las averías, es decir el porqué de las fallas.

3.4.1 Depreciación

Las instalaciones de alumbrado público, reúnen un conjunto de características que explican el por qué se deprecian de forma significativa, entre las más importantes se pueden resaltar:





- Las instalaciones operan todo el año a la intemperie por lo que tienen una elevada exposición a la suciedad, contaminación y agentes atmosféricos.
- Sus componentes funcionan 11h al día y más de 4000 h/año.
- Las acciones de mantenimiento se realizan a gran altura (6-12m) y requieren recursos especializados (Brigadas, carro cestas, materiales de repuestos).
- Son sistemas extendidos territorialmente y se accede a un solo punto de luz a la vez.

Por tanto se puede afirmar que las acciones que se requieren para corregir su depreciación, además de imprescindibles constituyen acciones con cierto grado de complejidad y costosas. Las principales causas que influyen en el deterioro de las características de las instalaciones de alumbrado público, su funcionamiento y por tanto, algunas de ellas, en el valor de la iluminación y luminancia mantenida sobre la vía, son:

- Reducción progresiva del flujo luminoso emitido por las lámparas.
- Acumulación de suciedad sobre las lámparas.
- Envejecimiento de los componentes (reflectores, refractores, etc.)
- Acumulación de suciedad sobre las partes ópticas de las luminarias.
- Fallo prematuro de las fuentes.

Una estimación de la depreciación actual se obtuvo relacionando cada valor de la iluminancia media medida y la iluminancia calculada por un software de iluminación (ULYSSE).

$$d = \frac{E_{medmed}}{E_{medcal}} \quad (29)$$

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

$$E_{min} = 0.7 \times E_{ini} \quad (30)$$





3.4.2 Causas de Averías

a. *Causas que hacen que una lámpara no encienda.*

- Fin de la vida útil de la lámpara.
- Bombilla mal ajustada en el portalámparas.
- Control de mando inoperante.
- Alambrado defectuoso o inapropiado.
- Tensión baja en la luminaria.
- Balasto inadecuado.
- Balasto en cortocircuito.
- Fin de la vida útil del balasto.
- Insuficiente tiempo de enfriamiento cuando la bombilla ha estado operando.
- Arrancador inadecuado.

b. *Causas que acortan la vida útil de la lámpara.*

- Bulbo exterior agrietado.
- Balasto inadecuado o en mal estado.
- Fluctuaciones de tensión en la red.

c. *Causas del parpadeo de la lámpara (Intermitente o cíclico).*

- Balasto inadecuado.
- Tensión variable.
- Alta descarga en la lámpara.
- Fin de la vida útil de la lámpara (sodio alta presión únicamente).

d. *Causas que hacen que la lámpara produzca emisión lumínica reducida.*

- Acumulación de polvo.
- Depreciación normal del flujo luminoso a través de sus horas de vida.



- Tensión incorrecta en el balasto.

e. Causas de rotura de la lámpara.

- Colocación inadecuada.
- Exceso de temperatura en la lámpara.
- Contacto del bulbo con partes metálicas.

f. Diferencia de color entre lámparas de un mismo grupo.

- Envejecimiento de la lámpara.
- Rango de tolerancia de fabricación.
- Variaciones en luminarias.

g. Causas del ennegrecimiento del tubo de arco o deformación del mismo

- Operación a sobre voltaje
- Excesiva corriente o tensión.
- Condensador en cortocircuito
- Problema de reflector de la luminaria
- Operación a brillo parcial





CAPÍTULO IV

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO





4.1 SUPERVIVENCIA DE COMPONENTES

La supervivencia de los componentes básicos de la instalación de alumbrado se estudia con el fin de establecer modelos predictivos de comportamiento. Para ello se realizó una búsqueda de los registros históricos confiables de un periodo superior a tres años. En general la empresa concesionaria lleva un registro de operaciones de mantenimiento. Datos de la ciudad del Cusco fueron seleccionados debido a la disponibilidad de 5 años de antigüedad de los datos.

4.1.1 Supervivencia de Lámparas

4.1.1.1 Causas frecuentes de fallas en lámparas de descarga

Los causales principales de fallas en lámparas según *Meyer Chr., Nienhuis H. (1988)* **, se deben a:

- Incremento de la tensión de encendido.
- Incremento de la tensión de lámpara.
- Frecuencia de los ciclos de encendido.
- Fallas prematuras.

Un importante factor que limita la duración de las lámparas de descarga es que con el uso se produce un incremento de la tensión de encendido lo que finalmente conducirá a la falla en el encendido de la lámpara. Esto es frecuentemente causado por:

- Desgaste del material emisor de los electrodos en el tubo de descarga. El emisor de los electrodos pierde gradualmente su propiedad de reducir la tensión de encendido.
- Cambios en la composición o impurezas del gas en el tubo de descarga. En lámparas de sodio de baja presión se produce por una reducción de

(**) Lámparas de descarga de la biblioteca técnica PHILIPS.



la presencia del gas auxiliar argón.

Con el tiempo la tensión necesaria para el encendido es tan alta que la lámpara ya no puede encender bajo condiciones normales de operación, alcanzando el fin de su vida útil. Determinar el valor real de la tensión de encendido, no es una tarea sencilla ya que el proceso de descarga depende no solo del valor pico de la tensión, sino también del perfil de la onda, del número de pulsos dentro de un cierto período, del instante de aplicación y de la energía del pulso.

Otra causa de falla de las lámparas de descarga es el **incremento de la tensión de lámpara**. Se produce por aumento de la presión y temperatura del gas en del tubo de descarga originado por acumulación, con el tiempo, del material evaporado del electrodo en las paredes lo cual oscurece además el tubo.

El incremento de la tensión de lámpara hará que se extinga el proceso de encendido, repitiéndose el ciclo cada vez que se halla enfriado lo suficiente el tubo de descarga en cuyo caso la lámpara ha alcanzado el fin de su vida. En lámparas de sodio de alta presión cuando la tensión en la misma alcanza el 150% del valor inicial (100 hs iniciales), la lámpara se extingue, alcanzando el final de su vida (ver figura 4-1).

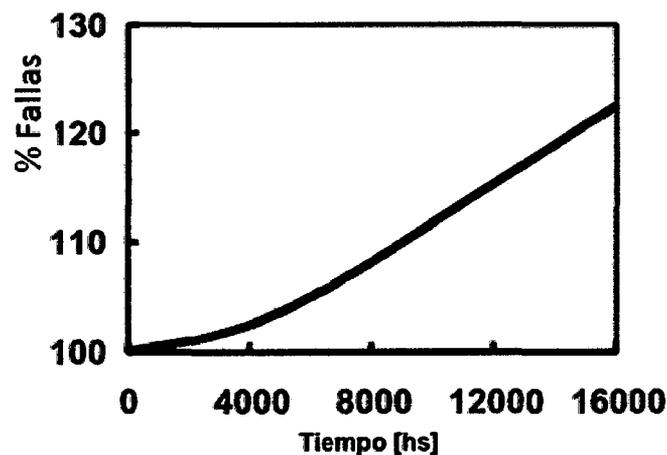


Figura 4-1 Aumento porcentual de la tensión de operación
Fuente E. R. Manzano



La tensión de lámpara es propuesta como indicador del tiempo de vida que le resta a la lámpara, sistemas de tele gestión que testen este parámetro y lo comparen con valores límites según las características del fabricante podrían indicar el momento oportuno de cambio antes de ocurriera la falla por este motivo evitando el posterior daño al equipo auxiliar.

La frecuencia de los ciclos de encendido y apagado tiene una influencia significativa en la vida de las lámparas. En lámparas fluorescentes tubulares los valores publicados generalmente se refieren a un ciclo de encendido de 3 horas, 2:45 h., funcionando y 15 min apagadas, de acuerdo con *IEC 81 (1987)*. La figura 4-2 muestra la influencia del ciclo de encendido en lámparas fluorescentes T8- 36W Inductivas.

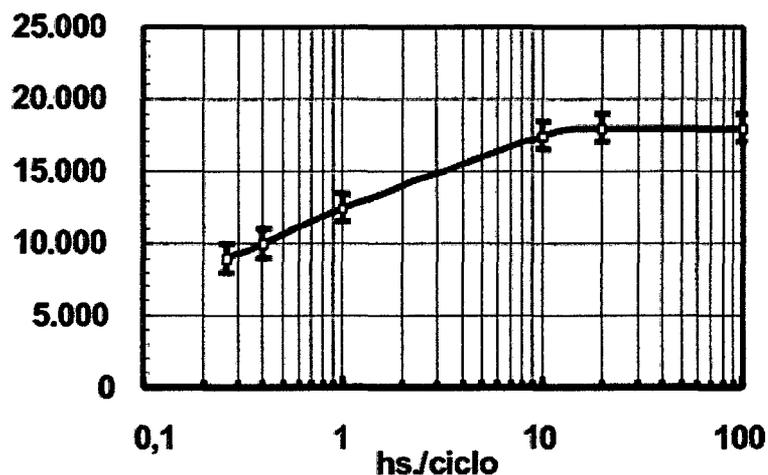


Figura 4-2 Influencia del ciclo de encendido
Fuente E. R. Manzano

En lámparas de descarga para alumbrado público el ciclo de encendido, con el cual se efectúan los test de vida, es de 12 hs. (11 hs. encendidas y 1 hora apagada). Con ciclos mayores a 6 hs. la influencia en la vida es muy pequeña. Para lámparas de inducción tipo QL no se indica efecto significativo.

Análisis efectuados sobre lámparas falladas muestran que un incremento de la tensión de encendido o de la tensión en la lámpara o los ciclos de encendido, no son las únicas causas de fallo. Como resultado de defectos en el proceso intrínseco de fabricación, ocurren fallos prematuros que dependen del tipo de lámpara, del proceso mecánico, físico y químico. En lámparas de descarga



este tipo de fallo se manifiesta en las primeras 2000 o 3000 horas de operación.

4.1.1.2 Modelos de Comportamiento de Fallas en Lámparas de descarga

De la teoría tradicional de fiabilidad se han extraído los conceptos para el análisis de la supervivencia de componentes. En tabla 4-1 se resumen los parámetros fundamentales para el cálculo de la fiabilidad o supervivencia $R(t)$ y en figura 4-3 se muestran las representaciones gráficas de estos parámetros para un caso general.

Número inicial de componentes ensayados	N_0			
Número de componentes que sobreviven	$N_s(t)$			
Número de componentes que fallan	$N_f(t)$			
Fiabilidad o Supervivencia	$R(t) = N_s(t) / N_0$ $0 \leq R(t) \leq 1$ $R(0) = 1$ $R(\infty) = 0$			$R(t) = \exp\left(-\int_0^t l(t) \cdot dt\right)$
Infiabilidad o Mortalidad	$Q(t) = N_f(t) / N_0$ $0 \leq Q(t) \leq 1$ $Q(0) = 0$ $Q(\infty) = 1$	$Q(t) = 1 - R(t)$	$Q(t) = \int_0^t f(t) \cdot dt$	
Densidad de probabilidad de fallos	$f(t) = dQ(t)/dt$	$f(t) = -R(t)/dt$	$R(t) = \int_0^{\infty} f(t) \cdot dt$	$f(t) = l(t) \cdot \exp\left(-\int_0^t l(t) \cdot dt\right)$
Tasa instantánea de fallos	$l(t) = f(t)/R(t)$			
Vida media (hasta fallar)	$T = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) \cdot dt$	$T = \int_0^{\infty} R(t) \cdot dt$		

Tabla 4-1 Parámetros de la teoría de Fiabilidad
Fuente E. R. Manzano



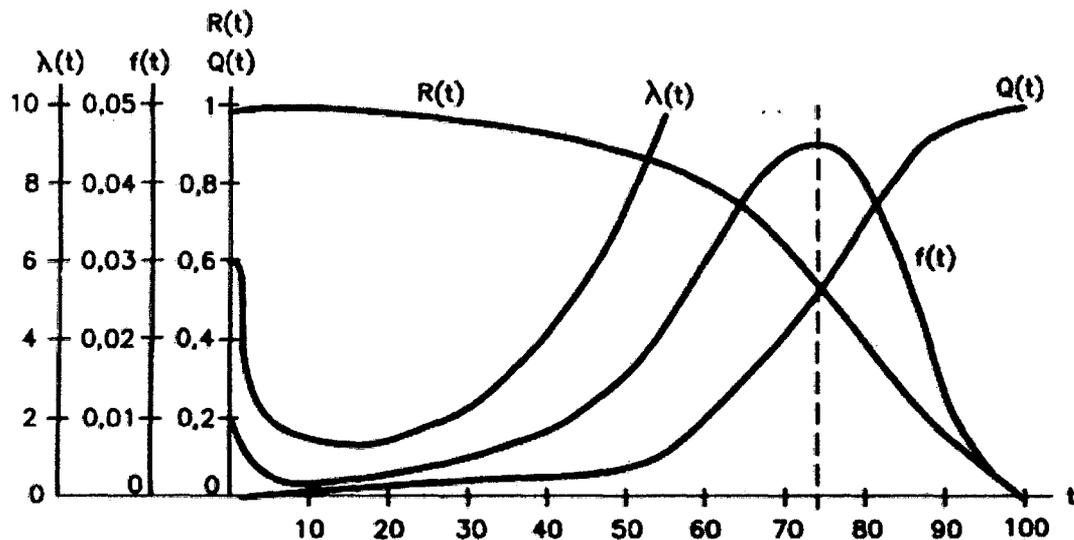


Figura 4-3 Representación grafica de los parámetros de fiabilidad
Fuente E. R. Manzano

En la figura 4-4 se ha representado la curva de la tasa instantánea de fallas $I(t)$ de una componente cualquiera a fin de describir el comportamiento. La curva se encuentra convenientemente dividida en tres partes. La primera parte se caracteriza por una tasa de fallas decrecientes que corresponde al periodo de fallas prematuras donde fallan los componentes con defectos de fabricación.

La segunda parte corresponde a un periodo donde la tasa de fallas se mantiene constante, se considera el período de vida útil donde las fallas que ocurren son ocasionales. La tercera parte se caracteriza por un crecimiento de las fallas que se producen por desgaste.

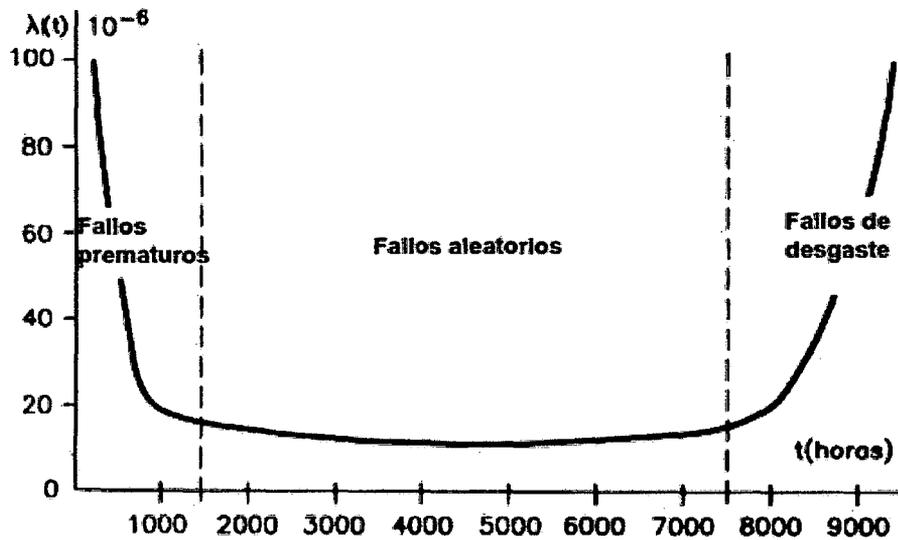


Figura 4-4 Tasa de fallas instantánea típicas
Fuente E. R. Manzano

La forma de la curva real de la tasa instantánea de fallas para un dado componente está determinada por la naturaleza del mismo. Cuando la hipótesis de tasa de fallas constante no es real y se puede suponer que las fallas crecen o decrecen suavemente con el tiempo tales curvas se pueden aproximar utilizando la función $X(t)$ de Weibull indicada en tabla 4-2.

Tasa instantánea de fallos	$l(t) = \frac{b}{a^b} \cdot t^{b-1}$
Densidad de probabilidad de fallos	$f(t) = \frac{b}{a^b} \cdot t^{b-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{a}\right)^b$
Fiabilidad o Supervivencia	$R(t) = \exp\left(-\frac{t}{a}\right)^b$
Mediana ($R(t_{0.5})=0,5$)	$t_{50\%} = a \cdot [-\ln(1-0,5)]^{1/b}$
Media	$m_T = a \cdot G[1+(1+b)]$
Varianza	$s^2 = a^2 \cdot (G(1+2/b) + G^2(1+1/b)^2)$

Tabla 4-2 Parámetros de Fiabilidad según Weibull
Fuente E. R. Manzano





donde:

a: constante de escala

b: parámetro que determina la forma de la distribución

G: función Gamma

Marsden (1993), propone como ajuste de la curva de supervivencia una función del tipo exponencial, la cual es válida hasta $LSF(t)=0,5$. Esta función, según Marsden, indicaría ser más apropiada que ajustes de tipo exponencial, lineal y que un ajuste mediante polinomio.

$$LSF(t) = u + (1-u).e^{-p.t} \quad (31)$$

Con $u>0$ y $p>0$

donde:

LSF: Lighting Survival Factor (Factor de supervivencia de Lámparas).

u: Parámetro de escala.

p: Parámetro de forma.

4.1.1.3 Datos de Fabricantes de Lámparas de Descarga

Los fabricantes realizan test de vida que comportan largos periodos de funcionamiento bajo condiciones determinadas a fin de determinar los mecanismos físicos de fallas y recopilar datos estadísticos que permitan hacer predicciones de la duración.

Curvas de supervivencia (valores medios) en función del tiempo de servicio para distintos tipos de lámparas empleadas en alumbrado público fueron construidas por E. R. Manzano, a partir de datos publicados por Philips (1995), las que se indican en figuras 4-5 y 4-6. Las curvas indicadas en las figuras representan valores medios muestrales, obtenidos bajo condiciones de laboratorio. Existe cierta dispersión, que por simplificar las figuras, no se han indicado a fin de poder facilitar una comparación del comportamiento de las





distintas lámparas. La banda de dispersión suele indicar la zona del intervalo de confianza del 95%. Esto significa que dos curvas muy próximas tendrán seguramente superpuestas sus bandas de dispersión resultando tener ambos comportamientos similares.

Los parámetros u y p obtenidos para los ajustes exponenciales modificados de las curvas, se indican en tabla 4-3.

Lámpara	u	p
Sodio AP 50-70W	1.173	-0.00005
Sodio AP 150W	1.017	-0.00013
Sodio AP 250W	1.017	-0.00012
Sodio AP 400W	1.043	-0.00011
Sodio AP 1000W	1.8	-0.00003
Sox	1.051	-0.00013
Mercurio 50-125W	1.078	-0.00010
Mercurio 250-400W	1.1053	-0.00011
Mercurio 700-1000W	1.207	-0.00010
Inducción QL	1.3	-0.00001
T8 18-58W inductivo	1.00074	-0.00042

Tabla 4-3 Parámetros u y p
Fuente E. R. Manzano

Las curvas de supervivencia son necesarias para establecer el esquema de sustituciones más conveniente el cual será un factor a considerar al establecer una ecuación de costos.



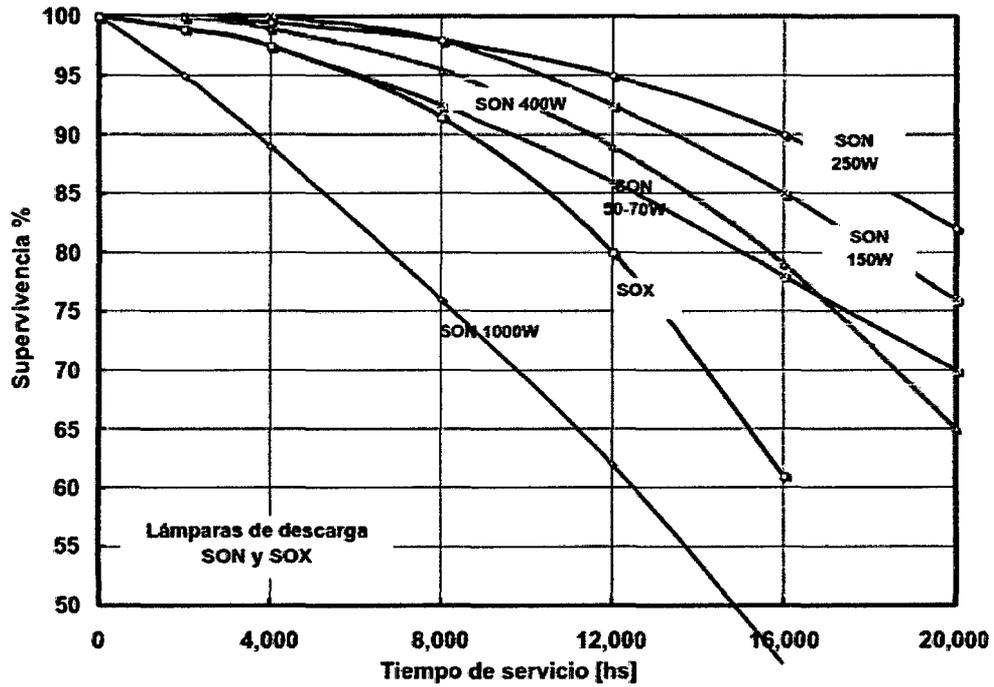


Figura 4-5 Curva de supervivencia de lámparas de sodio Fuente PHILIPS

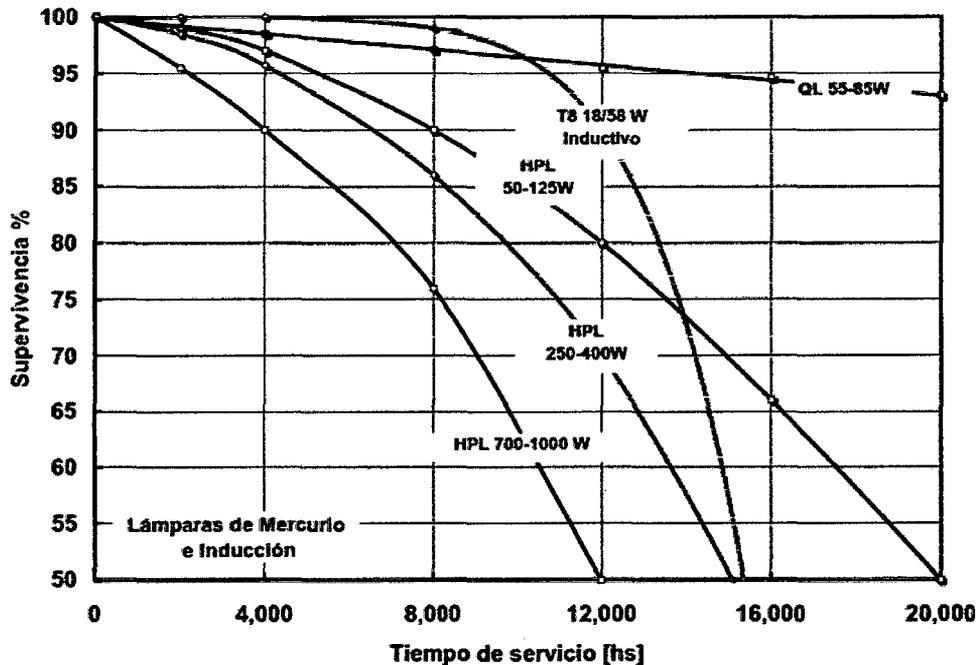


Figura 4-6 Curva de supervivencia de lámparas de mercurio Fuente PHILIPS

Fallas en la fabricación, en el control de calidad o en la homologación de conformidad según normas pueden dar como resultado que la respuesta real difiera de la indicada por el fabricante. En ese sentido, Burrage (1993), informa



sobre un comportamiento irregular de ciertas lámparas, en particular las de descarga de baja potencia (50W), las que han mostrado ciertas discrepancias con los datos publicados por los fabricantes. En la figura 4-7 se observa que al cabo de dos años de utilización de la instalación, el porcentaje acumulado de fallas medio fue del 65% contra el 92% previsto por fabricantes.

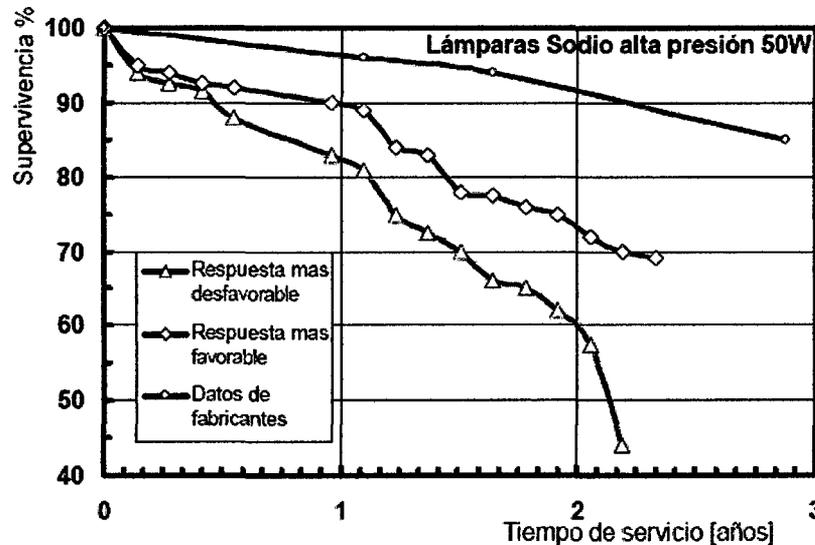


Figura 4-7 Datos de falla de lámparas de sodio de 50W
Fuente FIAT Lux Australia

Las curvas de supervivencia son necesarias para establecer el esquema de sustituciones más conveniente el cual será un factor a considerar al establecer una ecuación de costos.

La confiabilidad del modelo de comportamiento dependerá en gran medida de las condiciones de trabajo reales de las lámparas. En la práctica corriente, parámetros tales como tensión, temperatura, vibraciones, calidad de los equipos auxiliares, diseño térmico de la luminaria etc., distintos a los empleados en los test de laboratorio, pueden alterar la respuesta de las lámparas ostensiblemente.

Las diferencias encontradas justifican el estudio del modelo de comportamiento de los componentes locales para poder predecir resultados confiables. Por otra parte, es conveniente mantener un control periódico mediante estadísticos de

datos acumulados de modo de asegurar la calidad y uso apropiado de los distintos componentes.

4.2 DEPRECIACION DEL FLUJO LUMINOSO

4.2.1 Causas

Durante la vida de las lámparas de descarga el flujo luminoso se reduce gradualmente, lo que se conoce como depreciación del flujo de la lámpara. En lámparas de descarga la depreciación se debe frecuentemente a la evaporación de material del electrodo, dentro del tubo de descarga, donde termina el arco luminoso y a la acumulación sobre las paredes o regiones inmediatamente adyacentes lo cual produce un oscurecimiento gradual del tubo de descarga.

Otra causa posible es la reducción en la transmitancia del tubo de descarga y/o del bulbo de vidrio exterior. En lámparas con bulbo exterior, provisto de un recubrimiento interior de polvo fluorescente, al oscurecerse el tubo de descarga el polvo fluorescente recibe menos radiación UV con lo cual es menor la producción de luz visible. El deterioro del polvo fluorescente mismo es otra posible causa de depreciación. La influencia de la depreciación en la frecuencia de sustitución de lámparas debe ser considerada si se desean mantener ciertas condiciones mínimas de iluminación durante el transcurso de la vida útil de la instalación. En la etapa del proyecto de una instalación, además de considerar aspectos económicos de la misma, los costos de gestión, explotación, mantenimiento, eliminación etc., determinarán también las estrategias seguir.

Dependiendo del tipo de lámpara la reducción de flujo por depreciación puede ser estimada a partir de:

- Sodio de baja presión menor de 0,25% cada 1000h.
- Sodio de alta presión del orden del 1% cada 1000 h.
- Mercurio (250 a 400W) del orden del 1,15% cada 1000 h.



El flujo luminoso de la lámpara será también dependiente de las características del balasto utilizado lo cual se considera mediante el factor de balasto.

4.2.2 Datos de fabricante y Modelos de Ajuste

Actualmente los fabricantes de lámparas proveen datos de reducción de flujo luminoso para distintos tipos y potencias, obtenidos bajo condiciones de funcionamiento controladas, que se refieren a tensión de operación constante, ciclos de apagado y encendido fijos (11 hs encendido y 1 hora apagado), y posición de funcionamiento definida. Cabe destacar que en la práctica las condiciones reales de operación pueden desviarse de las de ensayo, alterando las características de funcionamiento por ejemplo a mayor tensión de la nominal las lámparas producen en general mayor flujo luminoso y a mayor número de ciclos de encendido, menor duración.

En figuras 4-8 y 4-9, se muestra el efecto del envejecimiento o reducción del flujo luminoso con el uso, de lámparas de descarga, $LLO(t)$ (Lamp Lumen Output), correspondientes a datos provistos por un fabricante. Para lámparas de un mismo tipo se observa que la depreciación afecta en forma muy distinta de acuerdo a la potencia de las lámparas. En lámparas de sodio, el efecto de la depreciación en el flujo es menor a medida que aumenta la potencia, tendencia que se manifiesta hasta 250W; valor a partir del cual aumenta. En tabla 4-4 se indican los parámetros de ajuste mediante una función exponencial modificada del tipo de Marsden $LSF(t) = u + (1-u).e^{-pt}$ donde el parámetro $p > 0$.

Es conveniente tener en cuenta, en la etapa de selección de la lámpara, el posible ahorro que puede obtenerse durante la explotación de la instalación al emplear una fuente luminosa con menor depreciación. En las lámparas de mercurio el efecto de la depreciación del flujo aumenta con la potencia lo cual se manifiesta en las figuras.



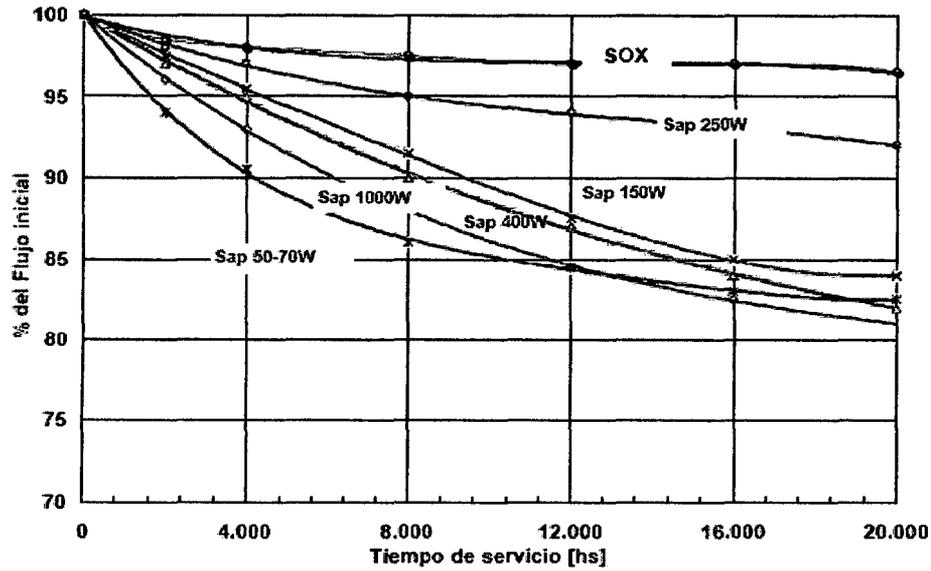


Figura 4-8 Depreciación del flujo luminoso de lámparas de sodio
Fuente PHILIPS

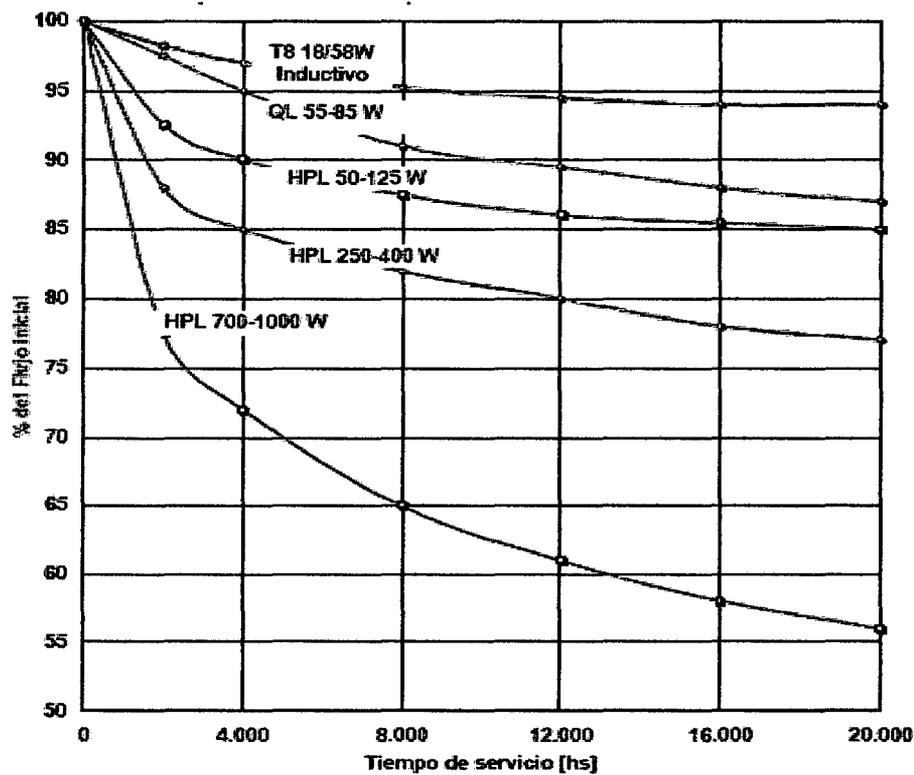


Figura 4-9 Depreciación del flujo luminoso de lámparas de mercurio
Fuente PHILIPS



Lámpara	u	p
Sodio AP 50-70W	0.83	0.22
Sodio AP 150W	0.80	0.078
Sodio AP 250W	0.91	0.1
Sodio AP 400W	0.78	0.079
Sodio AP 1000W	0.78	0.1
Sodio BP	0.96	0.13
FT T8 18/58W inductivo	0.93	0.12
Inducción 55-85W	0.85	0.1
Mercurio 50-125 W	0.85	0.28
Mercurio 250-400 W	0.76	0.21
Mercurio 700-1000 W	0.56	0.27

Tabla 4-4 Parámetros de ajuste u y p
Fuente PHILIPS

4.2.3 Factor de Balasto

El flujo luminoso de una lámpara, a partir de las 100h de uso, es un dato normalmente provisto por los fabricantes. La medición se efectúa bajo condiciones de laboratorio (temperatura constante 25°C, etc.) con balastos de referencia.

En la instalación real el balasto empleado diferirá del de referencia en un factor que afectará directamente el flujo de la lámpara. El factor de ajuste se denomina factor de balasto (FB), y puede variar entre $0,85 < FB < 1$. El factor de balasto no es una característica exclusiva del balasto sino del conjunto lámpara – balasto. Si un tipo de balasto puede operar con varias lámparas (distintos fabricantes por ejemplo) el FB puede ser distinto en cada caso. Tampoco es una medida de la eficiencia del conjunto ya que si reduce el flujo de la lámpara posiblemente reduzca el consumo en la misma medida Eley et al. (1993).

El FB es un dato usualmente provisto por el fabricante con el que se afectará el flujo de la lámpara en un nuevo diseño. En instalaciones existentes es conveniente verificar el estado de los balastos instalados mediante mediciones de iluminancia antes y después de la sustitución por nuevos balastos para incorporar este parámetro en el balance al momento de evaluar una instalación.



4.3 DEPRECIACION POR POLUCION Y ENVEJECIMIENTO

La acumulación de suciedad y polvo atmosférico en la lámpara y en las partes ópticas de la luminaria (reflector, cubierta etc.) afecta el rendimiento. La rapidez y severidad de la acumulación de suciedad varía de acuerdo a la naturaleza y construcción de la luminaria, altura de montaje, grado de polución de la atmósfera, la cual a su vez depende del volumen y naturaleza del tráfico, clima, viento, etc. Existe también una depreciación por deterioro y envejecimiento de las superficies transmisoras o reflectoras debido a la oxidación, efectos del calor y la radiación ultravioleta, efectos químicos etc.

La depreciación de la luminaria sin considerar la lámpara $LOR(t)$ (luminaire output ratio) es una función del tiempo cuya forma y grado de dependencia con parámetros de diseño se analiza en la siguiente sección.

4.3.1 Modelos de Depreciación de Luminarias

Van Dusen (1971)^{***}, estudia la depreciación por polución atmosférica para distintas categorías de luminarias y tipos de ambientes. De los tipos de luminarias que analiza se ha seleccionado las curvas correspondientes a luminarias descritas como cerradas provistas de buenas juntas mecánicas de cierre para hacer una analogía con la situación actual donde se emplean luminarias con buena hermeticidad. En la figura 4-10 (en trazo fino) se grafican las curvas de reducción del flujo respecto del inicial para luminarias con buen cierre mecánico en cinco categorías de ambiente, los cuales se describen en la tabla 4-5.

(^{***}) Mantenimiento y ajuste de factores los cálculos de diseño de iluminación de alumbrado urbano. 1971



La IESNA^{IV} ha adoptado parcialmente los resultados de Van Dusen, considerando sólo un período de 8 años para el cual realiza un ajuste de los datos. Las curvas se han representado en trazo grueso en la figura 4-10. Bajo las condiciones más desfavorables, de ambiente muy sucio, el efecto sobre el flujo emitido por las luminarias (sin considerar la depreciación de la lámpara) produce una reducción del 30% respecto del inicial al cabo de 8 años.

Categoría de ambiente	Entorno	Trafico	Partículas en suspensión
Muy limpio	Ausencia de actividades cercanas que generen humos o polvo y baja contaminación ambiental	Escaso generalmente limitado a zonas residenciales o áreas rurales	0 a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Limpio	Ausencia de actividades cercanas que generen humos o polvo y baja contaminación ambiental	Moderado a intenso	150 a 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Moderado	Presencia de algunas actividades que generen humos o polvo		300 a 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Sucio	Presencia de humos o polvo generado por actividades cercanas que pueden ocasionalmente envolver la luminaria		600 a 1200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Muy sucio	Presencia de humos o polvo generado por actividades cercanas que frecuentemente envuelven la luminaria		1200 a 2400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabla 4-5 Categorización de Ambientes
Fuente Van Dusen 1971

(IV) Sociedad de Ingeniería de Iluminación de Norte América (IESNA), Guía de Diseño para el Mantenimiento de Alumbrado Público 1993



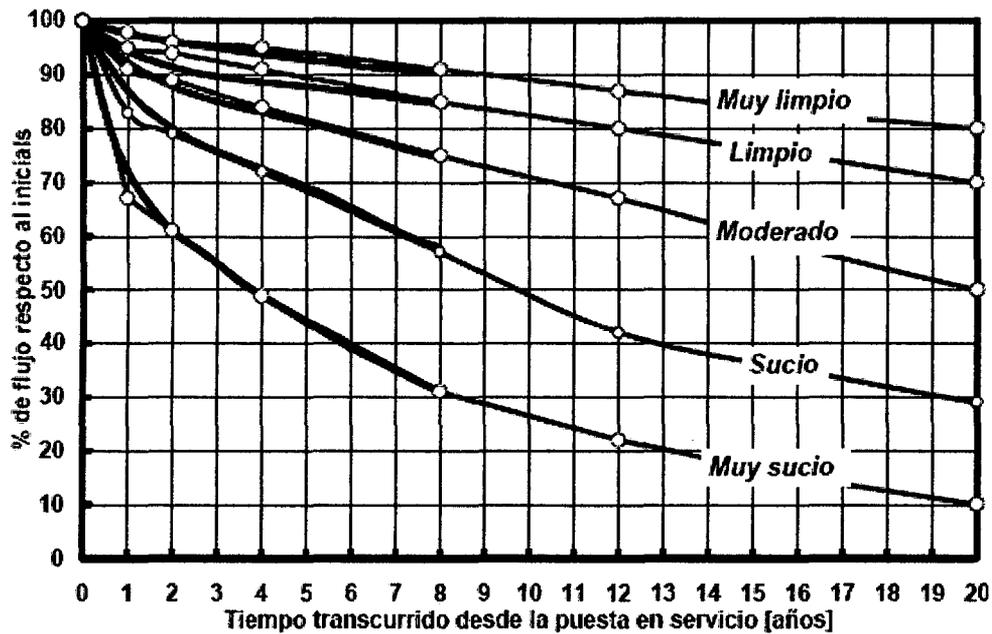


Figura 4-10 Depreciación de luminarias
Fuente Van Dusen 1971

El APLE TR8 (1977) (Asociación of Public Lighting Engineers) realizó una serie de test, tendientes a determinar los efectos de la depreciación en instalaciones de alumbrado público, estudiando el efecto de la acumulación de suciedad en el exterior e interior de la luminaria, depreciación de los componentes ópticos, beneficios del cierre hermético y cambios en las características fotométricas.

De los datos originales publicados se han extraído los resultados obtenidos en la localidad de Leicester, que a criterio, son los más apropiados por discriminar tres categorías de ambiente de acuerdo a la densidad de tráfico automotor los que en gran medida están relacionados con la contaminación atmosférica local y la presencia de polvo para caracterizar el ambiente ya que no se indica la existencia de otras fuentes. Las curvas correspondientes se indican en figura 4-11 y las descripciones de las características de los ambientes en la tabla 4-6.

Polución	Trafico	Vehículos diarios
Alta	Pesado	30.000
Media	Mixto: privado y comercial	20.000
Baja	Mixto: privado, servicios y pesado	10.000

Tabla 4-6 Caracterización del grado de polución atmosférica
Fuente APLE 1977



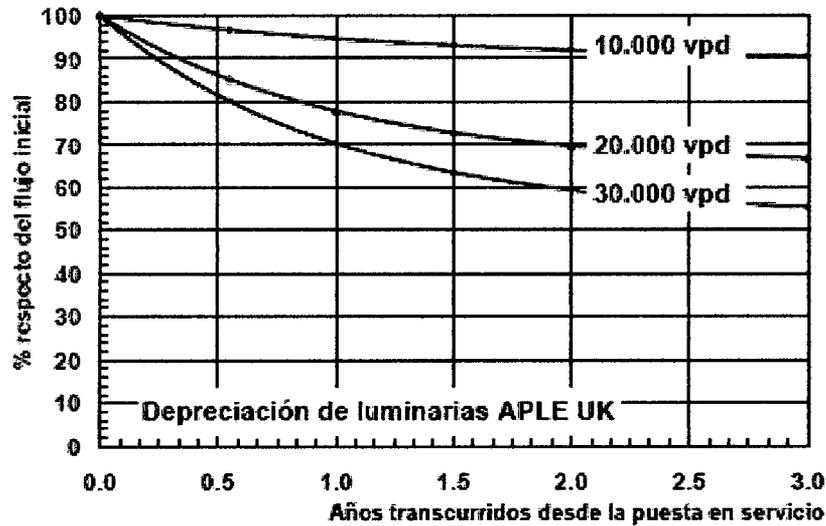


Figura 4-11 Depreciación de luminarias
Fuente APLE 1977

Al comparar los resultados obtenidos por Van Dusen y los de la APLE, a pesar de que no es posible hacer una analogía directa, las similitudes observadas en las curvas de depreciación para las categorías extremas de ambientes son apreciables. Los entornos caracterizados como limpios y muy sucios por Van Dusen son comparables con los de polución baja (10.000vpd) y polución alta (30.000vpd) respectivamente, como se muestra en la figura 4-12.

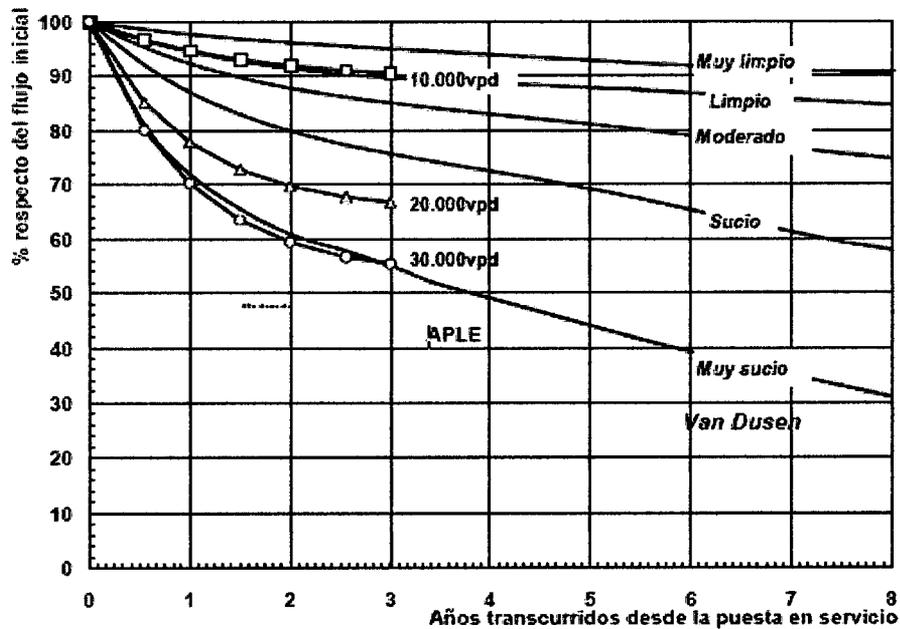


Figura 4-12 Comparación de resultados Van Dusen y APLE
Fuente E. R. Manzano





Los tipos de luminarias utilizadas por van Dusen y APLE no disponían de una descripción del grado de hermeticidad al agua y al polvo. Actualmente se especifica el grado de protección mecánica según IEC 529, 598-1 (1977) y DIN VDE 0711-103 sobre la base de una escala denominada IP + dos dígitos, con lo cual la especificación de la depreciación de las luminarias puede caracterizarse mejor y extender el uso de dicha información. Al respecto el Institution of Lighting Engineers ILE TR19 (1989), realizó un test empleando dos tipos de luminarias especificadas en base al grado de protección mecánica, IP23 e IP54. Los resultados obtenidos se indican en la figura 4-13 y 4-14. Las curvas representan los valores medios de depreciación durante tres años para las luminarias, antes y después de la limpieza. Se ha indicado además, solo para el tercer año, la depreciación discriminada de acuerdo al número de vehículos diarios. De las figuras se puede observar la reducción del efecto de la depreciación al aumentar la protección mecánica IP23 a IP54. Se observa además un efecto de depreciación no recuperable por mantenimiento después de la limpieza del 9,5% (90,5%) para IP23 y de 2,5% (97,5%) para IP54.

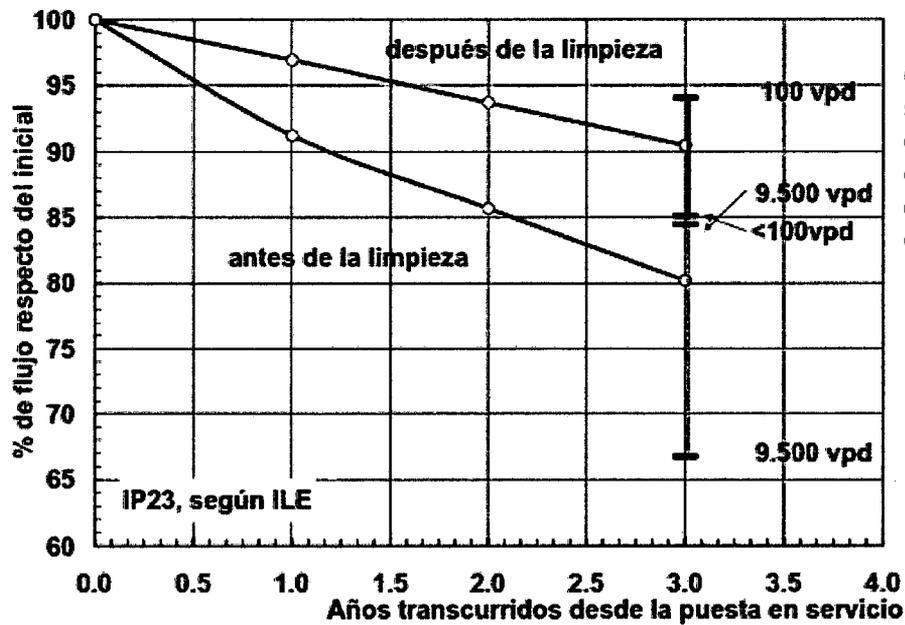


Figura 4-13 Depreciación de luminarias IP23
Fuente ILE



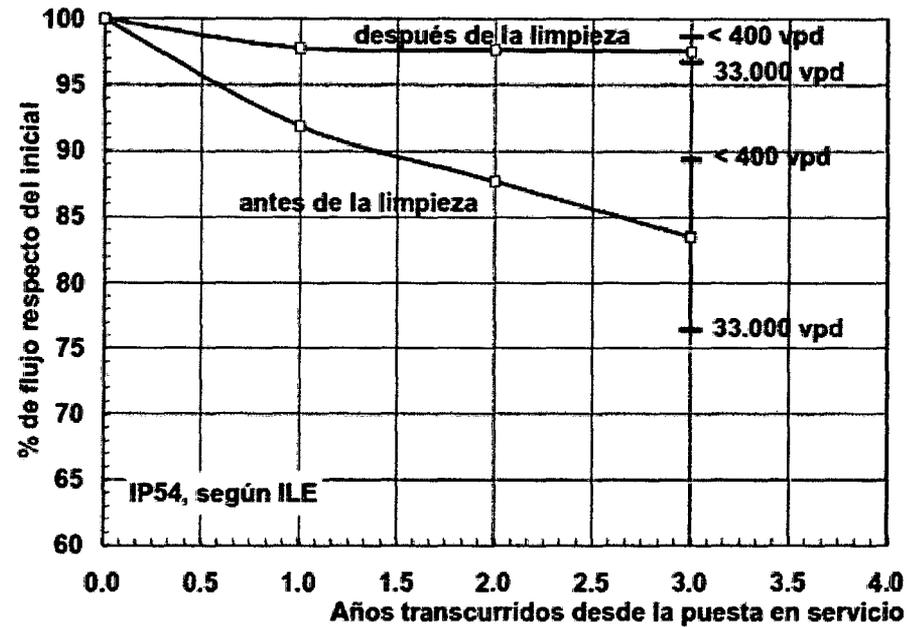


Figura 4-14 Depreciación de luminarias IP54
Fuente ILE

Si se comparan los resultados de ILE con APLE, se puede observar en la figura 34-15, que las curvas de depreciación de luminarias antes la limpieza (ILE) para IP23 e IP54 con $100 < vpd < 30.000$, están ubicadas entre las curvas de 10.000 y 20.000 de APLE lo que supone que los resultados no guardan una relación directa.

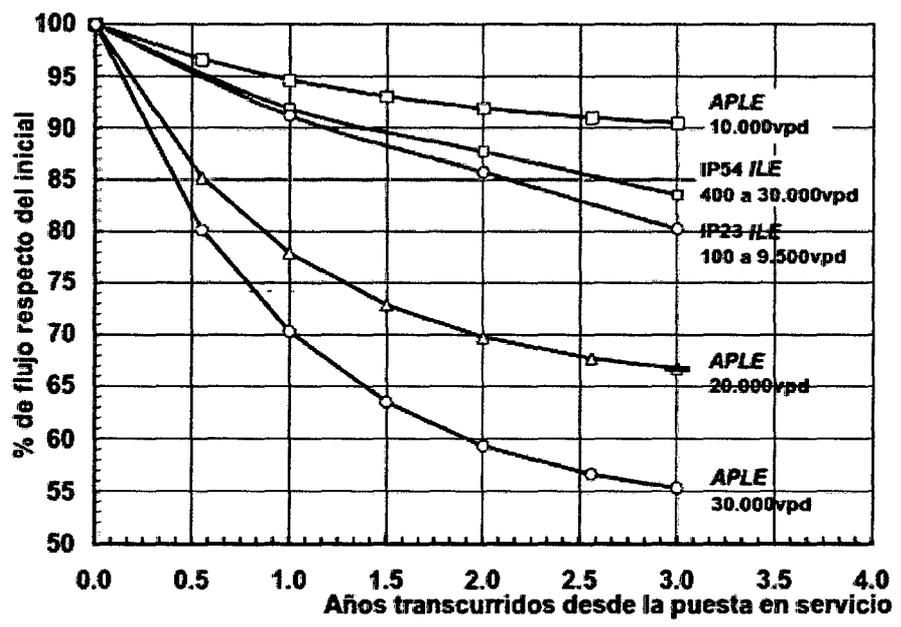


Figura 4-15 Comparación de resultados ILE y APLE
Fuente E.R. Manzano





La norma Británica BS5489 (1992) establece un factor de mantenimiento para luminarias de acuerdo al grado de IP y a tres categorías de polución del ambiente: alta, media y baja según tabla 4-7. Las curvas de depreciación correspondientes se han indicado en figura 3.1-6. La CIE división 5 (1998), ha propuesto la utilización de las curvas de la BS5489 a fin de calcular la depreciación de la luminaria.

Polución	Características	Partículas en suspensión #
<i>Alta</i>	El humo y el polvo de zonas cercanas envuelven la luminaria. Centro de grandes áreas urbanas y áreas industriales	-
<i>Media</i>	Zonas cercanas a actividades moderadas que generen humo o polvo. Areas semi-urbanas, residenciales o escasa industria	< 600 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$
<i>Baja</i>	Zonas de bajo nivel de contaminación, alejadas de actividades que generen humo o polvo. Baja densidad de trafico. generalmente limitadas a zonas residenciales o rurales.	< 150 $\mu\text{gr}/\text{m}^3$

Tabla 4-7 Grado de polución atmosférica
Fuente Norma Británica BS5489 1992

Comparando las curvas de depreciación de luminarias de BS5489 con ILE se observa en la figura 4-16 que esta ultima ($400 < \text{vpd} < 33.000$) presenta aparentemente un menor efecto de la polución en la depreciación de las luminarias utilizadas durante la experiencia. Sin embargo las diferencias son del orden del 2% lo cual supone una muy buena concordancia de resultados.



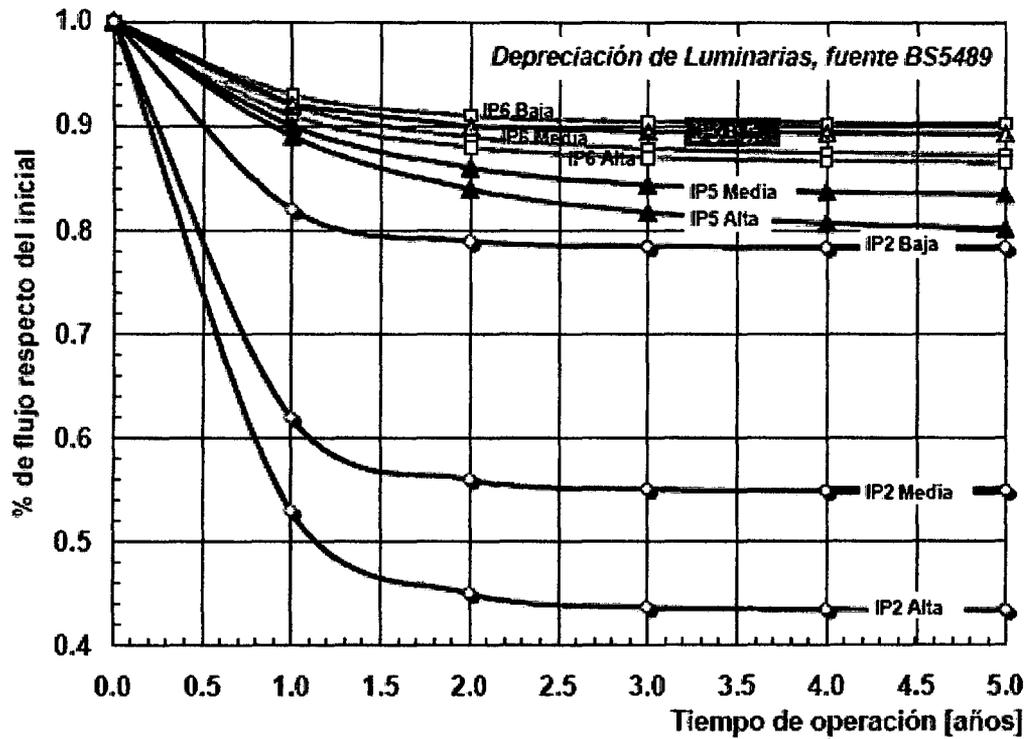


Figura 4-16 Curvas de depreciación de luminarias
Fuente Norma Británica BS5489

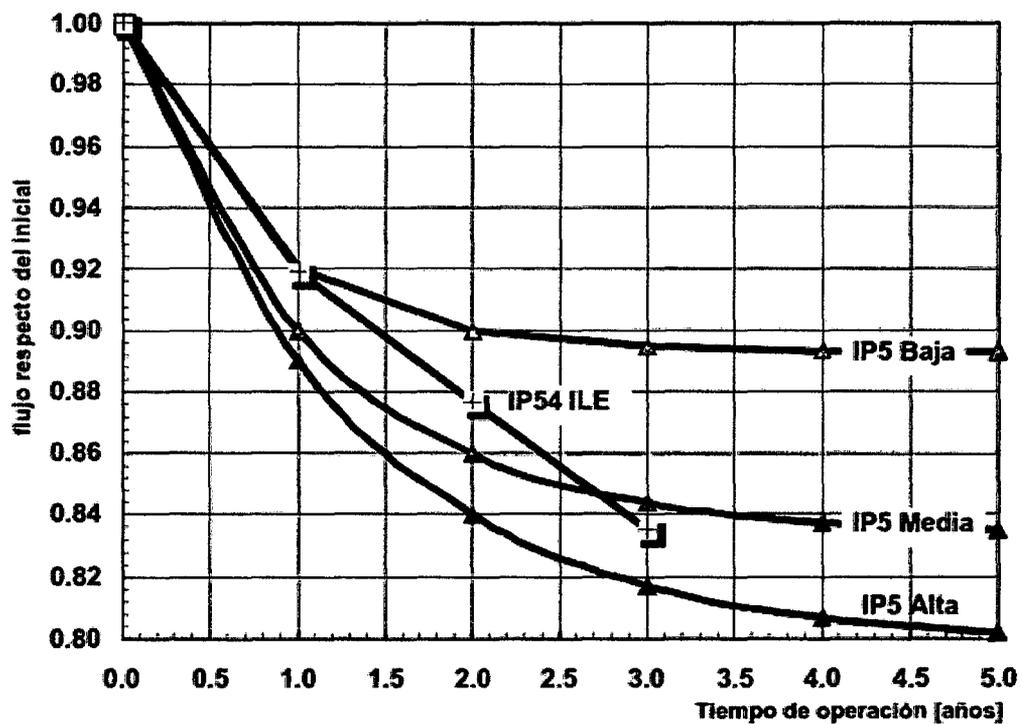


Figura 4-17 Comparación de resultados ILE y BS5489 IP5
Fuente E.R. Manzano





Las experiencias estudiadas para modelar la depreciación de la luminaria sugieren que un periodo largo de recopilación de datos (3 a 5 años) es necesario para determinar la respuesta a la depreciación por polución ambiental y envejecimiento de los componentes.

La caracterización de las luminarias mediante el grado de protección mecánica, adoptado por numerosos países y propuesto por la CIE junto a la categorización de la polución en base a la densidad de tráfico media facilita la identificación de la curva a utilizar. Por estos motivos se ha utilizado en el presente trabajo el modelo de la BS5849 para caracterizar la depreciación de luminarias. Sin embargo es posible encontrar diferencia en cuanto al grado de polución se refiere por lo que para evaluar instalaciones existentes serán necesarias mediciones in situ para ajustar las curvas a valores locales.

Los parámetros del ajuste exponencial modificados según Marsden, se han efectuado para las curvas de BS5848 e indicados en tabla 4-8 a fin de ser utilizados para estudiar el efecto de la depreciación en la relación costo-beneficio.

Grado IP	Polución	<i>u</i>	<i>p</i>
IP6	Baja	0.902	1.253
	Media	0.872	0.981
	Alta	0.865	1.099
IP5	Baja	0.893	1.377
	Media	0.833	0.913
	Alta	0.798	0.786
IP2	Baja	0.784	1.792
	Media	0.549	1.849
	Alta	0.434	1.774

Tabla 4-8 Ajustes exponenciales modificados
Fuente Norma Británica BS5848



4.3.2 Efecto de la Polución sobre la Distribución de Intensidades Luminosas

Estudios realizados tendientes a determinar si la acumulación de suciedad alteraba las características de distribución de intensidades luminosas de las luminarias han conducido a los siguientes resultados:

- Por acumulación de suciedad en las superficies de las luminarias, debido a la difusión, la magnitud de las intensidades luminosas fueron levemente incrementadas para ángulos de elevación desde el nadir elevado; pero en un cono de ángulos menores de 30° fueron consistentemente reducidas.
- El efecto de la polución en la uniformidad de luminancias sobre la calzada, general ($U_0=L_{\min}/L_{\text{med}}$) y longitudinal (U_L , calculada como el más desfavorable $L_{\min}/L_{\text{máx}}$, en el centro de cada carril) no se alteraron significativamente, si en cambio la luminancia media.

Como conclusión la acumulación de suciedad produce un efecto general en la distribución de intensidades, reduciendo las mismas pero manteniendo la forma de las curvas de distribución.

4.3.3 Influencia de la Variación de las Características de Reflexión de la calzada

Se tiene conocimiento de que las propiedades de reflexión de la superficie de la calzada cambian paulatinamente con el uso desde la puesta en servicio. Este cambio es significativo durante los primeros meses de uso después de los cuales decae. El cambio tampoco es constante en toda la superficie debido a la diferencia de carga de los vehículos de un carril a otro. Idealmente para propósitos de diseño debieran medirse las propiedades de reflexión en distintos puntos sobre la calzada para obtener un promedio. Una comparación con una calzada de características similares muestra ser lo más adecuado. Este factor por la falta de datos no será considerado.



4.4 FACTOR DE MANTENIMIENTO

La iluminancia o Luminancia provista inicialmente por una instalación de alumbrado se reduce gradualmente durante la vida de la instalación. Para describir este fenómeno se emplea el termino factor de mantenimiento IEC/CIE 17.4 (1987), definido como: "La relación de la iluminancia media o Luminancia media sobre el plano de trabajo después de un cierto periodo de uso de la instalación respecto del valor medio de iluminancia o luminancia obtenida bajo las mismas condiciones cuando la instalación es nueva":

$$FM = E_{med} / E_0 \quad (32)$$

Donde

E_{med} : iluminancia media (o Luminancia media L_{med}) sobre el plano de interés después de un cierto periodo de uso de la instalación.

E_0 : iluminancia (o luminancia) obtenida bajo las mismas condiciones cuando la instalación es nueva (después de 100hs de uso).

En el diseño de instalaciones de alumbrado se emplea el concepto de iluminancia mínima mantenida E_{mm} (o luminancia mínima mantenida), que corresponde al mínimo valor medio sobre el plano de interés que la instalación puede proveer, momento en el que se debe proceder a efectuar el mantenimiento correspondiente. E_{mm} es un valor convenientemente establecido en recomendaciones CIE 136 (2000) de acuerdo a la exigencia visual y a características de la zona a iluminar. El diseño de la instalación se efectuará dimensionando la misma para que provea una iluminancia inicial:

$$E_0 = E_{mm} / FM \quad (33)$$

FM se debe calcular considerando todos los factores que deprecian la instalación, las características propias de la instalación y el ambiente, considerando además la política de mantenimiento aplicada para que al momento de efectuar el

mantenimiento la E_{med} no sea menor que la E_{mm} . El factor de mantenimiento se calcula como:

$$FM = LLO \cdot LSF \cdot LOR \cdot (SMF) \quad (34)$$

donde:

LLO: es el factor de mantenimiento de la lámpara

LSF: es el factor de supervivencia de la lámpara

LOR: es el factor de mantenimiento de la luminaria

SMF: factor de mantenimiento de superficies en caso de existir reflexión de las mismas hacia el plano de interés

En el caso de alumbrado interior, donde generalmente se emplean distribuciones uniformes de luminarias, la mortalidad de lámparas afecta el valor medio de la iluminancia sobre el plano de trabajo por lo tanto *LSF* tiene sentido de que sea incluido como factor para determinar el *FM*. En alumbrado público y en particular alumbrado vial, la falla de un punto de luz es crítica en la zona donde está ubicado además de producir una reducción sobre la media en la calle, debido a la baja densidad de puntos de luz. Compensar dicho efecto afectando el *FM* tiene sentido si se considera la E_{med} a una escala mayor.

El valor de *FM* dependerá del tipo de lámpara, luminaria y políticas de mantenimiento, por lo tanto función de los periodos de limpieza y mantenimiento que se realizará sobre la instalación a lo largo de su vida útil para compensar inicialmente la reducción gradual por depreciación.

Aplicando a una instalación los modelos de depreciación de flujo de lámparas, depreciación de luminarias, supervivencia, perdidas por no recuperación total, y una política de mantenimiento de limpiezas masivas bianuales y sustitución del 100% de lámparas cada tres años, la evolución del flujo de la luminaria se ha indicado en figura 4-18.



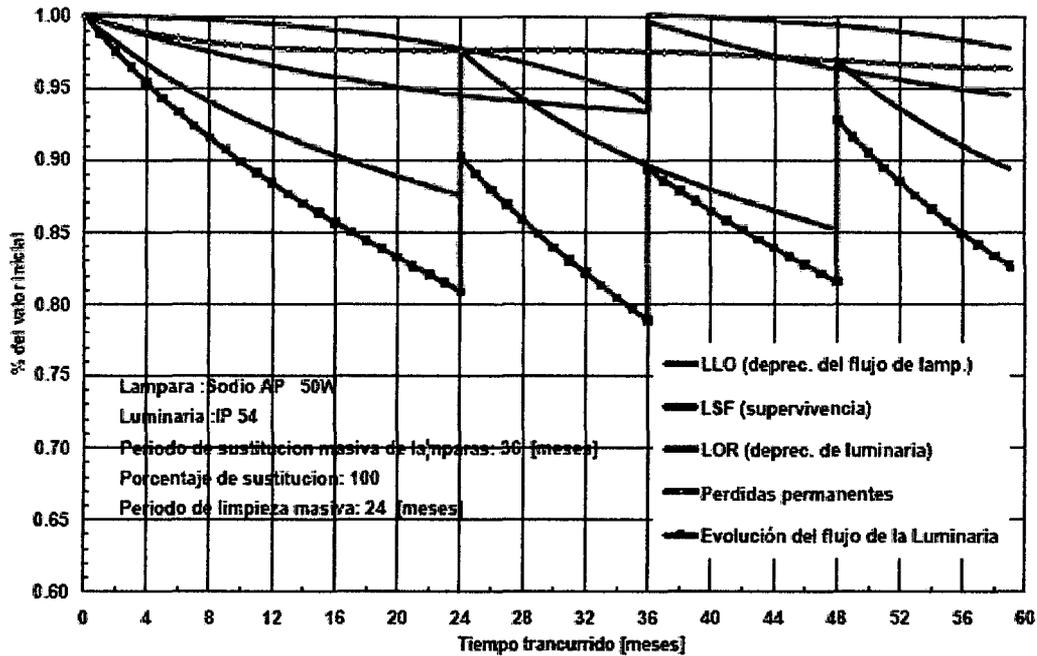


Figura 4-18 Evolución del Flujo de las luminarias
Fuente E.R. Manzano

El *FM* de la instalación es 0,78 lo que significa que para mantener las condiciones de iluminación por arriba de las mínimas mantenidas se deberá diseñar la instalación para una iluminancia media inicial un 28% superior a la mínima mantenida:

$$E_0 = E_{mm} / 0.78 \quad (35)$$

4.4.1 Medición del Factor de Mantenimiento

La determinación del *FM* en instalaciones reales se puede realizar de tres formas:

4.4.1.1 Medición en Laboratorio

La luminaria es retirada de la instalación, con su lámpara y equipo auxiliar, cuidando de no alterar el estado exterior de la misma. En laboratorio, la luminaria, es alojada en una esfera difusora de diámetro aproximadamente 3 veces la dimensión mayor de la luminaria.





- Bajo condiciones controladas (tensión, corriente, frecuencia y temperatura estables), se mide mediante un sensor, apantallado del flujo directo, la fotocorriente para el estado actual de la luminaria (sucio mas equipo auxiliar en uso).
- Una segunda medición en las mismas condiciones pero con la luminaria limpia es posteriormente efectuada. La relación entre la primera y segunda medición corresponde a la depreciación por polución y envejecimiento de la luminaria.
- Una tercera medición se realiza con la luminaria limpia pero con lámpara nueva (del mismo tipo y características) estabilizada (tiempo de estabilización=100hs) La relación de la segunda medición y la tercera indica la depreciación del flujo de la lámpara por uso.
- Una cuarta medición con equipo auxiliar de referencia permitirá determinar las pérdidas por envejecimiento del equipo auxiliar.

Los productos de las relaciones son una estimación del *FM*. Otra alternativa de medición es mediante un fotogoniómetro, en el cual se mide la distribución espacial de intensidades luminosas antes y después de la limpieza. Integrando en ángulos sólidos se determina el flujo emitido en ambos casos, cuyo cociente es *FM*. Si bien la medición tanto en la esfera como en el fotogoniómetro tiene gran precisión, se complica la tarea al tener que contar con el equipo necesario y la complicación de trasladar al laboratorio las luminarias para la medición.

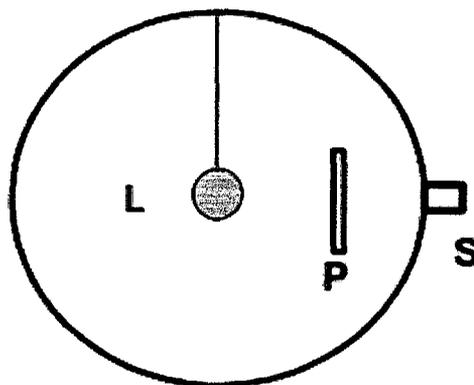


Figura 4-19 Esquema simplificado de la esfera integradora de Ulbricht
Fuente PHILIPS



donde:

La luminaria **L** se ubica en el centro de la esfera recubierta interiormente por una superficie difusora. El sensor **S** registra la fotocorriente de la luminaria apantallada por **P** en el estado en que fue retirada de la instalación. Se repite la medición después de limpiar la luminaria, luego después de cambiar la lámpara y con equipo auxiliar de referencia.

4.4.1.2 Medición a partir de la Iluminancia Media

En forma similar al caso anterior, se procede a realizar mediciones para el estado actual, con luminaria limpia, luminaria limpia + lámpara nueva y luminaria limpia + lámpara nueva + equipo de referencia. En lugar de una única medición en cada caso, se requiere medir la iluminancia sobre la calzada en puntos de una rejilla convenientemente distribuidos para calcular la iluminancia media de la luminaria analizada. La iluminancia media en cada caso se utiliza para determinar las depreciaciones y el *FM*. La medición se puede realizar utilizando un luxómetro manual. El problema de este tipo de medición es que interfieren las luminarias restantes y otras fuentes como faros de coches, alumbrado comercial etc.

4.4.1.3 Medición a partir de una Medición Única

La interferencia de otras fuentes es minimizada utilizando un apantallado en el sensor por medio de un cilindro abierto de 25 cm de altura para evitar la influencia de otras luminarias durante la medición. El sensor apantallado se coloca bajo la luminaria a medir antes y después de efectuar las operaciones de limpieza y cambio de lámpara y equipo. En forma simultánea, mediciones de voltaje en la base del punto de luz son efectuadas para ajustar las lecturas en caso de variaciones. Se debe tener cuidado de marcar el sitio de ubicación y de controlar los niveles de horizontalidad para no introducir un error de posición al retirar el dispositivo de medición para efectuar las operaciones de limpieza y cambio de lámpara. En caso de luminarias especiales (globos) donde no es posible ubicar el dispositivo bajo la misma, se puede desplazar el punto de



medición a un ángulo de 45° , montar el dispositivo sobre un trípode y orientarlo cuidando de que sobre el sensor se proyecte la imagen de la luminaria a medir. Durante las operaciones de limpieza y cambio de lámpara es deseable no desplazar el dispositivo para no introducir errores.

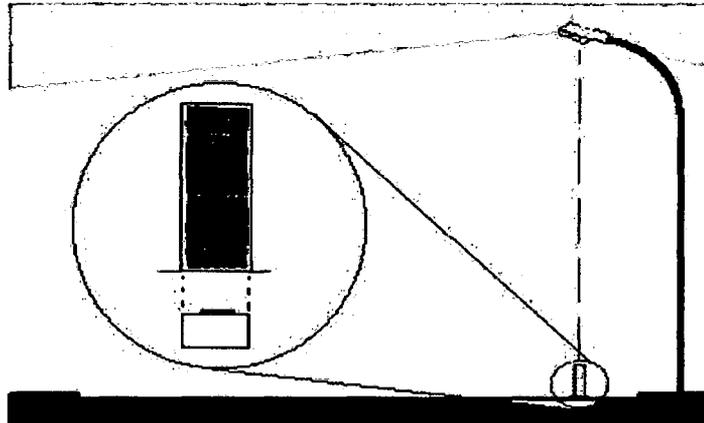


Figura 4-20 Dispositivo de medición para evaluar la depreciación de la instalación
Fuente PHILIPS





CAPÍTULO V

ESTUDIO DE LA METODOLOGÍA



5.1 VALORACIÓN DEL BENEFICIO

En términos generales el beneficio que produce el alumbrado urbano es el resultado de proporcionar condiciones apropiadas de visión para favorecer la seguridad vial, la seguridad ciudadana, producir ambientes de uso confortable, animado, brindando además sensación de bienestar. Valorar el beneficio en estos términos presenta cierta dificultad.

Por otra parte la complejidad de la trama urbana hace que la seguridad vial sea un factor importante pero no el único. Si además como objetivo, por ejemplo, interesa evaluar el cambio de políticas de mantenimiento, no será posible inferir por la cantidad de variables que intervienen.

La evaluación del beneficio debe tener como objetivo ponderar la calidad del servicio del alumbrado para lo cual se debe basar en aspectos operativos que permitan evaluar la gestión, explotación y planificación del mantenimiento. Los aspectos más importantes que interesan desde esta óptica están relacionados con:

- La iluminancia (nivel del alumbrado).
- El tiempo de operación necesario del servicio.
- La fiabilidad, frecuencia y duración de fallas.
- La seguridad eléctrica y mecánica del sistema.
- La apariencia de la instalación (estética, color de la luz).

Considerando los distintos aspectos que intervienen en el beneficio, cuando a estos no es posible asociar directamente un valor monetario, se propone transformar la relación costo-beneficio en una función del tipo:

$$CB = \frac{\text{costos}}{K_1 \times K_2 \times K_3 \times \dots \times K_n} \quad (36)$$

dónde:

costos: representa todos los costos asociados con el sistema de alumbrado (a



valor presente o cuota anual equivalente, menos cualquier beneficio monetario.

$K_1, k_2, k_3 \dots k_n$: factores de peso para las n dimensiones del beneficio consideradas.

La forma de la relación entre cada factor y el aspecto del beneficio correspondiente puede tener escalas numéricas de tipo continuas, discretas del tipo binario (existe o no existe, 0 o 1) o discretas categorizadas (imperceptible, aceptable, molesto etc.).

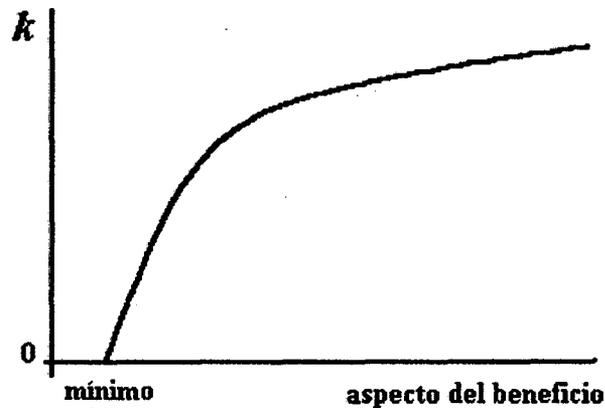


Figura 5-1 Función de tipo continua que relaciona el factor k_i y el aspecto del beneficio
Fuente: Guía para el Análisis del Beneficio-Costo

Para establecer un modelo de valoración del beneficio basado en anterior, se supone que cada factor k_i es independiente de los restantes factores, es decir por ejemplo, la iluminancia será independiente de la apariencia de la instalación lo cual puede ser un tanto obvio. Sin embargo la independencia no será tan evidente si nos referimos a la frecuencia y duración de fallos pues un fallo afectaría el nivel de la zona. Si se asume la independencia de un factor será necesario luego establecer la dependencia entre dicho factor y el aspecto del beneficio analizado. Una simplificación a este problema consiste en suponer una pendiente constante para la función a pesar de que puede no serlo. Sin embargo dado el nivel de precisión con el cual se evalúan los costos en alumbrado esta suposición es razonable.

5.1.1 Nivel de Alumbrado

Para cuantificar el nivel de alumbrado (actualmente iluminancia), en relación a parámetros funcionales, como por ejemplo: flujo luminoso, iluminancia, luminancia, visibilidad etc.; no obstante, la elección apropiada se debe realizar teniendo en cuenta que el parámetro sea:

- Representativo con el beneficio o eficacia del alumbrado.
- Mesurable con la rapidez y precisión que la metodología establecida lo requiera.
- Comparable con valores de referencia convenientemente establecidos.

La luz producida cuantificada en *lúmenes–horas mantenidos*, se puede utilizar como criterio para determinar el número óptimo de horas de funcionamiento de una instalación después de las cuales se deberá realizar el reemplazo de lámparas por grupo. También se puede utilizar para comparar distintas alternativas de instalaciones de alumbrado. Las mayores desventajas de este criterio radican en:

- La figura del flujo luminoso dice poco o nada acerca de las condiciones visuales creadas por el sistema de alumbrado,
- No considera la eficacia o la utilización del sistema de alumbrado tampoco el caso de cambios en la disposición de las luminarias.

El empleo de la iluminancia sobre el área de interés (sea horizontal o vertical) también dice poco acerca de las condiciones visuales creadas por el sistema de alumbrado, en este sentido la luminancia ha sido el parámetro funcional que mejor se ha correlacionado hasta el presente con las condiciones.

Desde la óptica del diseño, si se disponen de todos los datos necesarios, iluminancia, luminancia o visibilidad, son parámetros a determinar con relativa facilidad mediante el empleo de software adecuado aun cuando los dos últimos parámetros requieren información acerca de las propiedades reflectivas del



pavimento, lo cual hasta el presente ha limitado en alguna medida su amplia aplicación.

Desde el punto de vista de la implementación y el control, la iluminancia tiene la gran ventaja que es fácilmente mensurable. Si como meta se espera que la metodología propuesta sea aplicable, la iluminancia sobre el área de interés es el parámetro más recomendado para evaluar el nivel de iluminancia como factor del beneficio.

Las zonas de interés a considerar son todas las vías a iluminar o actualmente iluminadas. Si bien existen diversas configuraciones urbanas es posible adoptar un esquema típico simplificado para fines de estandarizar. Esto dependerá si el análisis se enfoca a casos particulares o a una escala mayor como ser el caso de una población. El área de interés estaría así constituida por la superficie de la calle, dividida en calzada y aceras si los niveles de alumbrado se consideran diferentes.

Se plantea ahora la necesidad de establecer cuál es la relación entre el beneficio y la iluminancia sobre el área de interés, para determinar el factor de iluminancia se empleara una relación entre los valores medidos y los establecidos en la Norma Técnica de Alumbrado, con el fin de evaluar la relación costo-beneficio.

No todos los luxes que llegan sobre la calzada son valorados de la misma manera por los usuarios del espacio iluminado, pues, si ese fuera el caso tendríamos un beneficio constante para cualquier iluminancia con lo cual la mínima iluminancia que nos conduzca al mínimo costo sería la más apropiada para cualquier situación. El beneficio del alumbrado está relacionado con la facilidad para realizar tareas o actividades de interés. El rendimiento visual o la facilidad para realizar tareas, sería también un indicador del beneficio.

El rendimiento visual relativo (RVP relative visual performance), está basado en mediciones de la velocidad que tienen los observadores para realizar tareas de laboratorio. Depende del tipo de tarea y del estado de adaptación de los





observadores. En la figura 5-2, se observa como varía el rendimiento visual con la iluminancia y el contraste para la tarea de detección de la abertura de un anillo de Landolt de 3 minutos de tamaño angular. La respuesta depende de las características de la tarea, la iluminancia necesaria podría obtenerse basándose en este criterio.

La iluminación de espacios urbanos, debido a la complejidad de la tarea visual involucrada, podía ser evaluada sobre la base de varios criterios de rendimiento visual. Siendo este el caso, los actuales parámetros funcionales recomendados para el diseño hubieran sido obtenidos por este camino.

A pesar que enfoques de este tipo son propuestos no es lo recomendado debido a que el alumbrado escogido para realzar un aspecto del rendimiento visual no prueba ser suficientemente efectivo para este aspecto en general. Por el contrario el camino seguido hasta el presente ha sido caracterizar el alumbrado con los parámetros luminotécnicos y luego ver en qué medida afecta esto el rendimiento visual en general.

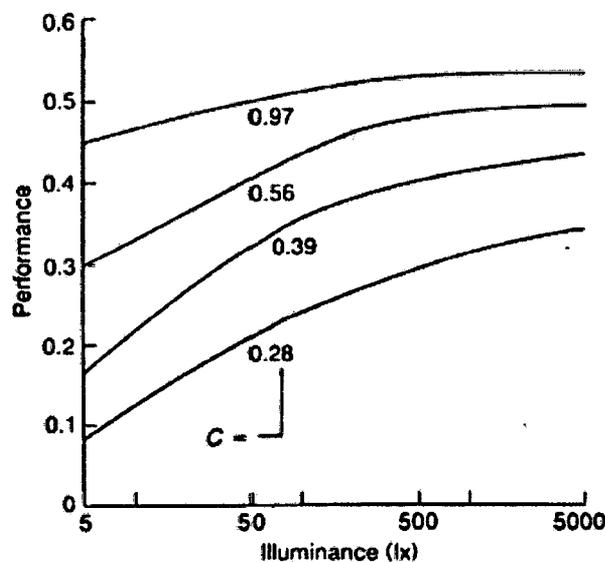


Figura 5-2 Variación del RVP con la luminancia
Fuente: RELATIVE VISUAL PERFORMANCE

Si bien no es posible caracterizar por una única función el rendimiento visual para el alumbrado público, a lo cual el beneficio estaría estrechamente vinculado, la forma de la función del beneficio en términos de iluminancia seguiría la tendencia



de figura anterior; en consecuencia una respuesta del tipo indicado en figura 5-3 es la esperada, donde el valor óptimo de iluminancia corresponderá al mínimo mantenido recomendado para cada tipo.

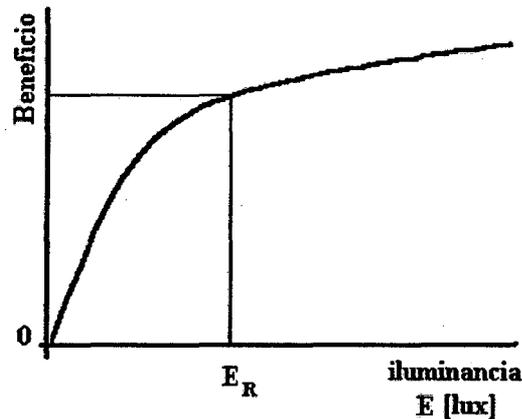


Figura5-3 Beneficio en relación con la Iluminancia
Fuente: CIE 136

Por conveniencia se asumen ciertas suposiciones para evaluar la relación costo-beneficio:

- El beneficio es 1 cuando la iluminancia corresponde al valor de referencia, es decir $k(E_R) = 1$, de este modo nos independizamos de no disponer de valores absolutos del beneficio.
- Conceptualmente los costos se verán incrementados en la relación costo-beneficio cuando la iluminancia sea menor que la de referencia penalizando así a las instalaciones que no cumplan con los objetivos de diseño, se considera que valores por arriba del de referencia no reportan beneficios económicos adicionales.
- Otra simplificación que se asume es linealizar la función con lo cual la pendiente (m) adoptada $m \leq 1/E_R$.
- Se considera que una instalación es inadmisiblesi la $E \leq E_R/2$.

$$k(E) = \begin{cases} 0 & \text{para } E \leq E_R/2 \\ (2E/E_R) - 1 & \text{para } E_R/2 \leq E \leq E_R \\ 1 & \text{para } E \geq E_R \end{cases} \quad (37)$$





dónde:

$k(E)$: factor de peso de la iluminancia.

E_R : iluminancia de referencia.

E : iluminancia sobre el área de interés a evaluar.

La iluminación de espacios urbanos, debido a la complejidad de la tarea visual involucrada, podía ser evaluada en base a varios criterios de rendimiento visual. Siendo este el caso, los actuales parámetros funcionales recomendados para el diseño hubieran sido obtenidos por este camino.

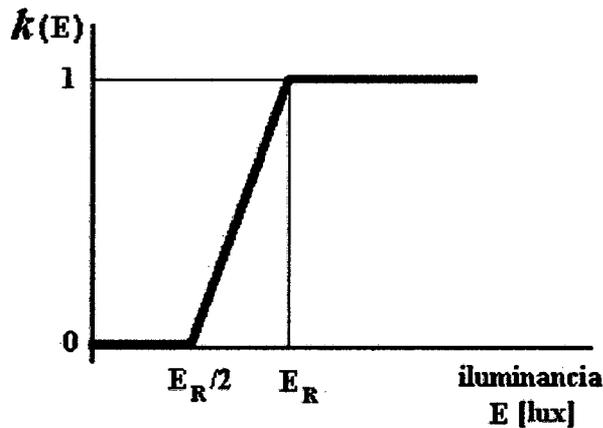


Figura 5-4 Función $k(E)$ en relación con la iluminancia
Fuente: CIE 136

5.1.1.1 Factor de iluminancia para zonas con áreas y niveles distintos

Como la instalación a evaluar puede estar ubicada en una zona urbana con distintos anchos de calles y distintos valores de iluminancia recomendados, es necesario obtener un $f(E)$ ponderado de acuerdo al área y al nivel. En ecuación siguiente se indica esta ponderación.

$$k(E)' = \frac{\sum_{i=1}^n E_{Ri} \cdot A_i \cdot k(E_i)}{\sum_{i=1}^n E_{Ri} \cdot A_i} \quad (38)$$

dónde:

$k(E)'$: factor de beneficio en términos de iluminancia ponderado de acuerdo al área y al valor de la iluminancia sobre la zona de interés.





$k(E_i)$: factor de beneficio en términos de iluminancia sobre la zona i .

E_{Ri} : iluminancia recomendada, mínima mantenida sobre el área i de interés.

A_i : Área de la zona i de interés.

5.1.1.2 Factor de iluminancia con reguladores de potencia

Con el fin de ahorrar costos frecuentemente se presenta la alternativa de reducir el consumo de energía, reduciendo la iluminancia durante ciertos periodos de tiempo como por ejemplo desde las 23hs hasta las 6hs de la mañana. Esto debe considerar que el margen de ahorro energético puede reducirse si coinciden las franjas horarias de reducción de consumo con la de menor costo de la energía.

La implantación del sistema se vería justificada no solo si el ahorro energético tuviera un período de retorno del capital corto (menor que 3 años) sino también en el hecho que se utilizarían en periodos donde la reducción en la densidad de tráfico o la disminución de la presencia de peatones que se experimenta no significa un riesgo adicional. No obstante debe considerarse el posible riesgo de aumento de accidentes por aumento de la velocidad de circulación y la posible reducción de la seguridad ciudadana.

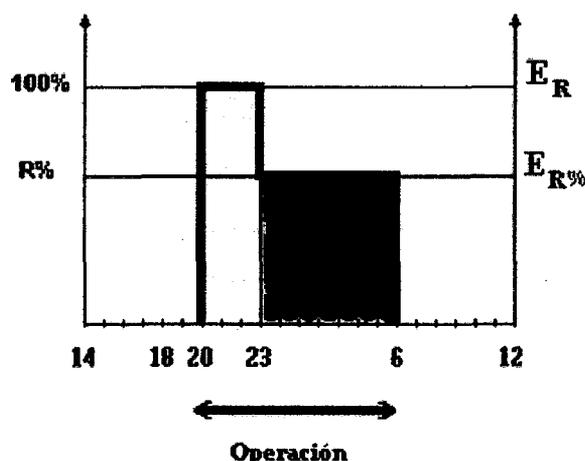


Figura 5.5 Factor de iluminancia con periodo de regulación
Fuente: Centre D'information l'eclairage

R%: Porcentaje de regulación potencia





En consecuencia, es necesario ponderar previamente las ventajas y desventajas antes de asumir la decisión política de reducir la iluminancia en aras de un ahorro energético y sería recomendable en cualquier caso emplear valores inferiores a 15 lux.

En aquellas situaciones que sean factibles reducir los niveles sin consecuencias, el beneficio se considerará equivalente a la situación sin reducción para realizar un balance entre costos adicionales y ahorro energético.

El factor de iluminancia del beneficio se ponderará sobre la base del periodo de uso de la regulación como se indica en figura 1.1.1-4 y la ecuación siguiente.

$$k(E)^{\#} = \frac{T_{100\%} \cdot k(E_R) + T_{R\%} \cdot k(E_{R\%})}{T_{100\%} + T_{R\%}} \quad (39)$$

dónde:

$k(E)^{\#}$: factor del beneficio ponderado debido a la presencia con regulador de potencia

$k(E_{100\%})$: factor del beneficio con 100% de potencia.

$k(E_{R\%})$: factor del beneficio con R% de regulación de potencia.

$E_{R\%}$: iluminancia de referencia, mínima mantenida sobre el área i de interés con R% de regulación.

$T_{R\%}$: periodo de funcionamiento bajo regulación de potencia.

$T_{100\%}$: periodo de funcionamiento al 100% de potencia.

5.1.2 El tiempo de Servicio de la Instalación

El funcionamiento diario de la instalación de alumbrado debe responder a las necesidades de luz. Cuando la reducción gradual del alumbrado natural al atardecer produzca condiciones de iluminación inferiores a los niveles funcionales necesarios será el momento de la conexión del alumbrado artificial. Así como la duración del día (ortos y ocasos).





Se observa en la tabla 5-1 que el tiempo máximo de utilización acumulado anualmente, recomendado de acuerdo al Instituto Geofísico del Perú, para nuestro país, es de 4,340.08 horas; este dato puede variar por fallo de los componentes de comando, alteraciones del ciclo de encendido y apagado; debido a que los esquemas actuales de operación centralizada por cuadro de mando el fallo de un sistema de control afecta a numerosos puntos de luz. En caso de exceso de uso de la instalación se produciría un sobre consumo y una posible reducción de la vida útil de los componentes.

MES	HORA DE ENCENDIDO	HORA DE APAGADO	HORAS ENCENDIDAS AL MES
ENERO	18:20	05:30	346.17
FEBRERO	18:15	05:45	322.00
MARZO	18:00	05:50	366.83
ABRIL	17:40	05:55	367.50
MAYO	17:30	06:00	387.50
JUNIO	17:30	06:10	380.00
JULIO	17:35	06:10	390.08
AGOSTO	17:40	06:00	382.33
SETIEMBRE	17:45	05:40	357.50
OCTUBRE	17:45	05:20	359.08
NOVIEMBRE	17:55	05:10	337.50
DICIEMBRE	18:10	05:15	343.58
Total Año			4,340.08

Tabla 5-1 Horas recomendadas de funcionamiento al año
Fuente: Instituto Geofísico del Perú

La utilización del sistema de alumbrado fuera del horario necesario se considera que no produce ningún beneficio para el usuario. El adelanto del encendido y/o atraso del apagado no reporta beneficio alguno si el encendido y apagado teórico son correctos. Por lo contrario, reducir el periodo de funcionamiento significaría no brindar el servicio en cuyo caso no existiría ningún beneficio esta situación se produciría ante un atraso en el encendido y/o adelanto en el apagado, ver figura 5-6.



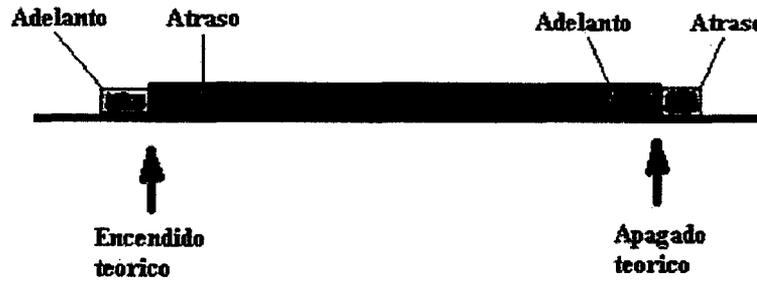


Figura 5-6 Tiempos de operación del Alumbrado Publico
Fuente: E. R. Manzano

Como reducción del beneficio por tiempo de operación se considera que 15 minutos de atraso del encendido más 15 minutos de adelanto del apagado es la máxima ausencia del servicio aceptada con penalización para evaluar el beneficio. Esto conduce a: 30 minutos x 365 días = 182,5 hs/año; que corresponde aproximadamente al 4.2% de desfase horario anual. Para periodos mayores se considera inadmisibles la ausencia del servicio. Bajo estas consideraciones el factor beneficio en términos del tiempo de operación se define como se indica en la ecuación y figura siguiente:

$$k(T_o) = \begin{cases} 1 & \text{para } T_o \geq T_{OR} \\ T_o/T_{OR} & \text{para } 0.95T_{OR} \leq T_o \leq T_{OR} \\ 0 & \text{para } T_o \leq 0.95T_{OR} \end{cases} \quad (40)$$

dónde:

$k(T_o)$: factor de beneficio que considera el tiempo de operación .

T_o : tiempo de operación anual real de la instalación analizada.

T_{OR} : tiempo de operación anual de referencia, corresponde al tiempo acumulado anual de tabla 5-1.

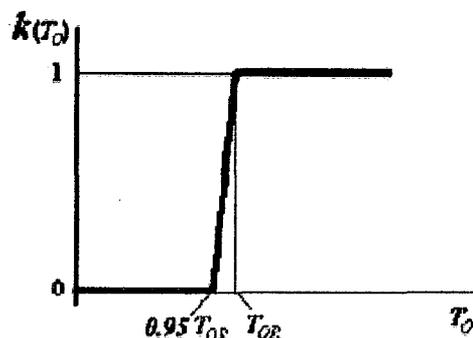


Figura 5-7 Factor de beneficio en función al tiempo de operación
Fuente: E. R. Manzano



Debido a la depreciación por envejecimiento y suciedad los sistemas de alumbrado se dimensionan para un valor inicial de flujo mayor que el mínimo mantenido el cual en teoría, alcanzaría momentos antes de efectuar el mantenimiento correspondiente.

El sistema de control de potencia o regulador de flujo, podría disponer de un lazo adicional de realimentación de control con la señal de una fotocélula que permitiera mantener la iluminancia sobre la calzada al valor mínimo mantenido después del mantenimiento correspondiente. Estos sistemas se han estudiado para aplicarlos en alumbrado de interiores en edificios, sin embargo el beneficio generado no ha justificado su implantación hasta la fecha.

5.1.3 Frecuencia de Duración de Fallas

En cualquier instalación ocurrirán fallas en forma aleatoria por la naturaleza propia de los componentes. En interiores, oficinas por ejemplo, las fallas puntuales de lámparas afectara relativamente poco la uniformidad del ambiente en general, debido a que usualmente se emplea una distribución uniforme y de alta densidad de las luminarias. El nivel medio de iluminancia en este caso se vería afectado proporcionalmente al porcentaje de lámparas con fallas. En alumbrado público la baja densidad hace que un punto de luz fuera de servicio produzca (dependiendo de la separación existente) un espacio sumamente oscuro aun cuando a escala de una población los valores medios de iluminancia no se vean afectados prácticamente.

La presencia de espacios oscuros, además del problema de seguridad vial y ciudadana que implica reduce la imagen ciudadana, esto se agrava si las fallas persisten mucho tiempo por falta de un mantenimiento adecuado. Evaluar el efecto objetivo de fallas puntuales sobre el beneficio es el objetivo del factor averías permanentes.

El porcentaje de averías permanentes (*PAP*) indica el porcentaje medio de puntos de luz fuera de servicio, probable de observar por la noche en una zona o





instalación. Puede determinarse por inspección periódica de toda la población o muestreo aleatorio. En una instalación con gestión centralizada y control individual de los puntos de luz, sería posible registrar el *PAP* por monitoreo permanente. Una estimación del *PAP* basado en registros históricos de fallos, el tiempo necesario para la reparación y la suposición de una distribución temporal uniforme de fallos, se puede obtener mediante la ecuación:

$$PAP = \frac{Tfs \cdot AA}{365 \cdot NPL} \times 100 \quad (41)$$

dónde:

PAP: porcentaje de averías permanente

AA: averías anuales. Se obtiene de registros históricos.

NPL: número de puntos de luz.

Tfs: tiempo medio de fuera de servicio de un punto de luz o tiempo transcurrido desde la falla hasta que esta se repara, en días. Se puede suponer que es el tiempo desde la detección hasta la reparación.

A partir del *PAP* se determina el factor del beneficio que tiene en cuenta la frecuencia y duración de las fallas. El factor averías del beneficio $k(PAP)$ se define del siguiente modo:

- El beneficio será 1 mientras *PAP* esté por debajo de un mínimo exigido.
- El beneficio será nulo si el *PAP* está por arriba de un máximo.

De este modo resulta la ecuación siguiente:

$$k(PAP) = \begin{cases} 1 & \text{si } PAP \leq PAP_{min} \\ 1 - \left[\frac{(PAP - PAP_{min})}{(PAP_{max} - PAP_{min})} \right] & \text{si } PAP_{min} \leq PAP \leq PAP_{max} \\ 0 & \text{si } PAP > PAP_{max} \end{cases} \quad (42)$$

dónde:

$k(PAP)$: factor del beneficio que considera los fallos de la instalación.



PAP_{min} : porcentaje de averías permanente mínimo exigido.

PAP_{max} : porcentaje de averías permanente máximo permitido.

PAP : porcentaje de averías permanente actual.

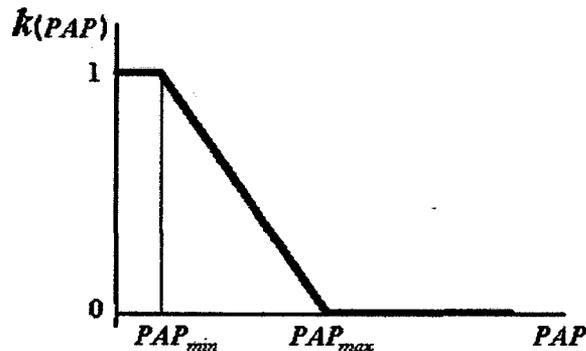


Figura 5-9 Factor de beneficio en función de la frecuencia y duración de fallas
Fuente: E. R. Manzano

5.1.4 Apariencia de la Instalación

En algunas situaciones particulares, las instalaciones de alumbrado se diseñan con criterios estéticos o decorativos. Ya sea porque están ubicadas en un entorno histórico o por motivaciones propias, la apariencia de las instalaciones cobra importancia afectando tres aspectos en general, el costo de instalación, la eficacia global (utilización de la instalación) y el mantenimiento. Las instalaciones puramente decorativas no serán consideradas en el presente trabajo ya que el objetivo es evaluar el servicio del alumbrado y no la apariencia en sí de las instalaciones. En toda otra situación donde se combine la apariencia y la funcionalidad, valorar la apariencia tiene como objetivo asignar un factor que equilibre a aquellas instalaciones que por su apariencia y mayores costos se verían desfavorecidas aun cuando en todos los aspectos del beneficio fueran equivalentes.

La dimensión apariencia de una instalación tendrá una escala discreta que puede ser del tipo escalonada con adjetivos calificativos o con dos adjetivos calificativos opuestos separados por valores numéricos (1 a 5 o 1 a 7).

Los requisitos que debe cumplir la escala es que cada escalón tenga un valor unívoco y distinto a los demás asociado. Un ejemplo de escala ordenada del



primer tipo se indica en tabla 5-2. La separación entre adjetivos no es relevante ya que un peso relativo de cada adjetivo será asignado tomando como referencia uno de ellos mismos.

El peso de cada adjetivo (V_x) es el valor que se estaría dispuesto a pagar o aceptar por una apariencia x de la instalación. El valor asignado a V_x es atributo o criterio de quien realiza la evaluación. En cada situación a evaluar habrá una apariencia apropiada establecida previamente por las características de la zona etc. que será tomada como referencia. El factor apariencia del beneficio de la instalación a evaluar se calcula como se indica en 5-2.

Orden	Apariencia Actual	V_x	Apariencia Apropiada		
			Neutra	Atractiva	Decorativa/Diseño
1	Descuidada	0.95	0.95	0.82	0.63
2	Neutra	1.00	1.00	0.87	0.67
3	Atractiva	1.15	1.15	1.00	0.76
4	Decorativa/Diseño	1.50	1.50	1.30	1.00

Tabla 5-2: Apariencia de la instalación y factores de peso para evaluar el beneficio.
Fuente: Mantenimiento y ajuste de factores en los cálculos de diseño de iluminación, Van Dusen (1971)

Si la instalación a evaluar estuviera en un ámbito histórico donde la implantación de luminarias decorativas estuviera justificada, la apariencia de referencia sería decorativa o de diseño y los factores $k(\text{Apariencia})$ resultantes correspondería a la última columna de tabla 5-2. De este modo las instalaciones con otras apariencias distintas a decorativas se verían desfavorecidas con esta ponderación. En el caso de la existencia de varias zonas o calles un factor apariencia medio por cuadro se puede obtener ponderando sobre la base del número de puntos de luz de cada zona o calle en que se halla particionado el cuadro.

$$k(A)^* = \frac{\sum_{i=1}^n k(A_i) \cdot NPL_i}{\sum_{i=1}^n NPL_i} \quad (43)$$



dónde:

$k(A)^*$: factor del beneficio ponderado, para considerar la apariencia de la instalación.

$k(A_i)$: factor del beneficio para considerar la apariencia de la instalación i .

NPL_i : número de puntos de luz de la instalación i .

En forma similar al caso de apariencia de la instalación, la reproducción del color de las fuentes de luz empleadas es un factor que puede ser considerado utilizando una escala similar.

5.2 Valoración de Costos

Los costos del sistema de alumbrado se pueden agrupar en:

- Costos de instalación.
- Costos de consumo de energía.
- Costos de mantenimiento.
- Costos de eliminación o reciclado.

Un análisis global de costos que permita comparar instalaciones o efectuar un seguimiento de la evolución de costos debe cubrir el ciclo de vida de la instalación que puede variar entre 15 y 20 años.

Durante el ciclo de vida existen distintos periodos en los cuales se realizan inversiones y gastos. El capital utilizado en proyecto, materiales, construcción, mano de obra etc. tanto de la instalación eléctrica como del alumbrado, se invierte inicialmente y tiene un costo financiero. Por otra parte los gastos operativos, de explotación y eliminación se realizan en distintos periodos de tiempo. Todos estos costos para poder ser evaluados y comparados con otras alternativas deben ser trasladados a un mismo instante de tiempo como el valor presente o a una cuota anual equivalente estos conceptos son discutidos para su aplicación a la relación costo-beneficio en alumbrado público. Los distintos costos que intervienen junto a los factores más importantes son analizados en la presente sección.



5.2.1 Costos de Instalación

Los costos considerados en la instalación comprenden todo lo necesario para el montaje y puesta en funcionamiento de la instalación. Estos pueden variar dependiendo de las fluctuaciones del mercado, políticas de descuento comercial, etc.

Los elementos que se consideran en los costos de instalación son:

- Luminarias, artefactos de alumbrados, lámparas, equipos auxiliares.
- Soportes (pastoral), cimentaciones, puestas a tierra (de ser el caso).
- Tendido de redes eléctricas aéreas o subterráneas.
- Montajes, acabados y puesta en funcionamiento.
- Cuadros de medición de energía, cuadros de mando, protecciones, elementos de encendido, maniobra, estabilización de tensión, regulación, puesta a tierra, etc.
- Porcentajes correspondientes a beneficios laborales (en obra pública 6%), gastos administrativos (13% en obra pública), imprevistos (usualmente 1%) e IGV (18% actualmente).

En cuyo caso los costos se pueden englobar en la siguiente expresión:

$$P = N \cdot G \quad (44)$$

dónde:

P: Costo de la instalación.

N: Número de puntos de luz.

G: Costo de la instalación por punto de luz.

5.2.4.1 Costos de Renovación de las Instalaciones

Durante el transcurso de la vida de una instalación generalmente es necesario reemplazar algunos de sus componentes, debido al envejecimiento de los mismos, a la variación de las exigencias del servicio o por adaptación a nuevas



tecnologías más eficientes. El análisis de costos en estos casos será similar al de costos de instalación afectando únicamente los componentes objeto de la renovación.

Los componentes renovados tienen un costo de capital y frecuentemente un costo de eliminación o reciclado que debe ser considerado. Raras veces es posible reutilizar componentes pero si este fuera el caso podría haber un beneficio económico que redujera los costos de renovación. Los posibles cambios en el consumo energético suscitados por la renovación de la instalación deben ser considerados en los costos de explotación y mantenimiento que se analizan. En instalaciones de alumbrado es todavía frecuente la utilización de equipos auxiliares con reactancias magnéticas cuya vida media es de 10 años. Si el ciclo de vida de una instalación es de 15 a 20 años este sería un ejemplo de un componente a renovar a la mitad de la vida de la instalación.

5.2.2 Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento del alumbrado público, dependen de la política adoptada. En el caso más general los factores que se ponen a consideración son los siguientes:

- Control general de funcionamiento.
- Revisiones sistemáticas o periódicas.
- Reparación de averías.
- Reemplazo periódico de lámparas.
- Reemplazo periódico de otros componentes.
- Limpieza de luminarias y lámparas.

De los costos mencionados los tres primeros formarían parte de los gastos o costos fijos mientras que los restantes serían gastos o costos variables que dependen de la modalidad o política de mantenimiento. Los costos de limpieza de luminarias suelen depender de la altura del punto de luz y del tipo de luminaria, si





es abierta o cerrada, pues los medios que intervienen en cada caso y la duración o dificultad de la tarea son distintos y producen diferentes costos en cuyo caso pueden emplearse los factores de ajuste de la tabla 5-3.

La tendencia actual es de emplear luminarias cerradas tipo IP 54 o superior sin embargo existen todavía algunas instalaciones con luminarias abiertas que gradualmente son retiradas de servicio en la medida de las posibilidades de la empresa concesionaria.

Tipo de luminaria	Altura de montaje	Costo relativo
Cerrada (³ IP2)	> 5 m	1,0
Abierta (<IP2)	< 5 m	1,25
decorativa o de diseño		1,5

Tabla 5-3 Factores de ajuste para distintos tipos de luminarias y alturas de montaje.
Fuente: Mantenimiento y ajuste de factores en los cálculos de diseño de iluminación,
Van Dusen (1971)

Los costos de reemplazo de lámparas dependen de las estrategias de mantenimiento adoptadas, donde en algunos casos, se puede combinar además con las operaciones de limpieza. A este respecto los costos de reemplazo y limpieza se pueden clasificar en:

- Reemplazo programado y masivo de lámparas más limpieza programada masiva de luminarias.
- Reemplazo correctivo y programado de lámparas más limpieza programada masiva de luminarias.
- Reemplazo correctivo de lámparas más limpieza programada masiva de luminarias.
- Reemplazo correctivo de lámparas con limpieza simultánea.

Durante las reposiciones puede darse el caso del empleo de material reciclable. La implantación de esta política debe reunir ciertas condiciones para que sea viable. En el caso de la utilización de lámparas recicladas la procedencia de las mismas puede originarse en las sustituciones correctivas que luego son retiradas





en un cambio masivo y que aun estarían en condiciones de funcionamiento. El ahorro supuesto al reutilizar componentes debe ser ponderado frente a los costos que la implementación de dicha política significa, por ejemplo costos de preparación, control, etc.

La frecuencia anual de las operaciones de limpieza y sustitución de lámparas se establecen de forma de mantener la calidad del servicio, es decir las condiciones de iluminación adecuadas, disponibilidad del sistema etc., a costos razonables.

Identificados los costos de materiales, mano de obra, equipamiento, etc., el tipo de política a implementar y la frecuencia de las operaciones anuales a realizar pueden ser ahora determinados para obtener los mínimos costos con los mayores beneficios posibles.

5.2.2.1 Reemplazo Programado y Masivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias.

Los cambios masivos que suponen el remplazo de un número importante de componentes requieren de cierto tiempo para ser efectuados lo que dependerá de los medios técnicos y del personal con que se cuente para tal fin.

Es frecuente observar la división en sectores para optimizar la ejecución de las operaciones programadas conduciendo así a menores costos, ya sea debido a la ejecución en menor tiempo o a mayor facilidad de acuerdo a ciertas similitudes en las características de instalaciones, o del recorrido de los vehículos etc. En algunos casos la división en sectores respeta algún esquema administrativo preestablecido lo cual puede no ser lo más apropiado.

Los costos anuales pueden determinarse, básicamente, mediante la expresión siguiente:

$$C_{mtto} = [N \cdot (n \cdot N_L \cdot C_L + C_{mop}) / T_P] + [N \cdot C_{mol} / T_L] \quad (45)$$





dónde:

C_{mtto} : costo de mantenimiento.

N : número de luminarias.

n : número de lámparas por luminaria.

N_L : número de luminarias por punto de luz.

C_L : costo por lámpara.

C_{mop} : costo de mano de obra de sustitución programada.

C_{moi} : costo de mano de obra de limpieza programada.

T_P : periodo de sustitución programado masivo (años).

T_L : periodo de limpieza programada masiva de luminarias (años).

En general se trata de abaratar costos por lo que frecuentemente se cambian las lámparas y se limpian las luminarias al mismo tiempo, en cuyo caso los periodos de limpieza son fracciones del reemplazo programado:

$$T_L = T_P / N_{Limp} \quad (46)$$

dónde:

N_{Limp} : número de limpiezas en el período de cambio de lámparas programado.

5.2.2.2 Reemplazo Correctivo y Programado de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias

Una de las políticas más implementadas en alumbrado público es la sustitución correctiva y programada masiva de lámparas más limpieza programada masiva de luminarias. Los costos anuales relacionados con esta política se pueden agrupar en tres sumandos, el de reposiciones correctivas, masivas y limpieza:

$$C_{mtto} = \left[\left(\frac{f}{100} \right) \cdot n \cdot N_L \cdot N \cdot (C_L + C_{moc}) / T_P \right] + [N \cdot (n \cdot N_L \cdot C_L + C_{mop}) / T_P] + [N \cdot C_{mol} / T_L] \quad (47)$$





dónde:

C_{mtto} : costo de mantenimiento.

f : porcentaje de fallos de lámparas antes que se cumpla (o durante) el periodo de sustitución programada masiva.

N : número de luminarias.

n : número de lámparas por luminaria.

N_L : número de luminarias por punto de luz.

C_L : costo por lámpara.

C_{mop} : costo de mano de obra de sustitución programada.

C_{moj} : costo de mano de obra de limpieza programada.

C_{moc} : costo de mano de obra correctiva.

T_P : periodo de sustitución programado masivo (años).

T_L : periodo de limpieza programada masiva de luminarias (años).

Si no se disponen registros históricos que se puedan utilizar, una estimación de "f", se puede efectuar a partir de los datos de supervivencia de fabricantes de lámparas mediante la expresión:

$$f \approx [1 - \text{supervivencia}(T_U - T_P)] \quad (48)$$

dónde:

T_P : periodo de sustitución programado masivo [años]

T_U : tiempo de utilización en (h), acumulado por año de la instalación en caso de funcionamiento a régimen sin reducción de flujo luminoso o el equivalente considerando porcentaje de reducción y duración de la misma.

Se debe tener siempre presente que en la práctica las condiciones de funcionamiento se apartan de las de ensayo del fabricante, por lo cual la fracción de fallas de lámparas varía.

A título comparativo de valores de f para un tiempo de utilización T_U de 4000hs. y un periodo de sustitución programado T_P de 3 años se indican en tabla siguiente:



		% Lámparas Fundidas	
Lámparas		Philips	C.I.E.
Sodio	50 W	14	11
	70 W		
	150 W	8	
	250 W	5	
	400 W	12	

Tabla 5-4 Porcentaje de lámparas fundidas en un periodo de 3 años.
Fuente: Philips Quality Department Lighting, CIE Comission Internationale de l'Eclairage

5.2.2.3 Reemplazo Correctivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias

Bajo esta política de mantenimiento se realiza una actuación sobre el punto de luz cuando se reporta o constata durante una inspección el no funcionamiento. De ser necesario se efectúa la sustitución de los componentes con fallos. En el caso de sustitución de lámparas los costos pueden estimarse sobre la base de la siguiente expresión:

$$C_{mtto} = [f \cdot n \cdot N_L \cdot N \cdot (C_L + C_{moc})] + [N \cdot C_{moj} / T_L] \quad (49)$$

dónde:

C_{mtto} : costo de mantenimiento.

f : fracción anual de lámparas con fallas respecto del total instaladas en la zona, o población estudiada, bajo una política de mantenimiento correctivo.

N : número de luminarias.

n : número de lámparas por luminaria.

N_L : número de luminarias por punto de luz.

C_L : costo por lámpara.

C_{moj} : costo de mano de obra de limpieza programada.

C_{moc} : costo de mano de obra correctiva.

T_L : periodo de limpieza programada masiva de luminarias (años).

Como fracción anual de recambio de lámparas bajo una política de mantenimiento correctivo se recomienda emplear.

$$f = T_U / T_{50\%} \quad (50)$$

dónde:

T_U : tiempo de utilización en [hs], acumulado por año de la instalación en caso de funcionamiento a régimen sin reducción de flujo luminoso o el equivalente considerando porcentaje de reducción y duración de la misma.

$T_{50\%}$: vida media, tiempo en funcionamiento hasta el 50% de supervivencia de las lámparas.

Valores indicativos de f para $T_U=4000$ hs se muestran en la tabla siguiente.

Lámpara	T50% (h)	f
Sodio AP	24,000	0.166
Sodio BP	16,000	0.250
Halogenuro Metálico	18,000	0.220

Tabla 5-5 Valores orientativos de $T_{50\%}$ y f

Fuente: The economics of lighting maintenance, Design guide for road lighting maintenance.

Bajo una política de cambios correctivos únicamente, la edad promedio de la población de lámparas instaladas será de aproximadamente 7 años. Debido a la depreciación del flujo luminoso de las lámparas las condiciones de iluminación se verán depreciadas. De no existir un control apropiado, la tasa de fallos o porcentaje de puntos de luz fuera de servicio permanente por noche puede incrementarse, reduciendo las condiciones de iluminación debajo de las recomendadas y aumentando los costos de mantenimiento.

Aun cuando el porcentaje de fallos sea alta estas se producirán en forma aleatoria con lo cual será probable encontrar puntos de luz consecutivos con lámparas depreciadas. En alumbrado interior de edificios este efecto puede verse reducido al compensar con distribuciones uniformes de luminarias en el área iluminada, pero en alumbrado urbano al ser generalmente distribuciones



regulares de luminarias a lo largo de las vías de circulación no se compensa con facilidad.

5.2.2.4 Reemplazo correctivo de lámparas con limpieza simultánea

El caso presente es similar al anterior en lo que a cambios correctivos se refiere, se adiciona la tarea simultanea de limpieza de la luminaria cuando se efectúa el remplazo. Tal como se mencionara en la sección anterior bajo una política de reemplazo correctivo, la edad promedio de las lámparas de una población puede ser elevada con la consiguiente depreciación del flujo luminoso y al no existir una limpieza programada se agrega la depreciación por suciedad de la luminaria que agrava aún más la situación.

Como las fallas son aleatorias también puede presentarse el caso de puntos de luz donde se hubiera efectuado un cambio y limpieza recientemente en cuyo caso puede omitirse esta última operación.

$$C_{mtto} = [f \cdot n \cdot N_L \cdot N \cdot (C_L + C_{mocl})] \quad (51)$$

dónde:

C_{mtto} : costo de mantenimiento.

f : fracción anual de lámparas con fallas respecto del total instaladas en la zona, o población estudiada, bajo una política de mantenimiento correctivo.

N : número de luminarias.

n : número de lámparas por luminaria.

N_L : número de luminarias por punto de luz.

C_L : costo por lámpara.

C_{mocl} : costo de mano de obra correctiva más limpieza simultánea.

5.2.3 Costos de Eliminación y Reciclaje

Durante el ciclo de vida de las instalaciones de alumbrado existen componentes que por su naturaleza sufren fallas o reducen sus prestaciones y deben ser



reemplazados con cierta periodicidad. Los costos de sustitución de dichos componentes han sido analizados en la sección anterior.

En instalaciones de alumbrado el componente más susceptible de falla es la lámpara. Un 95% de las lámparas utilizadas en alumbrado público es del tipo de descarga, que contienen mercurio. Datos del contenido medio de mercurio por unidad de peso se indica en:

Tipo de lámpara	Peso medio por lámpara [mg]
Fluorescente tubular	15
Fluorescente compacta	5
Mercurio AP	30
Mercurio c/vapores metálicos	30
Sodio AP	25

Tabla 5-6 Contenido de mercurio en lámparas de descarga
Fuente: Federación Europea de Fabricantes ELCF DL (1997).

La presencia del mercurio en las lámparas de descarga, es esencial en el proceso de generación de luz y su presencia se justifica debido a la mayor eficiencia respecto de las lámparas incandescentes.

El mercurio (Hg) contenido en las ampollas de las lámparas de descarga no representa ningún riesgo durante el funcionamiento de las lámparas. El problema ocurre cuando la ampolla se rompe, al ser desechada la lámpara por alcanzar su vida útil o por fallos prematuros. El Hg liberado entra en contacto con el medio ambiente produciendo un impacto ecológico. Si bien el mercurio está presente en la naturaleza, ciertas concentraciones pueden afectar la salud, causando daños al riñón, cerebro y feto en gestación.

El Hg a temperatura normal es líquido pero es soluble en agua en 60mg/litro a 20°C. El límite recomendado de contenido en agua potable es de 1mg/litro pero 114 ng/l (n=10-9), pueden afectar a la salud. Un Kg. de Hg puede en teoría envenenar 1'000,000 m³ de agua.





Si bien existe un conocimiento del riesgo que representa la eliminación descontrolada de mercurio todavía no existe un criterio unificado sobre qué medidas tomar. Los métodos conocidos de eliminación de lámparas son:

- Vertido descontrolado
- Vertido en depósitos controlados
- Incineración controlada
- Reciclado

El costo de reciclado por lámpara puede ser incorporado como un costo adicional de la lámpara para evaluar la relación costo-beneficio. El número de lámparas que se eliminarán anualmente se puede estimar, lo cual corresponderá a la suma del porcentaje de fallas de lámparas anuales y al porcentaje correspondiente al cambio masivo anual si se aplica dicha política.

Si bien el costo de reciclado real de las lámparas es alto, comparado con los posibles beneficios que podrían obtenerse de la reutilización de productos como materia prima, frente al costo de la lámpara en sí no es significativo y el mayor beneficio motivador de aplicar políticas de reciclado es la reducción del impacto ambiental al recuperar el mercurio.

Se asume en este análisis que efectivamente el proceso de reciclado es un proceso controlado que separa los componentes tóxicos para su posterior reutilización o eliminación controlada y que los beneficios ambientales de introducir esta tecnología son mayores que los de eliminar descontroladamente los residuos.

El tratamiento de reciclado actualmente en funcionamiento presenta en forma resumida los siguientes pasos:

- recepción de lámparas enteras.
- destrucción en atmósfera aislada controlada.
- aplicación de técnicas de separación por aspiración o arrastre de líquidos.





- canalización de fluidos con productos tóxicos a sistemas de absorción.
- separación de productos tóxicos de los sistemas de absorción en hornos.
- distribución de los productos resultantes para su reutilización o eliminación como materia inerte o como productos tóxicos no reciclables.

Las principales etapas del proceso se indican en la figura.

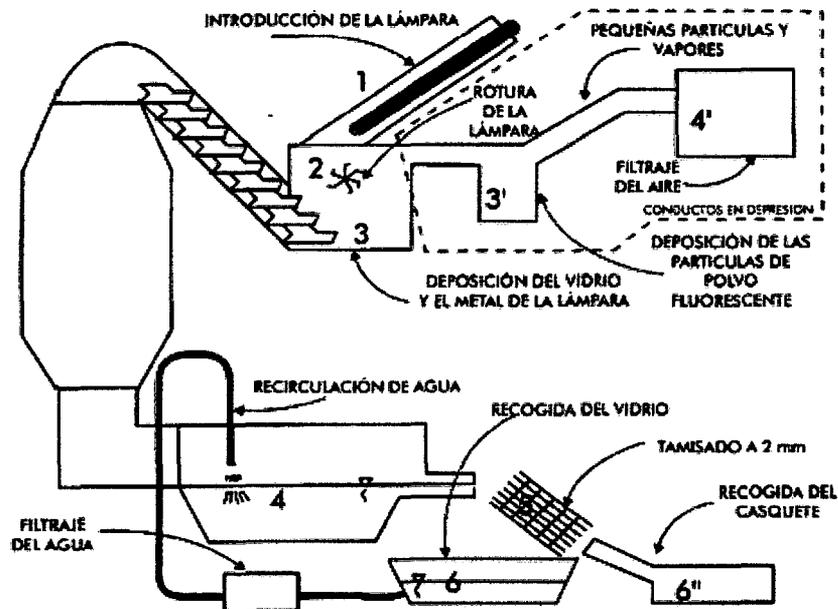


Figura 5-10: Proceso de reciclado de lámparas de descarga

5.2.4 Análisis del Ciclo de Vida

Un criterio de análisis que adquiere cada vez mayor importancia para evaluar económicamente un producto o proceso es el análisis del ciclo de vida (ACV), esto es, estudiar desde la cuna a la tumba todos los costos que intervienen. Este criterio también es utilizado para evaluar el impacto ambiental de un producto o proceso.

En las instalaciones de alumbrado los costos de inversión inicial y los costos anuales de explotación y mantenimiento como así también los costos finales de eliminación ocurren en distintos períodos de tiempo. Por otra parte los costos o gastos anuales experimentan una evolución debido a la inflación durante la vida útil de la instalación.

Se debe introducir en el análisis el concepto del valor del dinero.





El dinero tiene un valor en el tiempo, S/. 1,000 hoy no tienen el mismo valor dentro de un año. Depositados a un 5% de interés anual generarían al final del año S/. 50. Es decir S/. 1,000 hoy se puede decir que equivaldrían a S/. 1,050 dentro de un año. Para poder hacer una equivalencia en el tiempo y comparar distintas alternativas se deben convertir todos los costos, a que dan lugar las instalaciones de alumbrado durante el ciclo de vida, a valores presentes o convertir todos los costos a una cantidad equivalente anual.

5.2.4.1 Valor Presente

Los costos anuales de gestión, explotación, mantenimiento, reciclado etc. se denominan en términos económicos: flujos de caja de cantidades anuales iguales. Estas cantidades pueden ser convertidas en una cantidad única o valor equivalente actual llamado valor presente mediante la ecuación:

$$P = A \cdot \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \right] \quad (52)$$

dónde:

P: valor presente o valor equivalente actual en S/.

A: pagos anuales o costo anual en S/.

i: oportunidad de inversión o tasa de interés anual como fracción decimal.

n: número de años

De este modo es equivalente una serie de pagos anuales de *A* S/ por los próximos *n* años o un único pago de *P* S/ hoy.

Un valor en el futuro también se puede convertir a un valor equivalente presente mediante la ecuación:

$$P = F \cdot \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (53)$$





donde:

P : valor presente o valor equivalente actual en S/.

F : valor futuro o cantidad en el futuro en S/.

i : oportunidad de inversión o tasa de interés anual como fracción decimal.

n : número de años

Por medio de esta conversión se puede decir que es equivalente pagar una cantidad P hoy o F dentro de n años. Un valor futuro como el costo de eliminación de la instalación (o ganancia si se recibe dinero por la venta de la instalación) se convierte de esta forma a un valor presente.

El costo total de una instalación a valor presente durante un ciclo de vida de n años será:

$$C_T = C_I + C_A \cdot \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \right] + C_F \cdot \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (54)$$

dónde:

C_T : costo total durante un ciclo de n años vida.

C_i : costo de inversión de capital.

C_A : costos anuales de explotación y mantenimiento, etc.

C_F : costos futuros de eliminación de instalaciones.

En caso que los costos anuales sufran variaciones o tengan una tasa de crecimiento el valor presente puede ser calculado como se indica a continuación:

$$P = \sum_{k=1}^n A \cdot \left(\frac{1+r}{1+i} \right)^k \quad (55)$$

$$P = A \cdot \frac{(1+r) \cdot [(1+i)^n - (1+r)^n]}{(i-r) \cdot (1+i)^n} \quad (56)$$

dónde:

P : valor presente o valor equivalente actual en soles.



A : pagos anuales o costo anual en soles.

i : oportunidad de inversión o tasa de interés anual como fracción decimal.

r : tasa de crecimiento o porcentaje de crecimiento de los pagos anuales, como fracción decimal.

n : número de años.

5.2.4.2 Cantidad Equivalente Anual

Otra posibilidad de comparar alternativas es convirtiendo los costos iniciales de inversión de capital de instalaciones en un flujo de caja anual constante o cantidad equivalente anual mediante la ecuación siguiente que es obtenida a partir de la primera ecuación del ítem anterior:

$$A = P \cdot \left[\frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right] \quad (57)$$

Los costos futuros de eliminación también pueden ser convertidos en una cantidad equivalente anual mediante:

$$A = F \cdot \left[\frac{i}{(1 + i)^n - 1} \right] \quad (58)$$

El costo total anual equivalente de un ciclo de vida de n años de una instalación será:

$$C_T = C_A + C_I \cdot \left[\frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right] + C_F \cdot \left[\frac{i}{(1 + i)^n - 1} \right] \quad (59)$$

dónde:

C_T : costo total durante un ciclo de n años vida.

C_I : costo de inversión de capital.

C_A : costos anuales de explotación y mantenimiento, etc.

C_F : costos futuros de eliminación de instalaciones.

5.3 Control de Base de Datos

Según a la recopilación de datos, se tuvo que procesar la información necesaria, de dos bases de datos diferentes como son las del GIS (Sistema Informático Georeferenciado) y el SIELSE (Sistema Informático ELSE), lo cual conlleva a una serie de errores pues las mismas son totalmente distintas y la información en algunos casos se contradice.

Por esa razón es muy necesario centralizar en una sola base de datos toda la información necesaria, que incluya, a parte de los datos gráficos y georeferenciados, los procesos de mantenimiento.

El planteamiento incluye dos módulos, que nos ayudara con el inventario de la ciudad en modo gráfico, la gestión de avisos en incidencias, la creación de partes, informes y órdenes de trabajo, la gestión de almacén, las actas de vandalismo y el proceso de certificación completo; toda esta información deberá ser centralizada y cuyo manejo o administración y control, debe estar a responsabilidad de la oficina del SID (Sistema Informático de Distribución), la misma que depende de la División de Operaciones de la Gerencia de Ingeniería. La implementación de estos módulos consiste en lo siguiente:

5.3.1 Inventario Gráfico sobre herramientas GIS

Permite gestionar de forma gráfica los elementos a conservar, así como sus históricos de intervenciones. Estos elementos son principalmente cuadros de mando, circuitos y puntos de luz. A cada una de estas entidades, localizadas en el plano, se le asocian diferentes "fichas" que recogen la siguiente información:

- a) Descripción del elemento, código asignado, localización geográfica, datos administrativos y datos técnicos.
- b) Datos históricos de mediciones de parámetros durante las operaciones de mantenimiento e inspección.
- c) Histórico de intervenciones sobre el elemento.



Esta gestión se consigue principalmente con el uso de dos módulos. Por un lado, un módulo desarrollado en el ARC GIS resuelve la localización geográfica de los elementos, situándolos en planos. Por otro lado, una base de datos Oracle gestiona todos los datos asociados a cada elemento. En conjunto, componen un paquete informático con las siguientes características:

- a) Inventario gráfico: Correspondencia de los Centros de Mandos, Puntos de Luz y Circuitos reales con las entidades dibujadas en plano (inventariadas). Esta gestión gráfica se realiza integrando Oracle (información no gráfica) con ARC GIS (información gráfica). Proporciona además utilidades de búsqueda de Centros de Mando y textos en los planos.
- b) Almacenamiento de datos con:
 - Almacenamiento de fotografías.
 - Almacenamiento de información útil para el reemplazo de elementos en la ciudad.
 - Accesibilidad por personal no informático.
- c) Facilidad de refinamiento continuo del inventario de lámparas: Los planos del GIS se actualizan continuamente al cotejar su información con la realidad observada por los operarios en sus intervenciones.
- d) Generación de informes con formatos específicos y a medida del contrato de conservación. Por ejemplo:
 - Informe de inventario, exportable a Excel.
 - Informe de lámparas por Centro de Mando, para inspecciones rápidas.
- e) Cálculo de potencia conectada al Centro de Mando en tiempo real.

5.3.2 Gestión de los procesos de mantenimiento

Esta herramienta proporciona una implementación exhaustiva de los procesos implicado en un contrato de mantenimiento. Ya no se pretende únicamente que la





informática ayude a la gestión del inventario. El objetivo de los procesos de mantenimiento ha sido informatizar el mantenimiento mismo, minimizando las pérdidas de productividad y tiempo asociadas a la gestión manual y proveyendo de mecanismos de comunicación y compartición de información mucho más ágiles. Las ventajas principales de esta informatización son:

- Menor información redundante y más información de interés.
- Menor volumen de información escrita y una mejor calidad de la misma (informes, resúmenes, gráficas, etc).
- Mayor rapidez en la consulta y gestión de la información. Mejores estadísticas.
- Mayor agilidad en el traspaso de información entre los distintos actores (supervisión, operación, almacén...).

Minimización de las incoherencias e inconsistencia de los datos.

Algunas de las características técnicas de la aplicación son:

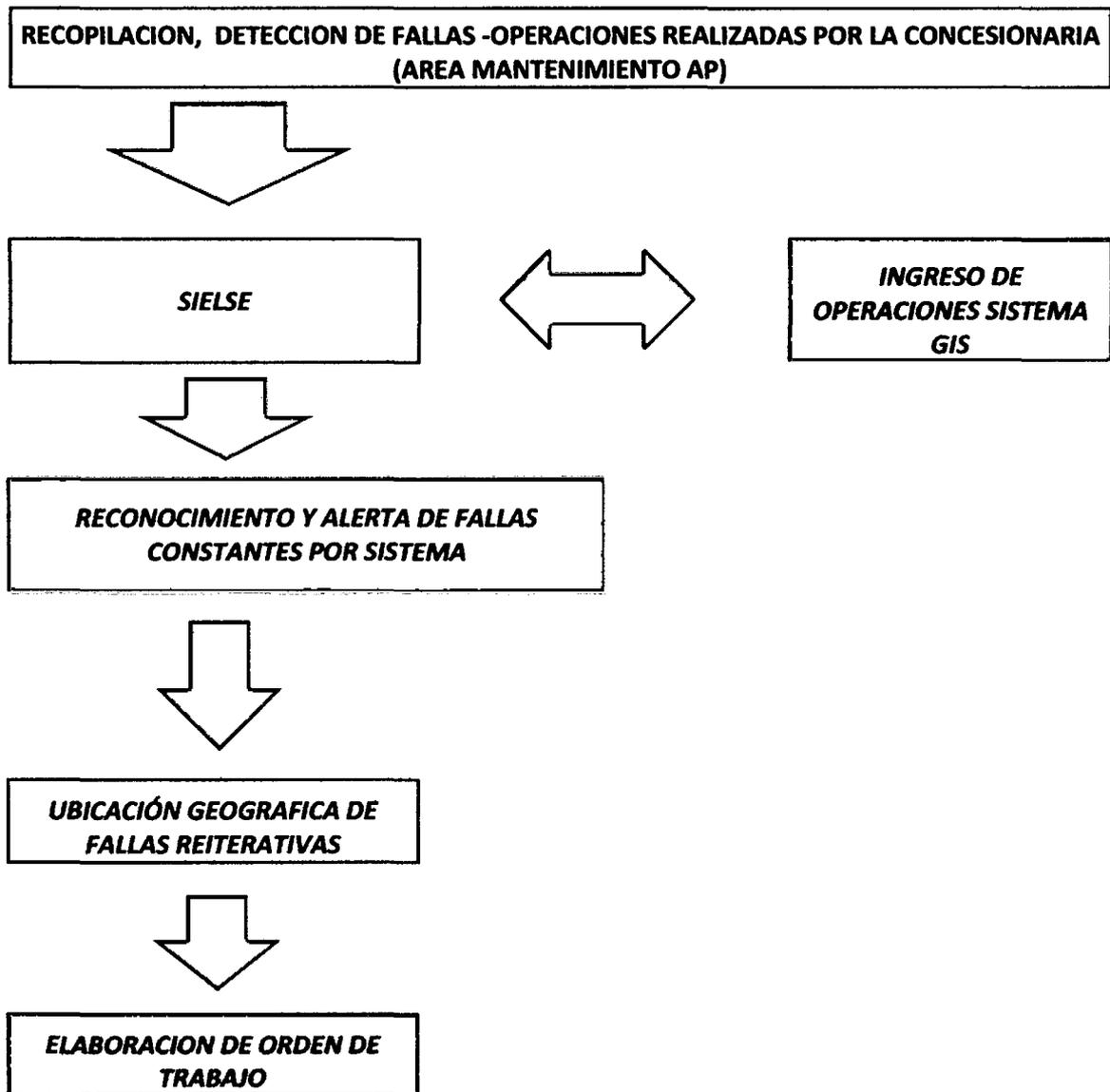
a) Base de Datos relacional y optimizada, que conllevara a:

- Eliminación de redundancias en los datos.
- Mayor captación y almacenamiento de información referente a las relaciones entre elementos, y no solo sobre los elementos mismos.
- Optimización de los tiempos de acceso, consiguiendo una mayor velocidad de acceso a los datos.
- Optimización del volumen de datos, evitando el almacenamiento de datos perdidos.

b) Modernización y reforzamiento del interfaz gráfico, de modo que las operaciones de navegación, modificación, inserción y eliminación sean mucho más ágiles. Se prevé posibles errores provocados por el usuario para conseguir que la aplicación no pierda en ningún caso su consistencia.



5.3.3 Diagrama de Actualización de Base de Datos



La unión de ambas bases de datos, que maneja la empresa concesionaria mejorara su funcionalidad, pues además de almacenar datos (especificaciones técnicas de equipos, registro de operaciones, etc.), esta detecta, muestra y alerta las posibles fallas constantes que se podrían estar dando en los diferentes puntos o circuitos de alumbrado público, para así tener un mejor manejo en la implementación y aplicación de políticas de mantenimiento.





CAPÍTULO VI

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA



Los costos de instalación de alumbrado pueden indicarse por instalación concreta, lo que también es frecuente, es referir al número de puntos de alumbrado público (costo por punto de alumbrado público), o a una unidad geométrica (por Km, m2, etc.) de una determinada zona, por ejemplo, para comparar alternativas o estudiar la evolución del servicio. En cualquier caso los costos serán valores a cuota anual equivalente (CAE) o valor presente de acuerdo a lo descrito en 5.2.4.2 considerando un ciclo de vida de 20 años. El valor monetario de los distintos costos, que intervienen en las instalaciones de alumbrado público, deben ser característicos de cada región y situación socio económica.

Tal como están definidos cada uno de estos factores, el beneficio será un valor comprendido entre 0 y 1. Si se utiliza la relación:

$$C/B = \text{Costos/Beneficios} \quad (60)$$

La dimensión de la misma será el correspondiente a la unidad monetaria y la interpretación que tendrá será el costo de la unidad de beneficio. Aquellas instalaciones que no cumplan con los objetivos de diseño tendrán un beneficio menor por lo tanto un costo relativo mayor. Como criterio de selección ante distintas alternativas se utilizará el mínimo de la función C/B. El problema se plantea cuando el beneficio sea considerado inadmisibles o nulo, debido a valores inaceptables de iluminancia, porcentajes de fallos, tiempos de operación etc. la función C/B tenderá a infinito por lo cual habrá que acotarla para el caso de beneficio nulo. Utilizando la relación inversa:

$$B/C = \text{Beneficios/Costos} \quad (61)$$

Esta tendrá una dimensión 1/(unidad monetaria), la interpretación corresponderá al valor beneficio generado por la unidad monetaria. El máximo valor de B/C indicará la mejor situación y en caso de beneficio inadmisibles la relación será nula.

El cálculo de B/C sobre instalaciones existentes de alumbrado público, debe realizarse con los parámetros y datos más realísticos. Pues se contabiliza por cuadro de control y es conveniente que las instalaciones a evaluar sean todas las



correspondientes a un mismo cuadro. En caso que no de interés evaluar un cuadro en conjunto se puede distribuir el consumo registrado en la potencia de cada punto de luz. En este último caso puede ocurrir que posibles diferencias en el consumo se vean enmascaradas de acuerdo a las divisiones que se efectúen.

Las instalaciones conectadas a un cuadro se agruparan en zonas que guarden cierta homogeneidad respecto de:

- Tipo de luminaria similar: el grado de protección mecánica (IP) y el tipo de lámpara debe ser similar para poder aplicar un modelo de depreciación por polución ambiental (LOR), por depreciación de flujo de la lámpara (LLO) y por supervivencia de la lámpara (LSF) representativo.
- Iluminancia de referencia ER similar, para determinar un beneficio por zona.
- Área iluminada similar.

Una vez establecidas las zonas con características homogéneas es posible calcular la relación costo-beneficio para un cuadro de mando o circuito, detalles más específicos de la preparación de datos de una población se indicaran en Capítulo III en análisis de instalaciones.

La evaluación de la relación B/C reflejara la situación actual del servicio de la instalación considerada bajo las políticas actuales de explotación, mantenimiento y gestión. Los resultados así obtenidos interesa compararlos con situaciones teóricas de referencia para identificar las posibles fuentes de problemáticas. Las situaciones a comparar serán las siguientes:





6.1 ESTIMACIÓN DEL BENEFICIO DE LA SITUACION ACTUAL

6.1.1 Niveles de Alumbrado

6.1.1.1 Tipos de Alumbrado y Estándares de calidad

Los tipos de alumbrado se determinan de acuerdo al tipo de vía.

Tipo de Vía	Tipo de Alumbrado	Función	Características del Tránsito y la Vía
Expresa	I	<ul style="list-style-type: none"> - Une zonas de alta generación de tránsito con alta fluidez. - Accesibilidad a las áreas urbanas adyacentes mediante infraestructura especial (rampas).. 	<ul style="list-style-type: none"> - Flujo vehicular ininterrumpido. - Cruces a desnivel. - No se permite estacionamiento. - Alta velocidad de circulación, mayor a 60km/h. - No se permite paraderos urbanos sobre la calzada principal. - No se permite vehículos de transporte urbano, salvo a los casos que tenga vía especial.
Arterial	II	<ul style="list-style-type: none"> - Une zonas de alta generación de tránsito con media o alta fluidez. - Acceso a las zonas adyacentes mediante vías auxiliares. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se permite estacionamiento. - Alta y media velocidad de circulación entre 60 y 30km/h. - No se permite paraderos urbanos sobre la calzada principal. - Volumen importante de vehículos de transporte público.
Colectora 1	II	Permite acceso a vías locales	<ul style="list-style-type: none"> - Vías que están ubicadas y/o atraviesan varios distritos. Se considera en esta categoría las vías principales de un distrito o zona céntrica. - Generalmente tienen calzadas principales y auxiliares. - Circulan vehículos de transporte público.
Colectora 2	III	Permite accesos a vías locales	<ul style="list-style-type: none"> - Vías que están ubicadas entre 1 o 2 distritos. - Tienen 1 o 2 calzadas principales pero no tienen calzadas auxiliares. - Circulan vehículos de transporte público.
Local Comercial	III	Permite el acceso al comercio local	<ul style="list-style-type: none"> - Los vehículos circulan a una velocidad máxima de 30km/h - Se permiten estacionamientos - No se permiten vehículos de transporte público. - Flujo peatonal importante
Local Residencial 1	IV	Permite acceso a las viviendas	<ul style="list-style-type: none"> - Vías con Calzadas asfaltadas, veredas continuas, y con flujo motorizado muy reducido o nulo. - Vías con Calzadas asfaltadas pero sin veredas continuas, y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Local Residencial 2	V	Permite acceso a las viviendas	<ul style="list-style-type: none"> - Vías con Calzadas sin Asfaltar - Vías con Calzadas asfaltadas, veredas continuas, y con flujo motorizado muy reducido o nulo.
Vías Peatonales	V	Permite el acceso a las viviendas i propiedades mediante el tráfico peatonal	<ul style="list-style-type: none"> - Trafico exclusivamente peatonal.

Tabla 6-1 Tipos de alumbrado según clasificación vial
Fuente MINEM





Tipo de alumbrado	Luminancia media revestimiento seco (cd/m ²)	Iluminancia media (lux)		Índice de control de deslumbramiento (G)
		Calzada clara	Calzada oscura	
I	1,5 - 2,0	15 - 20	30 - 40	≥ 6
II	1,0 - 2,0	10 - 20	20 - 40	5 - 6
III	0,5 - 1,0	5 - 10	10 - 20	5 - 6
IV		2 - 5	5 - 10	4 - 5
V		1 - 3	2 - 6	4 - 5

Tabla 6-2 Niveles de luminancia, iluminancia e índice de control de deslumbramiento
Fuente MINEM

Tipo de alumbrado	Uniformidad Longitudinal	Uniformidad media
I	≥0,70	≥0,40
II	≥0,65	≥0,40

Tabla 6-3 Uniformidad de luminancia
Fuente MINEM

Tipo de Alumbrado	Uniformidad media
III	0,25 - 0,35
IV, V	≥ 0,15

Tabla 6-4 Uniformidad media de iluminancia
Fuente MINEM

6.1.1.2 Niveles de Iluminación de las Instalaciones de AP

En el cuadro siguiente se muestra una selección de calles y avenidas donde se realizaron mediciones y cálculos luminotécnicos de acuerdo a la clasificación de vías.

NOMBRE	TIPO DE VIA	TIPO DE ILUMINACION	TIPO DE REVESTIMINETO	ILUMINANCIA MEDIA (lx)	UNIFORMIDAD MEDIA ILUMINANCIA
Av. De la Cultura	Colectora I	II	Clara	19.58	0.59
Av. Antonio Lorena	Colectora II	III	Clara	16.61	0.42
Av. Garcilaso	Local Comercial	III	Clara	19.39	0.33
Av. Collasuyo	Local Residencial I	IV	Clara	15.25	0.57
Ca. Los Libertadores	Local Residencial II	V	Clara	6.88	0.42
Ca. Resbalosa	Vías Peatonales	V	Clara	2.01	0.61

Tabla 6-5 Tipos de vía y datos de mediciones de campo.
Fuente Elaboración Propia



NOMBRE	TIPO DE VIA	ILUMINANCIA MINIMA CALCULADA (lx)	ILUMINANCIA MEDIA CALCULADA (lx)	ILUMINANCIA MINIMA NTA (lx)	ILUMINANCIA MAXIMO (Norma Técnica de Alumbrado) (lx)
Av. De la Cultura	Colectora I	25.90	45.30	10.00	20.00
Av. Antonio Lorena	Colectora II	9.30	16.50	5.00	10.00
Av. Garcilaso	Local Comercial	37.70	95.00	5.00	10.00
Av. Collasuyo	Local Residencial I	8.80	19.20	2.00	5.00
Ca. Los Libertadores	Local Residencial II	3.90	9.90	1.00	3.00
Ca. Resbalosa	Vías Peatonales	5.30	17.50	1.00	3.00

Tabla 6-6 Datos de Iluminancia media y mínima calculados
Fuente Elaboración Propia (Software Ulyse)

6.1.1.3 Comparación de resultados

NOMBRE	TIPO DE VIA	ILUMINANCIA MEDIA MEDIDA (lx)	ILUMINANCIA MEDIA (Norma Técnica de Alumbrado) (lx)
Av. De la Cultura	Colectora I	19.58	15.00
Av. Antonio Lorena	Colectora II	16.61	7.50
Av. Garcilaso	Local Comercial	19.39	7.50
Av. Collasuyo	Local Residencial I	15.25	3.50
Ca. Los Libertadores	Local Residencial II	6.8	2.00
Ca. Resbalosa	Vías Peatonales	2.01	2.00

Tabla 6-7 Comparación de iluminancias medias medida y normalizada
Fuente Elaboración Propia

6.1.1.4 Factor de Iluminancia

Es calculado para cada zona o calle basándose en, E_{min} (iluminancia mínima) y E_{med} (iluminancia media promedio de mediciones). La evaluación de $K(E)$ para un cuadro se indica en tabla 6-8.





$$k(E) = \begin{cases} 0 & \text{para } E \leq E_R/2 \\ (2E/E_R) - 1 & \text{para } E_R/2 \leq E \leq E_R \\ 1 & \text{para } E \geq E_R \end{cases}$$

dónde:

$k(E)$: factor de peso de la iluminancia.

E_R : iluminancia de referencia.

E : iluminancia sobre el área de interés a evaluar.

NOMBRE	TIPO DE VIA	$k(E)$
Av. De la Cultura	Colectora I	1.00
Av. Antonio Lorena	Colectora II	1.00
Av. Garcilaso	Local Comercial	1.00
Av. Collasuyo	Local Residencial I	1.00
Ca. Los Libertadores	Local Residencial II	1.00
Ca. Resbalosa	Vías Peatonales	1.00

Tabla 6-8 Factor de iluminancia
Fuente Elaboración Propia

Como se puede apreciar el análisis del factor de iluminancia se realizó para cada tipo de vía, sin embargo para el cálculo del beneficio se tomara en cuenta el promedio de los valores de $k(E)$; que muestra en la tabla siguiente:

NOMBRE	$k(E)$
Cusco Ciudad	1.00

Tabla 6-9 Factor de iluminancia promedio
Fuente Elaboración Propia



6.1.2 Tiempo de Servicio de las Instalaciones de Alumbrado Publico

Se requiere para su determinación, la estimación del posible período de no utilización de la instalación acumulado anual, debido a conexión tardía y/o apagado anticipado, en ambos casos respecto a los horarios recomendados. Exceso en el tiempo de funcionamiento de la instalación se computa como consumo adicional sin efecto sobre el beneficio, por lo que no se considera en $K(T_o)$.

$$k(T_o) = \begin{cases} 1 & \text{para } T_o \geq T_{OR} \\ T_o/T_{OR} & \text{para } 0.95T_{OR} \leq T_o \leq T_{OR} \\ 0 & \text{para } T_o \leq 0.95T_{OR} \end{cases}$$

dónde:

$k(T_o)$: factor de beneficio que considera el tiempo de operación .

T_o : tiempo de operación anual real de la instalación analizada.

T_{OR} : tiempo de operación anual de referencia, corresponde al tiempo acumulado anual de tabla 5-1.

El desfase de horas porcentual se calcula de la siguiente forma:

$$D\% = \frac{H_U - H_T}{H_T} \times 100$$

donde:

$D\%$: Porcentaje de desfase

H_U : Horas útiles

H_T : Horas teóricas





HORAS DE OPERACIÓN TEORICAS	4340.08
HORAS DE OPERACIÓN UTILES	4597.24
DEFASAJE	257.16
PORCENTAJE DE DEFASAJE	5.93%
$K(T_0)$	1

Tabla 6-10 Factor del tiempo de operación
Fuente Elaboración Propia

6.1.3 Frecuencia y Duración de Fallas

Se calcula con el porcentaje permanente de averías obtenido de los datos históricos o estadísticos de fallas provistos por el concesionario o la empresa de mantenimiento.

El ente supervisor OSINERGMIN por medio de la Supervisión de Deficiencias del Servicio de Alumbrado Público propone como tolerancia máxima permisible de deficiencias 1.8% del total de unidades de alumbrado instaladas; y un plazo máximo para la reposición del servicio de 24 horas de producida la falla.

$$k(PAP) = \begin{cases} 1 & \text{si } PAP \leq PAP_{min} \\ 1 - \left[\frac{(PAP - PAP_{min})}{(PAP_{max} - PAP_{min})} \right] & \text{si } PAP_{min} \leq PAP \leq PAP_{max} \\ 0 & \text{si } PAP > PAP_{max} \end{cases}$$

dónde:

$k(PAP)$: factor del beneficio que considera los fallos de la instalación.

PAP_{min} : porcentaje de averías permanente mínimo exigido.

PAP_{max} : porcentaje de averías permanente máximo permitido.

PAP : porcentaje de averías permanente actual.



El porcentaje de averías permanentes (PAP), se calcula de la siguiente forma:

$$PAP = \frac{Tfs \cdot AA}{365 \cdot NPL} \times 100$$

dónde:

PAP: porcentaje de averías permanente

AA: averías anuales. Se obtiene de registros históricos.

NPL: número de puntos de luz.

Tfs: tiempo medio de fuera de servicio de un punto de luz o tiempo transcurrido desde la falla hasta que esta se repara, en días. Se puede suponer que es el tiempo desde la detección hasta la reparación.

PERIODO ANALIZADO	5 años
PROMEDIO DE AVERIAS ANUALES	2,825
TIEMPO MEDIO DE REPOSICION (DIAS)	1
PORCENTAJE DE AVERIAS PERMANENTES (PAP)	3.00%
<i>k(AP)</i>	0

Tabla 6-11 Factor de Averías permanentes
Fuente Elaboración Propia

6.1.4 Apariencia de la Instalación

Se calcula para cada zona o calle. La apariencia apropiada y la apariencia actual se ingresa por zona o calle y un valor medio se obtiene al ponderando con el número de puntos de luz como se indica en la tabla 6-11, cálculo de K(A) para el cuadro considerado.

Tomando en cuenta el tipo de instalaciones que se tienen en la ciudad del Cusco y la tabla 5-2 del capítulo V; se considera una apariencia actual de carácter descuidado, y una apariencia apropiada de carácter neutra por lo que se tendría un factor de apariencia de:





Orden	Apariencia Actual	Vx	Apariencia Apropiada		
			Neutra	Atractiva	Decorativa/Diseño
1	Descuidada	0.95	<u>0.95</u>	0.82	0.63
2	Neutra	1.00	1.00	0.87	0.67
3	Atractiva	1.15	1.15	1.00	0.76
4	Decorativa/Diseño	1.50	1.50	1.30	1.00

Tabla 6-12 Factor de Apariencia
Fuente Moseca 1997

6.1.5 Calculo del Beneficio

El beneficio es evaluado como el producto de distintos factores relacionados con los aspectos más relevantes o pertinentes a los objetivos establecidos. Los factores a considerar son:

$$Beneficio = k(E) \cdot k(T_0) \cdot k(PAP) \cdot k(A)$$

dónde:

$k(E)$: factor del beneficio relacionado con la Iluminancia sobre el área de interés.

$k(T_0)$: factor del beneficio relacionado con el tiempo de operación de la instalación.

$k(PAP)$: factor del beneficio relacionado con el porcentaje permanente de fallas de la instalación.

$k(A)$: factor del beneficio relacionado con la apariencia de la instalación.

Por lo tanto según los datos obtenidos el beneficio resultante es:

$K(E)$	1.00
$k(T_0)$	1.00
$k (AP)$	0.00
$k(A)$	0,95
Beneficio	0.00

Tabla 6-13 Beneficio de la instalación
Fuente Elaboración Propia



El valor encontrado para el beneficio ($B=0$), se debe a que al realizar el análisis de frecuencia y duración de las fallas de las unidades de alumbrado público sobre el porcentaje de averías permanentes es mayor al del porcentaje máximo permitido, lo que conlleva a tomar el valor "0", lo que hace que el beneficio al ser un valor producto de los valores de los factores analizados relacionado a la iluminancia, tiempo de operación, porcentaje permanente de fallas y la apariencia de estas; tome ese valor, entonces esto significa que la política de mantenimiento actual que emplea la empresa concesionaria no es la apropiada, todos los parámetros arriba mencionados son indicadores de una evaluación de las políticas de mantenimiento.

6.2 BENEFICIO DE LAS POLITICAS DE MANTENIMIENTO

De acuerdo a un análisis realizado, en la aplicación de las diferentes políticas de mantenimiento para las instalaciones de alumbrado público en la ciudad del Cusco, tomando en cuenta situaciones optimas; como por ejemplo:

- La iluminancia media (E) sea igual o mayor a la iluminancia de referencia (E_R) que se establece en la Norma Técnica de Calidad de Alumbrado en Zonas de Concesión.
- El porcentaje de averías permanentes, para un caso ideal debería ser tendiente a cero, eso quiere decir que ninguna lámpara debería presentar fallas, debido a que el reemplazo es masivo; esto se daría para el caso de las políticas de mantenimiento de carácter preventivo, y en caso de las de carácter correctivo este valor sería muy al contrario tendiente a valores porcentuales elevados que podrían sobrepasar los permitidos establecidos por OSINERGMIN; pues el reemplazo se da cuando aparece la falla y no se toman precauciones para deducir en qué momento podrían fallar.
- El tiempo de operación ideal debería coincidir con el tiempo de referencia más menos un 5% frente a posibles variaciones en el estado climático.
- Lo que corresponde a la apariencia de la instalación se adapta al tipo de política adoptada o simulada.



6.2.1 Reemplazo Programado y Masivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias (SM+LM) en condiciones Optimas



a) Factor de Iluminancia $K(E)$

$$k(E) = \begin{cases} 0 & \text{para } E \leq E_R/2 \\ (2E/E_R) - 1 & \text{para } E_R/2 \leq E \leq E_R \\ 1 & \text{para } E \geq E_R \end{cases}$$

Para un caso ideal:

$$E \geq E_R \rightarrow E = 1$$

b) Factor de Averías Permanentes $K(PAP)$

De acuerdo a la figura 4-18 se considerara las curvas de depreciación del flujo luminoso de las lámparas y depreciación de luminarias; por tratarse de una política de mantenimiento preventiva, sin considerar el correctivo.

$$PAP \approx 0.94\%$$

Por lo tanto:

$$k(PAP) = \begin{cases} 1 & \text{si } PAP \leq PAP_{min} \\ 1 - \left[\frac{(PAP - PAP_{min})}{(PAP_{max} - PAP_{min})} \right] & \text{si } PAP_{min} \leq PAP \leq PAP_{max} \\ 0 & \text{si } PAP > PAP_{max} \end{cases}$$

Porcentaje de Averías Permanentes (PAP)	0.94%
Porcentaje de Averías Permanentes Minimo (PAP _{min})	0.80%
Porcentaje de Averías Permanentes Máximo (PAP _{max})	3.00%
$k(PAP)$	0.94

Tabla 6-14 Factor de averías permanentes
Fuente Elaboración Propia





c) Factor de Operación $K(T_O)$

Según la situación actual del tiempo de operación real (T_O) es mayor, y lo ideal es que sea mayor o igual, hasta un 5% encima del tiempo de operación de referencia (T_{OR}).

$$k(T_O) = \begin{cases} 1 & \text{para } T_O \geq T_{OR} \\ T_O/T_{OR} & \text{para } 0.95T_{OR} \leq T_O \leq T_{OR} \\ 0 & \text{para } T_O \leq 0.95T_{OR} \end{cases}$$

Por lo tanto

$$T_O = 1$$

d) Factor de Apariencia de la Instalación $K(A)$

Para esta política, de acuerdo a las actividades a realizar y según la tabla 5-2; tomando en cuenta que la apariencia apropiada debe ser neutra, tendría la instalación una apariencia actual neutra por ende:

$$K(A) = 1.00$$

6.2.2 Reemplazo Correctivo y Programado de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias, en condiciones optimas

a) Factor de Iluminancia $K(E)$

$$k(E) = \begin{cases} 0 & \text{para } E \leq E_R/2 \\ (2E/E_R) - 1 & \text{para } E_R/2 \leq E \leq E_R \\ 1 & \text{para } E \geq E_R \end{cases}$$

Para un caso ideal:

$$E \geq E_R \rightarrow E = 1$$

b) Factor de Averías Permanentes $K(PAP)$

De acuerdo a la figura 4-18 se considerara dos curvas de depreciación del flujo luminoso de las lámparas, y supervivencia de



lámparas y depreciación de luminarias; por tratarse de una política de mantenimiento preventiva; en este caso se toma en cuenta el mantenimiento correctivo.

$$PAP \approx 0.96\%$$

Por lo tanto:

$$k(PAP) = \begin{cases} 1 & \text{si } PAP \leq PAP_{\min} \\ 1 - \left[\frac{(PAP - PAP_{\min})}{(PAP_{\max} - PAP_{\min})} \right] & \text{si } PAP_{\min} \leq PAP \leq PAP_{\max} \\ 0 & \text{si } PAP > PAP_{\max} \end{cases}$$

Porcentaje de Averías Permanentes (PAP)	0.96%
Porcentaje de Averías Permanentes Mínimo (PAP _{min})	0.80%
Porcentaje de Averías Permanentes Máximo (PAP _{max})	3.00%
k(PAP)	0.92

Tabla 6-15 Factor de averías permanentes
Fuente Elaboración Propia

c) Factor de Operación $K(T_o)$

Según la situación actual del tiempo de operación real (T_o) es mayor, y lo ideal es que sea mayor o igual, hasta un 5% encima del tiempo de operación de referencia (T_{OR}).

$$k(T_o) = \begin{cases} 1 & \text{para } T_o \geq T_{OR} \\ T_o/T_{OR} & \text{para } 0.95T_{OR} \leq T_o \leq T_{OR} \\ 0 & \text{para } T_o \leq 0.95T_{OR} \end{cases}$$

Por lo tanto

$$T_o = 1$$





d) Factor de Apariencia de la Instalación $K(A)$

Para esta política, de acuerdo a las actividades a realizar y según la tabla 5-2; tomando en cuenta que la apariencia apropiada debe ser neutra, tendría la instalación una apariencia actual neutra igual que en el caso anterior por ende:

$$K(A) = 1.00$$

6.2.3 Reemplazo Correctivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias, en condiciones optimas

a) Factor de Iluminancia $K(E)$

$$k(E) = \begin{cases} 0 & \text{para } E \leq E_R/2 \\ (2E/E_R) - 1 & \text{para } E_R/2 \leq E \leq E_R \\ 1 & \text{para } E \geq E_R \end{cases}$$

Para un caso ideal:

$$E \geq E_R \rightarrow E = 1$$

b) Factor de Averías Permanentes $K(PAP)$

En este caso se tomara como referencia solo las curvas de supervivencia de las lámparas y depreciación de luminarias, que son proporcionadas por los fabricantes, por lo cual consideraremos las figuras 4-5 y 4-18, en esta figura se tomara en cuenta la curva de depreciación de la luminaria.

$$PAP \approx 1.71\%$$

Por lo tanto:

$$k(PAP) = \begin{cases} 1 & \text{si } PAP \leq PAP_{min} \\ 1 - \left[\frac{(PAP - PAP_{min})}{(PAP_{max} - PAP_{min})} \right] & \text{si } PAP_{min} \leq PAP \leq PAP_{max} \\ 0 & \text{si } PAP > PAP_{max} \end{cases}$$



Porcentaje de Averías Permanentes (PAP)	1.71%
Porcentaje de Averías Permanentes Mínimo (PAP _{min})	0.80%
Porcentaje de Averías Permanentes Máximo (PAP _{max})	3.00%
k(PAP)	0.59

Tabla 6-16 Factor de averías permanentes
Fuente: Elaboración Propia.

c) Factor de Operación $K(T_o)$

Según la situación actual del tiempo de operación real (T_o) es mayor, y lo ideal es que sea mayor o igual, hasta un 5% encima del tiempo de operación de referencia (T_{OR}).

$$k(T_o) = \begin{cases} 1 & \text{para } T_o \geq T_{OR} \\ T_o/T_{OR} & \text{para } 0.95T_{OR} \leq T_o \leq T_{OR} \\ 0 & \text{para } T_o \leq 0.95T_{OR} \end{cases}$$

Por lo tanto

$$T_o = 1$$

d) Factor de Apariencia de la Instalación $K(A)$

Para esta política, de acuerdo a las actividades a realizar y según la tabla 5-2; tomando en cuenta que la apariencia apropiada debe ser neutra, tendría la instalación una apariencia actual descuidada, donde no presentaría demasiado interés:

$$K(A) = 0.95$$



U
Z
S
A
A
C





6.2.4 Reemplazo correctivo de lámparas con limpieza simultánea, en condiciones optimas

a) Factor de Iluminancia $K(E)$

$$k(E) = \begin{cases} 0 & \text{para } E \leq E_R/2 \\ (2E/E_R) - 1 & \text{para } E_R/2 \leq E \leq E_R \\ 1 & \text{para } E \geq E_R \end{cases}$$

Para un caso ideal:

$$E \geq E_R \rightarrow E = 1$$

b) Factor de Averías Permanentes $K(PAP)$

En este caso se tomara como referencia solo las curvas de supervivencia de las lámparas que son proporcionadas por los fabricantes, por lo cual consideraremos las figuras 4-5, en esta figura se tomara en cuenta la curva de depreciación de la luminaria.

$$PAP \approx 2.5\%$$

Por lo tanto:

$$k(PAP) = \begin{cases} 1 & \text{si } PAP \leq PAP_{min} \\ 1 - \left[\frac{(PAP - PAP_{min})}{(PAP_{max} - PAP_{min})} \right] & \text{si } PAP_{min} \leq PAP \leq PAP_{max} \\ 0 & \text{si } PAP > PAP_{max} \end{cases}$$

Porcentaje de Averías Permanentes (PAP)	2.50%
Porcentaje de Averías Permanentes Minimo (PAP_{min})	0.80%
Porcentaje de Averías Permanentes Máximo (PAP_{max})	3.00%
$k(PAP)$	0.24

Tabla 6-17 Factor de averías permanentes
Fuente Elaboración Propia





c) Factor de Operación $K(T_o)$

Según la situación actual del tiempo de operación real (T_o) es mayor, y lo ideal es que sea mayor o igual, hasta un 5% encima del tiempo de operación de referencia (T_{OR}).

$$k(T_o) = \begin{cases} 1 & \text{para } T_o \geq T_{OR} \\ T_o/T_{OR} & \text{para } 0.95T_{OR} \leq T_o \leq T_{OR} \\ 0 & \text{para } T_o \leq 0.95T_{OR} \end{cases}$$

Por lo tanto

$$T_o = 1$$

d) Factor de Apariencia de la Instalación $K(A)$

Para esta política, de acuerdo a las actividades a realizar y según la tabla 5-2; tomando en cuenta que la apariencia apropiada debe ser neutra, tendría la instalación una apariencia actual descuidada, donde no presentaría demasiado interés:

$$K(A) = 0.95$$

Por lo tanto en resumen se tiene el siguiente cuadro:

Tipo de Mantenimiento	$K(E)$	$K(PAP)$	$K(T_o)$	$K(A)$	BENEFICIO
SM+LM	1	0.94	1	1.00	0.94
SM+LM+SC	1	0.92	1	1.00	0.92
SC+LM	1	0.59	1	0.95	0.56
SC+LS	1	0.24	1	0.95	0.22

Tabla 6-18 Beneficio por Política de Mantenimiento ideal (condiciones optimas) según situación actual de la ciudad del Cusco

donde:

SM+LM: Reemplazo Programado y Masivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias.

SM+LM+SC: Reemplazo Correctivo y Programado de Lámparas más



Limpieza Programada Masiva de Luminarias.

SC+LM: Reemplazo Correctivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias.

SC+LS: Reemplazo correctivo de lámparas con limpieza simultánea.

El beneficio para SM+LM toma un valor 0.94, ya que al realizar sustituciones programadas masivas esta nos permitirá mejorar el aspecto de las instalaciones de alumbrado público,

El beneficio para SM+LM+SC es de 0.92 ya que de la misma manera el cambio o reemplazo es igual que el anterior involucrando actividades correctivas.

El beneficio para SC+LM y SC+LS es de 0.43 y 0.19 respectivamente, debido a que solo se realizar el reemplazo correctivo, pues se realizara en la medida en que se presenten las fallas.

6.3 ESTIMACION DEL COSTO

6.3.1 Costo de Instalación

Como la ampliación de alumbrado público no cuenta con cantidades exactas puesto que se realiza de acuerdo a la necesidad se considera en este caso un costo unitario por unidad de alumbrado público sin considerar las redes de servicio particular.



U
N
S
A
A
C

COSTO DE INSTALACIÓN POR UNIDAD DE ALUMBRADO PÚBLICO

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRESUPUESTO	
				Unitario (S/.)	Total (S/.)
A	MATERIALES				
1,00	POSTES				450.00
1,01	Poste de C.A.C. de 8/200/150/285 m.	Und	1.00	450.00	450.00
2,00	CONDUCTORES				260.00
2,01	Conductor Aluminio Autoportante 1x16+16 NF mm2	m	40.00	6.50	260.00
3,00	LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS				443.50
3,01	pastoral de f°g° 1.5/1.0 m, 38 mm f, con 2 abrazaderas tipo partido	Und	1.00	55.00	55.00
3,02	luminaria completa con equipo y lámpara de 50 w, ip-66.	Und	1.00	350.00	350.00
3,03	conductor de cobre de temple suave tipo NLT de 2x2.5mm2	m	5.00	2.50	12.50
3,04	cubierta aislante tipo sp14	Und	2.00	5.00	10.00
3,05	conector bimetálico aluminio-cobre al.35 mm2/cu.4 mm2.	Und	2.00	8.00	16.00
4,00	ACCESORIOS DE CABLES AUTOPORTANTES				106.00
4,01	mordaza de suspensión angular para conductor de	Und	1.00	35.00	35.00
4,02	perno gancho	Und	1.00	25.00	25.00
4,03	correa plástica de amarre	Und	2.00	23.00	46.00
SUB TOTAL MATERIALES					1,259.50
5,00	MONTAJE ELECTROMECHANICO				364.44
5,01	Replanteo y Ubicación de estructuras	Pto	1.00	89.07	89.07
5,02	Izaje de poste de C° A° C° de 8 a 9 m,	Un	1.00	168.69	168.69
5,03	Tendido de Conductor 1x16+16 NF mm2	m	40.00	0.63	25.20
5,04	Instalación de Armado tipo E1 (Alineamiento)	Jgo	1.00	16.34	16.34
5,05	Instalación de equipo de alumbrado publico	Eq	1.00	65.14	65.14
SUB TOTAL MONTAJE ELECTROMECHANICO					364.44
RESUMEN GENERAL				STOCK	INVERSIÓN
i	Materiales			0.00	1,259.50
ii	Montaje				364.44
iii	Costos directos				81.20
SUB TOTAL GENERAL					1,705.14
IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS (18%)					306.92
COSTO TOTAL POR UNIDAD DE ALUMBRADO PUBLICO					2,012.06

Tabla 6-19 Costo de instalación de unidad de alumbrado publico
Fuente Elaboración Propia





6.3.2 Costo de Renovación

En este punto se considera además de los costos de instalación los costos de desmontaje de y transporte de materiales y equipos retirados o desmontados.

COSTO DE RENOVACION POR UNIDAD DE ALUMBRADO PÚBLICO

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	PRESUPUESTO	
				Unitario (S/.)	Total (S/.)
A	MATERIALES				
3,00	LUMINARIAS, LAMPARAS Y ACCESORIOS				388.50
3,02	luminaria completa con equipo y lampara de 50 w, ip-66	Und	1.00	350.00	350.00
3,03	Conductor de cobre de temple suave tipo nlt de 2x2.5mm2	m	5.00	2.50	12.50
3,04	Cubierta aislante tipo sp14	Und	2.00	5.00	10.00
3,05	Conector bimetálico aluminio-cobre al 35 mm2/cu 4 mm2	Und	2.00	8.00	16.00
	SUB TOTAL MATERIALES				388.50
5,00	MONTAJE ELECTROMECHANICO				117.45
5,05	Instalación de equipo de alumbrado publico	Eq	1.00	65.14	65.14
5,06	Desmontaje de equipo de alumbrado publico	Eq	1.00	52.31	52.31
	SUB TOTAL MONTAJE ELECTROMECHANICO				117.45
	RESUMEN GENERAL			STOCK	INVERSION
I	Materiales			0.00	388.50
II	Montaje				117.45
III	Transporte				25.30
IV	Costos directos				35.42
	SUB TOTAL GENERAL				541.37
	IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS (18%)				97.45
	COSTO TOTAL POR UNIDAD DE ALUMBRADO PUBLICO				638.81

Tabla 6-20 Costo de renovación de unidad de alumbrado publico
Fuente Elaboración Propia





6.3.3 Costo de Mantenimiento

6.3.3.1 Reemplazo Programado y Masivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias.

Para este tipo de mantenimiento se toma como referencia el reemplazo programado y masivo de lámparas, esto determinado por la base de datos la cual determinara en que tiempo se debe realizar los cambios masivos teniendo como indicador el tiempo de vida útil, dato obtenido del fabricante; además de limpieza de difusores de las luminarias, para esto es necesario analizar.

$$C_{mtto} = [N \cdot (n \cdot N_L \cdot C_L + C_{mop}) / T_P] + [N \cdot C_{mol} / T_L]$$

dónde:

C_{mtto} : costo de mantenimiento.

N : número de luminarias.

n : número de lámparas por luminaria.

N_L : número de luminarias por punto de luz.

C_L : costo por lámpara.

C_{mop} : costo de mano de obra de sustitución programada.

C_{mol} : costo de mano de obra de limpieza programada.

T_P : periodo de sustitución programado masivo (años).

T_L : periodo de limpieza programada masiva de luminarias (años).

DATOS		RESULTADO
N	25,778	$C_{mtto}=221,862.65$
n	1	
N_L	1	
C_L	18.00	
C_{mop}	3.89	
C_{mol}	2.62	
T_P	3	
T_L	2	

Tabla 6-21 Costo de mantenimiento política 1
Fuente Elaboración Propia



6.3.3.2 Reemplazo Correctivo y Programado de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias

En este caso, se toma como referencia el reemplazo correctivo determinado por el cambio de unidades fuera de servicio además de las actividades de la política anterior.

$$C_{mtto} = \left[\left(\frac{\bar{f}}{100} \right) \cdot n \cdot N_L \cdot N \cdot (C_L + C_{moc}) / T_P \right] + [N \cdot (n \cdot N_L \cdot C_L + C_{mop}) / T_P] + [N \cdot C_{moi} / T_L]$$

dónde:

C_{mtto} : costo de mantenimiento.

\bar{f} : porcentaje de fallas de lámparas antes que se cumpla (o durante) el período de sustitución programada masiva.

N : número de luminarias.

n : número de lámparas por luminaria.

N_L : número de luminarias por punto de luz.

C_L : costo por lámpara.

C_{mop} : costo de mano de obra de sustitución programada.

C_{moi} : costo de mano de obra de limpieza programada.

C_{moc} : costo de mano de obra correctiva.

T_P : periodo de sustitución programado masivo (años).

T_L : periodo de limpieza programada masiva de luminarias (años).

El porcentaje de fallas se calculó del promedio del total de averías anuales en los años comprendidos entre el 2007 y 2011.





DATOS		RESULTADO
<i>N</i>	25,778	$C_{mtto}=236,837.61$
<i>n</i>	1	
<i>N_L</i>	1	
<i>C_L</i>	18.00	
<i>f</i>	8.24%	
<i>C_{mop}</i>	3.89	
<i>C_{mol}</i>	2.62	
<i>C_{moc}</i>	3.15	
<i>C_{mocl}</i>	3.89	
<i>T_P</i>	3	
<i>T_L</i>	2	

Tabla 6-22 Costo de mantenimiento política 2
Fuente Elaboración Propia

6.3.3.3 Reemplazo Correctivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias

Para este caso solo se tomar en cuenta el reemplazo correctivo que será programado según las denuncias recibidas o las inspecciones hechas, además de limpieza masiva de luminarias según la determinación de la base de datos.

$$C_{mtto} = [f \cdot n \cdot N_L \cdot N \cdot (C_L + C_{moc})] + [N \cdot C_{mol} / T_L]$$

dónde:

C_{mtto}: costo de mantenimiento.

f: fracción anual de lámparas con fallas respecto del total instaladas en la zona, o población estudiada, bajo una política de mantenimiento correctivo.

N: número de luminarias.

n: número de lámparas por luminaria.

N_L: número de luminarias por punto de luz.

C_L: costo por lámpara.

C_{mol}: costo de mano de obra de limpieza programada.

C_{moc}: costo de mano de obra correctiva.

T_L: período de limpieza programada masiva de luminarias (años).





DATOS		RESULTADO
<i>N</i>	25,778	$C_{mtto}=78,694.05$
<i>n</i>	1	
N_L	1	
C_L	18.00	
<i>f</i>	8.24%	
C_{mol}	2.62	
C_{moc}	3.15	
T_L	2	

Tabla 6-23 Costo de mantenimiento política 3
Fuente Elaboración Propia

6.3.3.4 Reemplazo correctivo de lámparas con limpieza simultánea

Igual que en caso anterior con la diferencia de que la limpieza de luminarias solo se realizara en los puntos intervenidos para el cambio de lámparas.

$$C_{mtto} = [f \cdot n \cdot N_L \cdot N \cdot (C_L + C_{mocl})]$$

dónde:

C_{mtto} : costo de mantenimiento.

f: fracción anual de lámparas con fallas respecto del total instaladas en la zona, o población estudiada, bajo una política de mantenimiento correctivo.

N: número de luminarias.

n: número de lámparas por luminaria.

N_L : número de luminarias por punto de luz.

C_L : costo por lámpara.

C_{mocl} : costo de mano de obra correctiva más limpieza simultánea.





DATOS		RESULTADO
<i>N</i>	25,778	$C_{mto}=46,496.71$
<i>n</i>	1	
<i>N_L</i>	1	
<i>C_L</i>	18.00	
<i>f</i>	8.24%	
<i>C_{mocl}</i>	3.89	

Tabla 6-24 Costo de mantenimiento política 4
Fuente Elaboración Propia

6.3.4 Costo Anual Equivalente

Para el cálculo del costo total o costo anual equivalente, no se toma en cuenta el costo de instalación, porque se está analizando las instalaciones existentes; en ese sentido solo se tomara en cuenta los costos de mantenimiento y los costos de eliminación o reciclaje.

$$C_T = C_A + C_I \cdot \left[\frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] + C_F \cdot \left[\frac{i}{(1+i)^n - 1} \right]$$

dónde:

C_T : costo total durante un ciclo de *n* años vida.

C_I : costo de inversión de capital.

C_A : costos anuales de explotación y mantenimiento, etc.

C_F : costos futuros de eliminación de instalaciones.

POLITICAS DE MANTENIMIENTO	C_A	C_I	C_F	C_T
SM+LM	221,862.65	0.00	4,602.22	226,464.87
SM+LM+SC	236,837.61	0.00	4,602.22	241,439.83
SC+LM	78,694.05	0.00	4,602.22	83,296.27
SC+LS	46,496.71	0.00	4,602.22	51,098.93

Tabla 6-25 Calculo del costo total
Fuente Elaboración Propia





donde:

SM+LM: Reemplazo Programado y Masivo de Lámparas más Limpieza programada Masiva de Luminarias.

SM+LM+SC: Reemplazo Correctivo y Programado de Lámparas más Limpieza programada Masiva de Luminarias.

SC+LM: Reemplazo Correctivo de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias.

SC+LS: Reemplazo correctivo de lámparas con limpieza simultánea.

6.3.5 Calculo de la relación B/C en términos geométricos

La relación beneficio costo en términos geométricos viene dado en función del área a iluminar promedio por calles y la iluminancia promedio de acuerdo al promedio de iluminancias que se muestra en la tabla 6-21.

POLITICAS DE MANTENIMIENTO	BENEFICIO	C_T	C_T/B	$(C_T/NPL)/B$	$(C_T/m^2)/B$	$(C_T/m^2 \cdot lx)/B$ %
SM+LM	0.94	226,464.87	240,920.07	9.35	0.037	0.415
SM+LM+SC	0.92	241,439.83	262,434.60	10.18	0.041	0.452
SC+LM	0.56	83,296.27	148,743.34	5.77	0.023	0.256
SC+LS	0.22	51,098.93	232,267.86	9.01	0.036	0.400

Tabla 6-26 Calculo de la relación C/B
Fuente Elaboración Propia

Al analizar los resultados, vemos que la política de mantenimiento representada por Reemplazo Correctivo y Programado de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias (SM+LM+SC), es la más apropiada para su implementación y puesta en operación por la empresa concesionaria ELSE y se realizara cada 03 años, tal como indica la metodología.

El costo de realizar dicho mantenimiento es aproximadamente **236,837.61** (Tabla 6-22); además se tiene que el costo por mantenimiento realizado por la empresa concesionaria fue de **S/.75,347.17** por concepto de mano de obra (tabla 3-6), y de **S/.158,459.44** (tabla 3-7) por compra de materiales, haciendo un total de **S/.**



233,806.61, lo que hace posible económicamente la aplicación de dicha política de mantenimiento.

6.3.6 Aplicación de la Política de Mantenimiento Reemplazo Correctivo y Programado Masivo de Lámparas y Limpieza Masiva de Luminarias.

Para la implementación y ejecución de la política de mantenimiento, es necesario tomar en consideración los siguientes puntos:

- *Análisis de tiempo de ejecución*, nos permitirá estimar el tiempo que tomara realizar los trabajos asignados, partiendo de un análisis unitario de rendimiento por actividad, tomando como base un equipo de trabajo y así tentar un posible cronograma de ejecución de trabajos.
- *Implementación de equipos de trabajo*, estará conformado por un oficial y un peón.

De acuerdo a los datos establecidos por los fabricantes que se encuentran estipulados en el Capítulo IV, se observa que el porcentaje de supervivencia de las lámparas de vapor de sodio en un tiempo de servicio de 12,000 horas es del 80% aproximadamente (figura 4-5); que sería equivalente a unos 3 años. Y la depreciación del flujo luminoso en ese mismo tiempo estaría alrededor de un 15% (figura 4-8).

Para el caso de la depreciación del flujo luminoso de las luminarias por polución o envejecimiento, estaría alrededor de un 80%, según la categoría del ambiente (tabla 4-5 y figura 4-10).

Por ello se requiere analizar el rendimiento del personal para las actividades a realizar el cual nos ayudara en la elaboración de un cronograma tentativo.





6.3.6.1 Análisis del tiempo de Ejecución

Para el cálculo del rendimiento, se requiere tener en consideración el jornal diario de 8 horas, del mismo modo tener en cuenta el tiempo estimado de ejecución de la actividad que se muestra en la tabla 6-27, así se tiene:

$$R = \frac{60 \times J}{T_E} \tag{62}$$

donde:

R: Rendimiento

J: Jornada diaria (8 horas)

T_E: Tiempo total de ejecución de la actividad

para:

ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO (min)
Subida y descenso de estructura (poste)	15
Cambio de lámpara	18
Limpieza de luminaria	10
Traslado de estructura a estructura	5
T_E	48

Tabla 6-27 Cálculo del tiempo de ejecución de la actividad
Fuente Elaboración Propia con datos ELSE

Con estos datos se tiene un rendimiento por equipo de trabajo:

$$R = 10 \text{ unidades/día}$$

Para poder cumplir con el cambio total de las luminarias del parque de alumbrado público de la ciudad de Cusco, es necesario considerar el mínimo de unidades que se deberían cambiar por día, esto se puede obtener considerando el número total de unidades (25,778 unidades), además de los



días útiles del año, así tenemos la siguiente relación:

$$U_D = \frac{N_{AP}}{D_U} \quad (63)$$

donde:

U_D : Unidades diarias de alumbrado publico

N_{AP} : Numero de unidades de alumbrado público (25,778 Ciudad del Cusco)

D_U : Días útiles al año (260)

Reemplazando los valores para $N_{AP} = 25,778$ y $D_U = 260$, se obtiene el siguiente valor para U_D .

$$U_D = 99.15 \approx 100$$

Esto implica que se debe realizar 100 reemplazos de lámparas y su limpieza respectiva al día.

En el cálculo de la cantidad de equipos de trabajo se toma en consideración la cantidad de unidades a intervenir por día y el rendimiento de los equipos de trabajo, así podremos obtener la cantidad de equipos de trabajo de la siguiente relación:

$$\text{Equipos de trabajo} = \frac{U_D}{R} \quad (64)$$

donde:

U_D : Unidades diarias de alumbrado publico

R : Rendimiento

Realizando la operación se tiene:

$$\text{Equipos de trabajo} = 10$$





Tomando en cuenta el análisis realizado podemos elaborar un cronograma de anualizado para la ejecución de las actividades a realizar:

ITEM	DESCRIPCION	MESES														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	Elaboración de expediente técnico, incluye su aprobación															
B	Proceso de elaboración de bases, Ingreso al SEACE, i apertura de propuestas															
C	EJECUCION DE OBRA															
	Cambio de Lámparas															
	Limpieza de Luminarias															
	Pruebas Y entrega de obra															

Tabla 6-28 Cronograma anualizado de reemplazo de lámparas y limpieza de luminarias
Fuente Elaboración propia

6.3.6.2 Estimación de ejecución por sectores

Para la aplicación de la política de mantenimiento elegida, se ve por conveniente realizarlo en forma sectorizada, para este fin se considera la división en sectores de los procesos comerciales de la empresa concesionaria que se describen en la tabla siguiente.

SECTOR	DISTRITO
I	Wanchac
II	San Sebastián y San Jerónimo
III	Santiago
IV	Cusco

Tabla 6-29 Tabla de Sectores
Fuente ELSE





CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES





1. CONCLUSIONES

1.1 En la aplicación de la metodología, al analizar los resultados vemos que la política de mantenimiento representada por Reemplazo Correctivo y Programado de Lámparas más Limpieza Programada Masiva de Luminarias (SM+LM+SC), es la más apropiada para su implementación y puesta en operación por la empresa concesionaria ELSE y se realizara cada 03 años, tal como se indica en el capítulo VI.

POLITICAS DE MANTENIMIENTO	BENEFICIO	C_T	C_T/B	$(C_T/NPL) / B$	$(C_T/m^2) / B$	$(C_T/m^2 * I_x) / B$ %
SM+LM	0.94	226,464.87	240,920.07	9.35	0.037	0.415
SM+LM+SC	0.92	241,439.83	262,434.60	10.18	0.041	0.452
SC+LM	0.56	83,296.27	148,743.34	5.77	0.023	0.256
SC+LS	0.22	51,098.93	232,267.86	9.01	0.036	0.400

1.2 Al realizar la interacción de ambas bases de datos (GIS y SI/ELSE), que maneja la empresa concesionaria mejorara su funcionalidad, pues además de almacenar datos (especificaciones técnicas de equipos, registro de operaciones, etc.), esta detecta, muestra y alerta las posibles fallas constantes que se podrían estar dando en los diferentes puntos o circuitos de alumbrado público, para así tener un mejor manejo en la implementación y aplicación de políticas de mantenimiento.

1.3 En cuanto a políticas de mantenimiento se aprecia que solo el 5.0% de actividades realizadas corresponden a una política de mantenimiento preventivo y el restante a mantenimiento correctivo; esos porcentajes nos hace suponer que no cuentan con una gestión apropiada de explotación del recurso.

Del análisis de actividades de mantenimiento correctivo el 66.0% corresponde a cambios de lámpara, el cual se incrementa con paso del tiempo, y el 9.0% a cambios de equipo auxiliar. Se pudo apreciar que la disminución de la eficiencia de las lámparas se debe a la depreciación y la polucionen ese



sentido se debe adoptar una política de mantenimiento óptima de acuerdo al tipo de instalaciones.

El factor de mantenimiento es un parámetro trascendental en el momento del diseño, pues depende de este la programación de las actividades de mantenimiento a realizar y la frecuencia de estas.

1.4 Se evaluó el beneficio como criterio de calidad, el cual fue calculado en función de los factores de peso como: iluminancia, tiempo de operación, apariencia de las instalaciones y porcentaje de averías permanentes; cuyo valor es nulo (0); eso nos indica que las políticas adoptadas no son las adecuadas, y que es muy necesario adoptar una con mucha urgencia.

<i>K(E)</i>	1.00
<i>k(T_o)</i>	1.00
<i>k (AP)</i>	0.00
<i>k(A)</i>	0.95
Beneficio	0.00



2. RECOMENDACIONES

- Realizar la actualización de la base de datos del GIS, tanto de equipos existente como ampliaciones de alumbrado público, para poder realizar una mejor evaluación del parque de alumbrado de la ciudad.
- Realizar la renovación de equipos en general de aquellos puntos que se encuentran en estado deficiente.
- Realizar un mejor control de las lecturas de los medidores de alumbrado para realizar un adecuado manejo de la eficiencia energética cuyo crecimiento debería ser lineal.
- Tomar en cuenta los factores de mantenimiento utilizados en los cálculos luminotécnicos que se realizan en la etapa de diseño para programar su mantenimiento.
- Optar por una política de gestión adecuada para reducir los costos operativos y costos indirectos, del mismo modo para reducir el porcentaje de averías permanentes y así tener un beneficio que se pueda cuantificar.
- Implementar las políticas de mantenimiento con guías ya sea de eficiencia, gestión, técnicas y de mantenimiento.
- Elaborar manuales y capacitar al personal sobre temas de inspección de equipos y como se realiza un mantenimiento correcto.





BIBLIOGRAFÍA



- ✚ Asociación de Ingenieros de Alumbrado Público APLE TR8 (1977).
Mantenimiento de Alumbrado Público.
- ✚ Comisión Internacional de Alumbrado. Publicación CIE N° 33 (1977).
Depreciación y mantenimiento de las instalaciones de alumbrado público.
- ✚ Comisión Internacional de Iluminación CIE (1998).
Mantenimiento de sistemas de iluminación al aire libre.
- ✚ Comité Español de Iluminación. (2001).
Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación.
- ✚ Creus A. (1992).
Fiabilidad y seguridad, su aplicación en procesos industriales.
- ✚ Instituto para la diversificación y ahorro de la energía. (2002).
Alumbrado Exterior para la Protección del Medio Ambiente mediante la mejora de la Eficiencia Energética.
- ✚ Manzano E. (1998).
Metodología para evaluar la calidad del servicio.
- ✚ Manzano E.R., San Martín R. (1999).
Procedimiento para la evaluación de gestión de la iluminación urbana.
- ✚ Marsden A., van Bommel W. (1981).
El costo del alumbrado público.
- ✚ Marsden A. (1993).
La economía del mantenimiento de alumbrado.
- ✚ MOSECA (2000).
Datos sobre el mantenimiento en Barcelona, España.
- ✚ PHILIPS (2003).
Curvas de expectativa de vida y depreciación de la iluminancia.
- ✚ Rea, M.S., Ouellette M.J. (1991).
El rendimiento visual
- ✚ San Martín R., Manzano E., Albert V. (1998).
Gestión y Explotación de las Instalaciones de Alumbrado.
- ✚ Sociedad de Ingeniería de Iluminación de Norteamérica IESNA (1993).
Guía de Diseño para el mantenimiento de alumbrado público.
- ✚ Van Dusen (1971).
Mantenimiento y ajuste de factores en los cálculos de diseño de iluminación.



- ⚡ D.L. N° 25844. Ley de Concesiones Eléctricas (1992-11-19).
- ⚡ D.S N° 009-93-EM. Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.
- ⚡ R.M N° 366-2001-EM/DGE. Código Nacional de Electricidad Suministro.
- ⚡ R.M N° 037-2006-EM/DGE. Código Nacional de Electricidad Utilización.
- ⚡ D.S N° 020-97-EM. Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE). y sus modificaciones efectuadas mediante los Decretos Supremos N° 009-99-EM, N° 013-2000-EM, N° 040-2001-EM.
- ⚡ D.S N° 040-2001-EM. Base Metodológica para la Aplicación de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos, y sus modificatorias.
- ⚡ R.M. N° 091-2002. EM/VME Norma DGE Símbolos gráficos y terminología de electricidad.
- ⚡ R.M. N°. 013-2003-EM/DM. Norma Técnica de Alumbrado de Vías Públicas en Zonas de Concesión de Distribución.
- ⚡ R.M. N° 185-2003-EM/DM Establecen índices lámparas/usuario y factores KALP para el cálculo del porcentaje máximo de facturación por el servicio de alumbrado público.
- ⚡ R.C.D. N° 078-2007-OS/CD Procedimiento de supervisión de la operatividad del servicio de alumbrado público y sus modificatorias.





ANEXO I

(CÁLCULOS LUMINOTÉCNICOS)





Proyecto

Fichero : ... \admin\ESCRIT~1\tesis\AVANTO~1.LPF

Información general : Normas CEN

Detalles de la carretera

Disposición :  Conducción :  Sentido : 
Número de Ancho de carril : m Ancho de m Mediana : m
Tabla R : Qo :
Cálculo : Luminancia Iluminancia (Z Positivo) Ilum. Hemisférica TI
 Iluminancia (Y Positivo) Ilum. Semicilíndrica

Detalles de las luminarias

Interdistancia : m Altura : m Retranqueo : m Retroceso : m
Inclinación : °
Tipo : Protector : 
Reflector : Configuración :
Fuente : Potencia : W Flujo : klm FM :

Resumen

● Luminancia

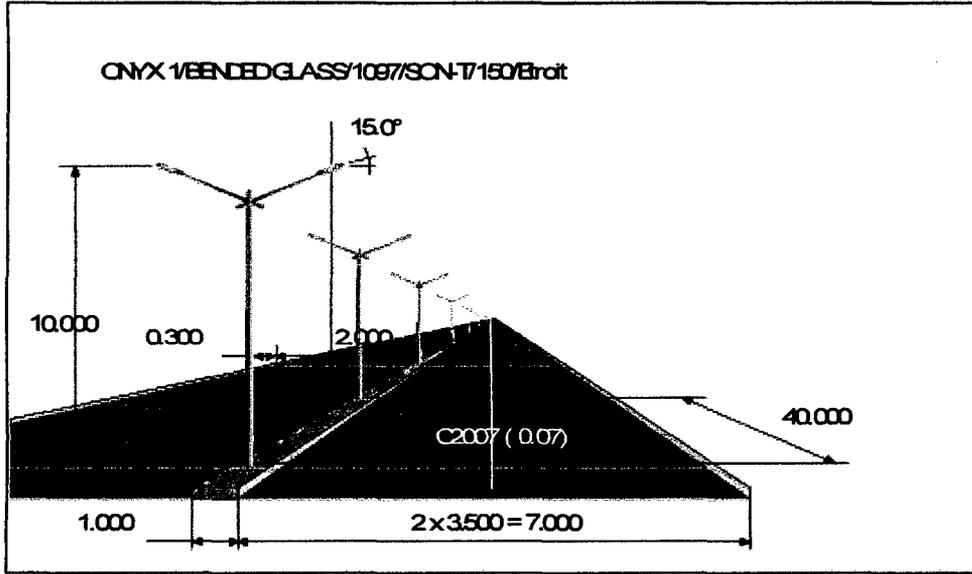
	1	2
Obs Y	<input type="text" value="1.750"/>	<input type="text" value="5.250"/> m
Lmed	<input type="text" value="1.43"/>	<input type="text" value="1.33"/> cd/m ²
Uo	<input type="text" value="66.8"/>	<input type="text" value="60.2"/> %
UI	<input type="text" value="73.5"/>	<input type="text" value="72.5"/> %
TI	<input type="text" value="11.4"/> %	

Posición del m

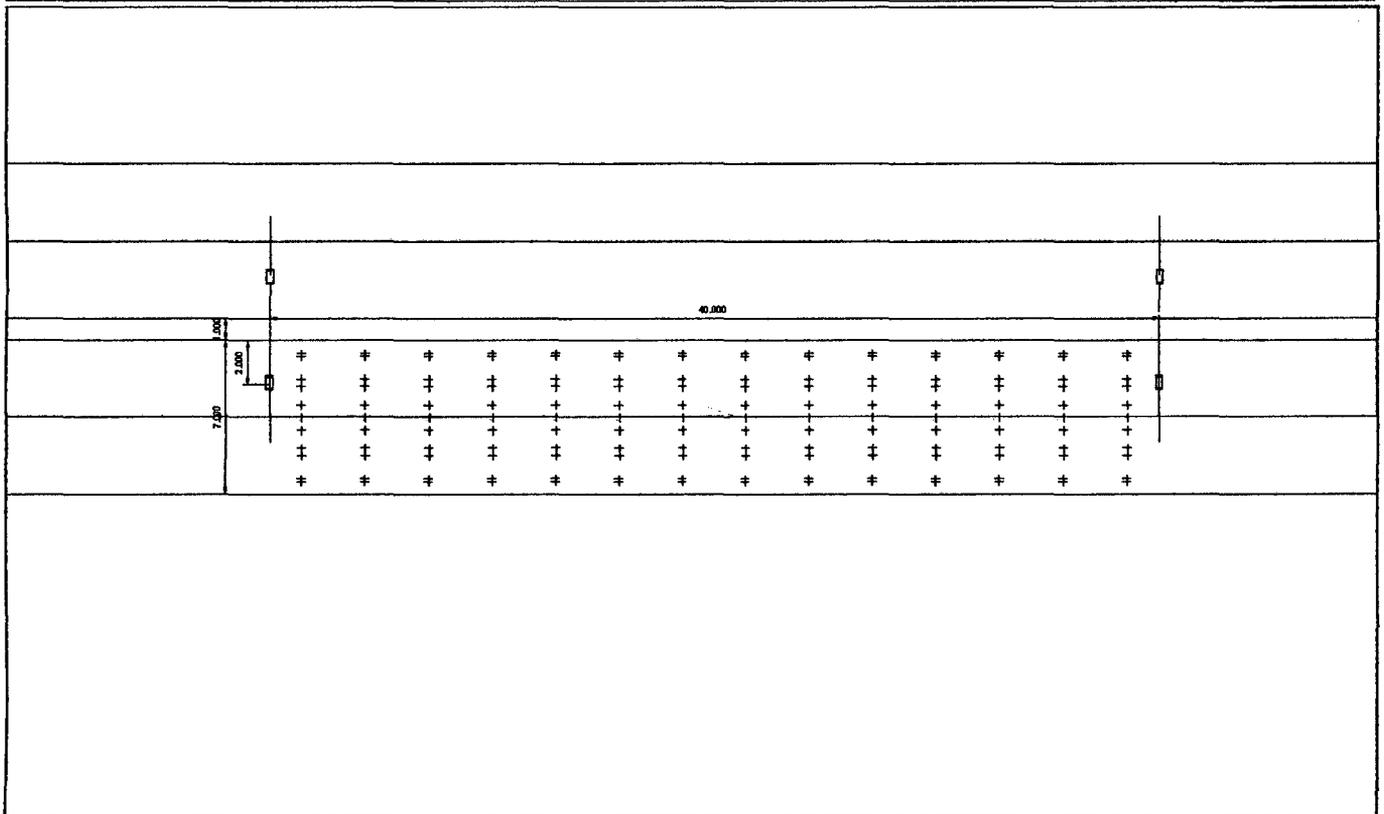
● Iluminancia

Emín : lux
Emed : lux

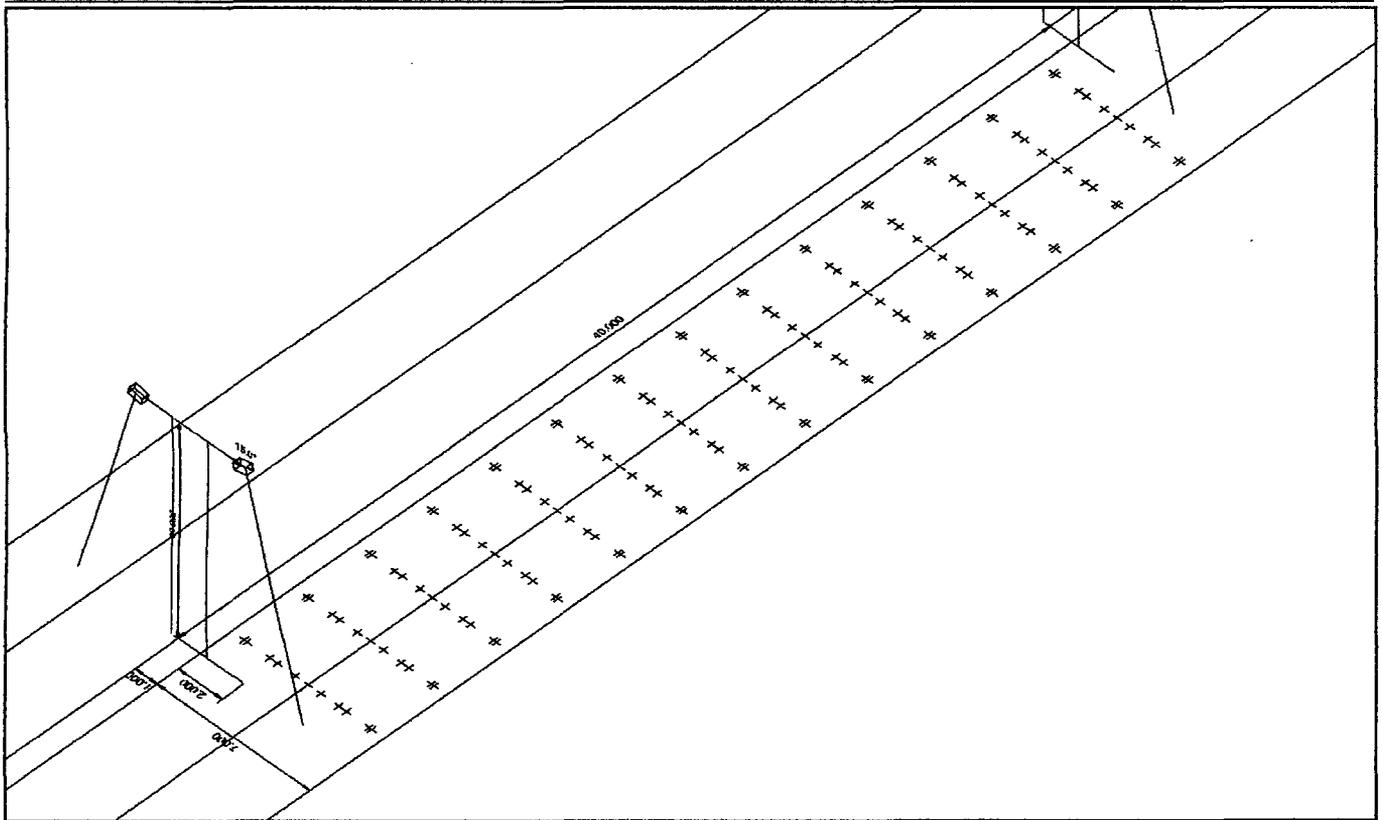
Esquema



Vista en planta



Vista en 3D



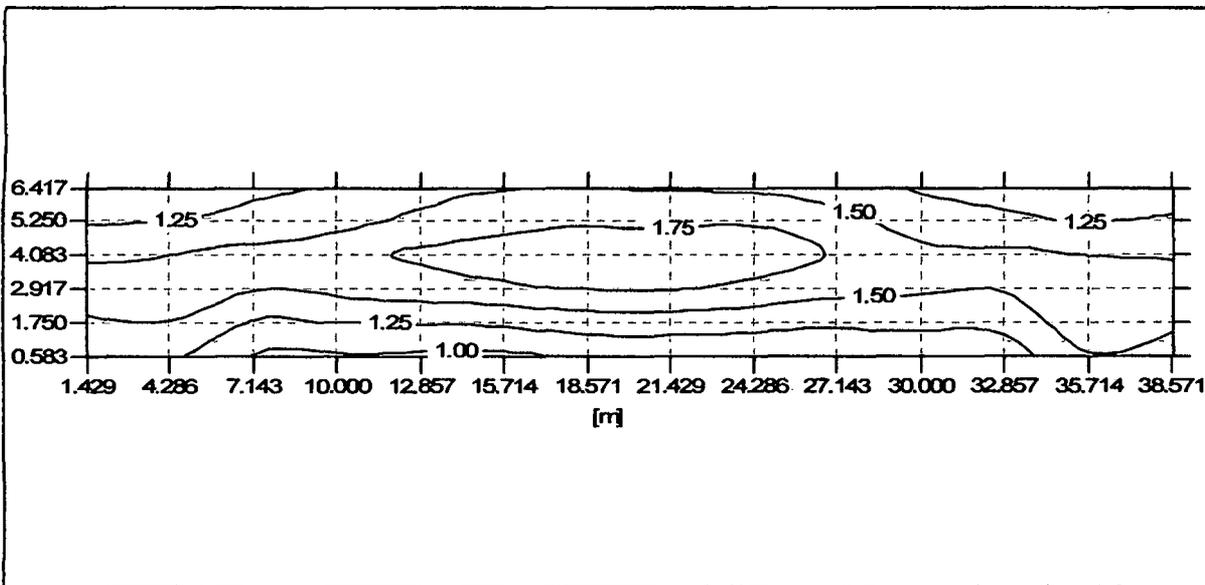
Resultados de las mallas

Malla principal (1) : Luminancia (< -60.000; 1.750; 1.500) [cd/m²]

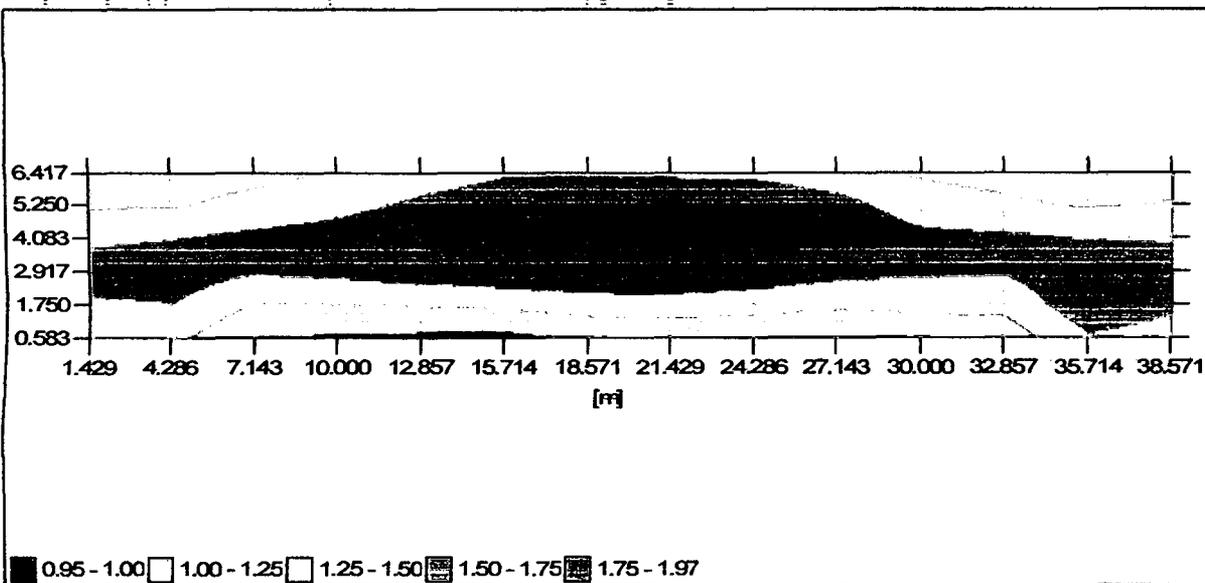
Mín : 0.95 cd/m² Med : 1.43 cd/m² Máx : 1.97 cd/m² Uo : 66.8 % Ug : 48.4 %

6.417	1.14	1.15	1.20	1.26	1.37	1.48	1.49	1.46	1.44	1.32	1.22	1.19	1.15	1.15
5.250	1.22	1.24	1.31	1.40	1.57	1.64	1.69	1.70	1.72	1.60	1.34	1.28	1.23	1.27
4.083	1.46	1.49	1.58	1.67	1.80	1.89	1.97	1.89	1.89	1.73	1.58	1.55	1.48	1.47
2.917	1.62	1.64	1.53	1.58	1.65	1.72	1.77	1.78	1.69	1.59	1.55	1.53	1.73	1.63
1.750	1.47	1.50	1.23	1.25	1.28	1.30	1.38	1.39	1.34	1.30	1.32	1.33	1.68	1.54
0.583	1.32	1.31	0.99	0.98	0.96	0.95	1.04	1.05	1.05	1.03	1.08	1.12	1.48	1.41
Y/X	1.429	4.286	7.143	10.000	12.857	15.714	18.571	21.429	24.286	27.143	30.000	32.857	35.714	38.571

Malla principal (1) : Luminancia (< -60.000; 1.750; 1.500) [cd/m²]



Malla principal (1) : Luminancia (< -60.000; 1.750; 1.500) [cd/m²]

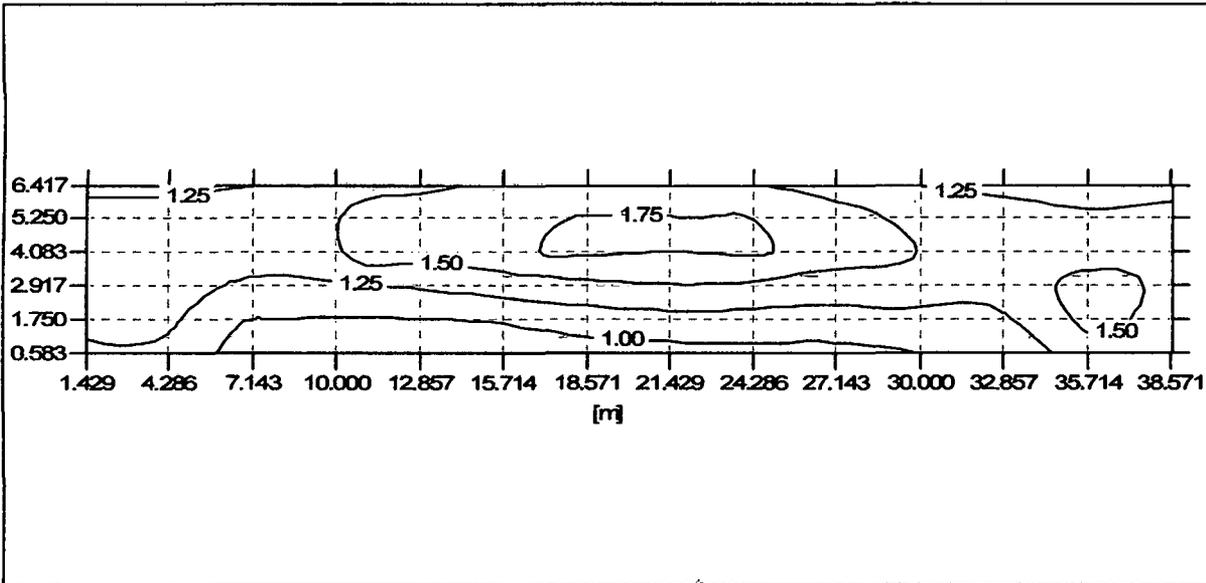


Malla principal (2) : Luminancia (<- -60.000; 5.250; 1.500) [cd/m²]

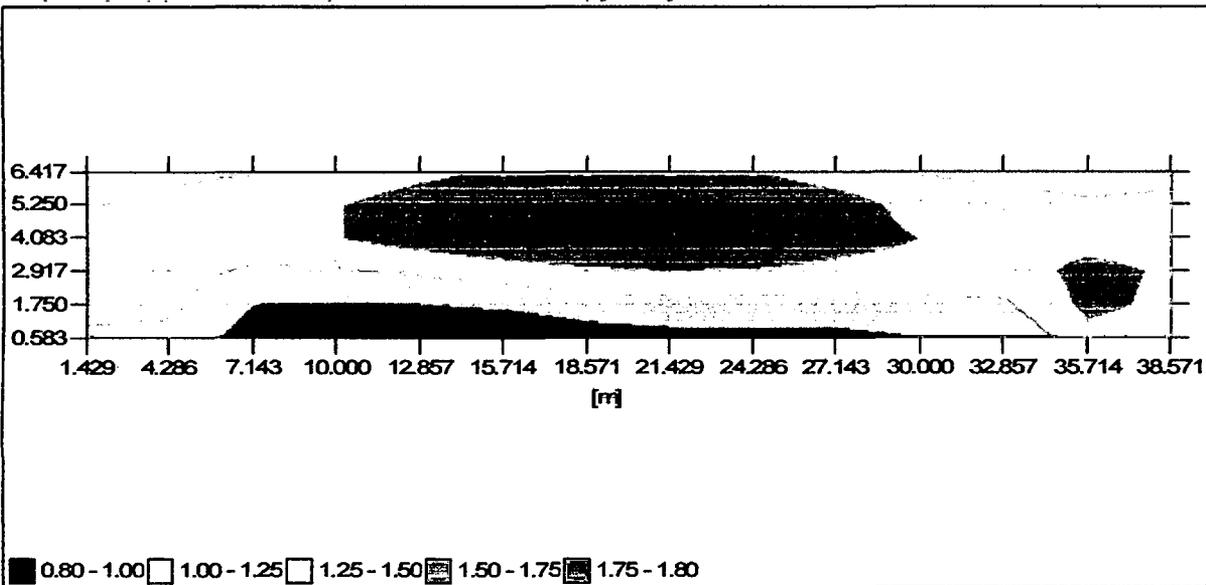
Min : 0.80 cd/m² Med : 1.33 cd/m² Máx : 1.80 cd/m² Uo : 60.2 % Ug : 44.5 %

6.417	1.17	1.18	1.24	1.32	1.43	1.55	1.57	1.55	1.51	1.34	1.24	1.20	1.17	1.17
5.250	1.34	1.35	1.41	1.49	1.64	1.71	1.76	1.75	1.75	1.64	1.38	1.32	1.27	1.32
4.083	1.32	1.34	1.40	1.49	1.62	1.71	1.80	1.75	1.79	1.62	1.50	1.45	1.40	1.36
2.917	1.35	1.34	1.20	1.22	1.29	1.38	1.45	1.50	1.47	1.41	1.39	1.39	1.57	1.46
1.750	1.30	1.30	1.00	0.99	1.00	1.04	1.14	1.18	1.17	1.15	1.19	1.22	1.57	1.43
0.583	1.22	1.19	0.86	0.83	0.80	0.80	0.89	0.92	0.94	0.94	1.00	1.05	1.41	1.33
Y/X	1.429	4.286	7.143	10.000	12.857	15.714	18.571	21.429	24.286	27.143	30.000	32.857	35.714	38.571

Malla principal (2) : Luminancia (<- -60.000; 5.250; 1.500) [cd/m²]



Malla principal (2) : Luminancia (<- -60.000; 5.250; 1.500) [cd/m²]

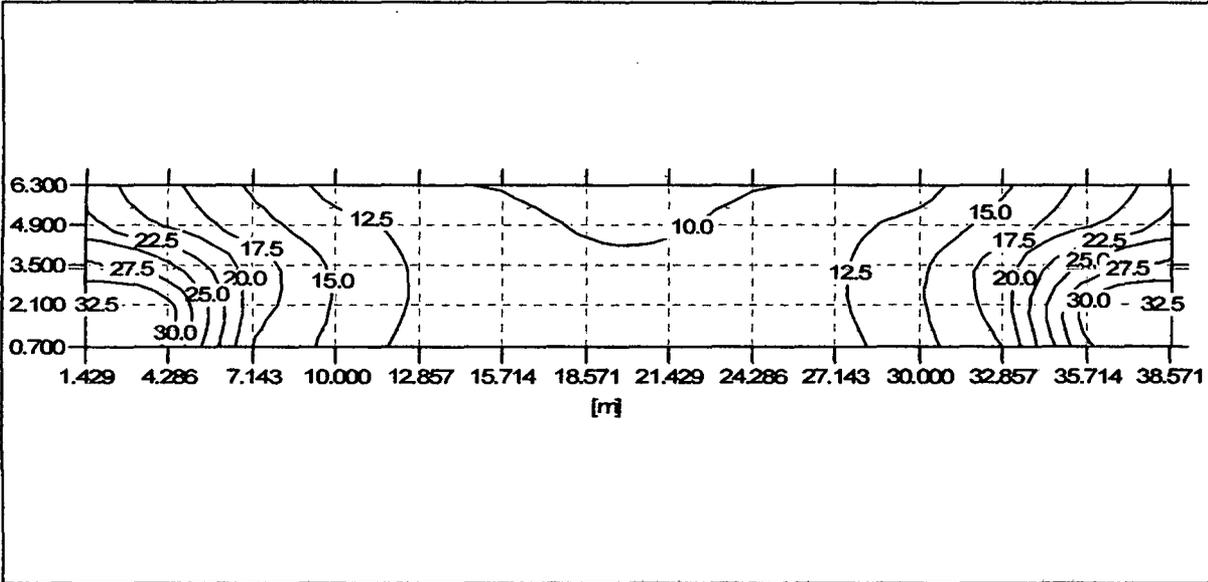


Walla principal (3) : Iluminancia [lux]

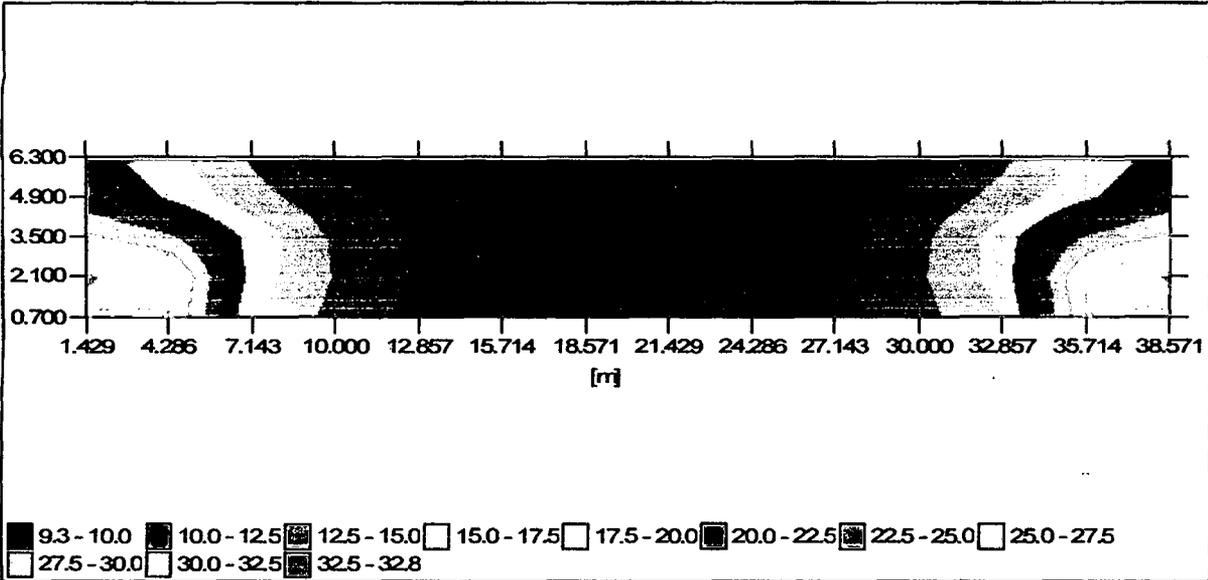
Min : lux Med : lux Máx : lux Uo : % Ug : %

6.300	21.1	18.0	14.5	11.4	10.2	9.8	9.3	9.3	9.8	10.2	11.5	14.6	18.1	21.1
4.900	23.3	19.5	16.0	13.2	11.7	10.8	9.7	9.7	10.8	11.7	13.2	16.0	19.5	23.3
3.500	28.0	25.5	18.8	14.4	12.1	11.2	10.7	10.7	11.2	12.1	14.4	18.9	25.5	28.1
2.100	32.8	30.8	18.7	14.7	12.1	11.0	10.8	10.8	11.0	12.1	14.7	18.7	30.8	32.8
0.700	31.7	29.8	17.5	14.1	11.5	10.5	10.5	10.5	10.5	11.5	14.2	17.5	29.8	31.7
Y/X	1.429	4.286	7.143	10.000	12.857	15.714	18.571	21.429	24.286	27.143	30.000	32.857	35.714	38.571

Walla principal (3) : Iluminancia [lux]



Walla principal (3) : Iluminancia [lux]



Centro del carril 1 (4) : Uniformidades longitudinales (<- -60.000; 1.750; 1.500) [cd/m²]

Min : 1.23 cd/m² Med : 1.38 cd/m² Máx : 1.68 cd/m² Uo : 89.6 % Ug : 73.5 %

1.750	1.47	1.50	1.23	1.25	1.28	1.30	1.38	1.39	1.34	1.30	1.32	1.33	1.68	1.54
Y/X	1.429	4.286	7.143	10.000	12.857	15.714	18.571	21.429	24.286	27.143	30.000	32.857	35.714	38.571

Centro del carril 2 (5) : Uniformidades longitudinales (<- -60.000; 5.250; 1.500) [cd/m²]

Min : 1.27 cd/m² Med : 1.51 cd/m² Máx : 1.76 cd/m² Uo : 84.4 % Ug : 72.5 %

5.250	1.34	1.35	1.41	1.49	1.64	1.71	1.76	1.75	1.75	1.64	1.38	1.32	1.27	1.32
Y/X	1.429	4.286	7.143	10.000	12.857	15.714	18.571	21.429	24.286	27.143	30.000	32.857	35.714	38.571

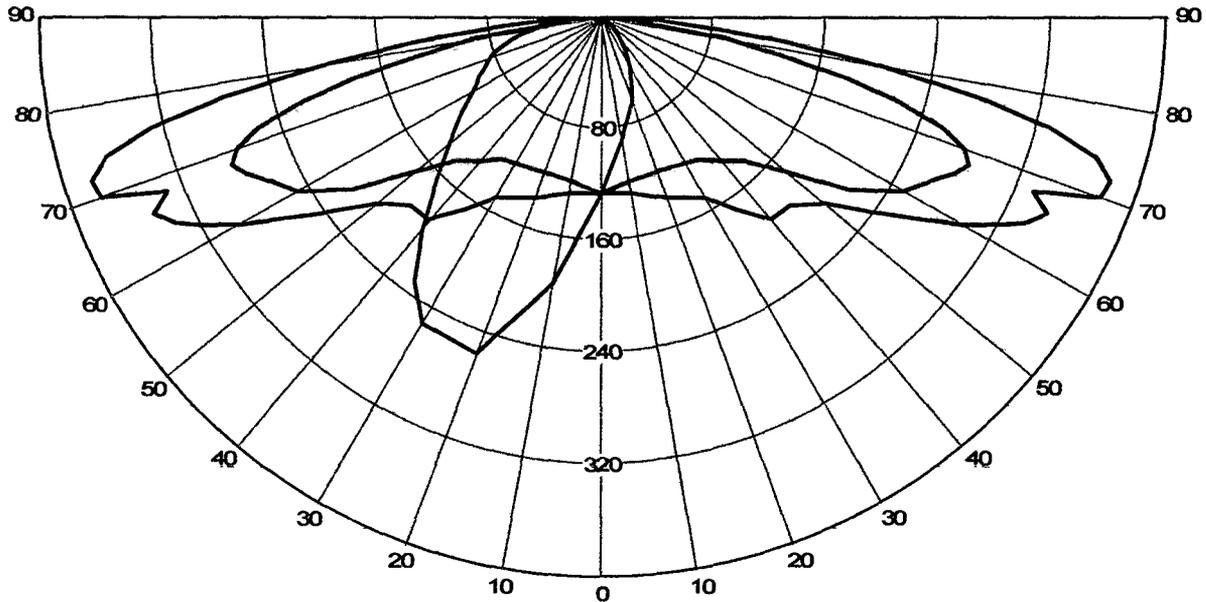
Documentos fotométricos

E61295



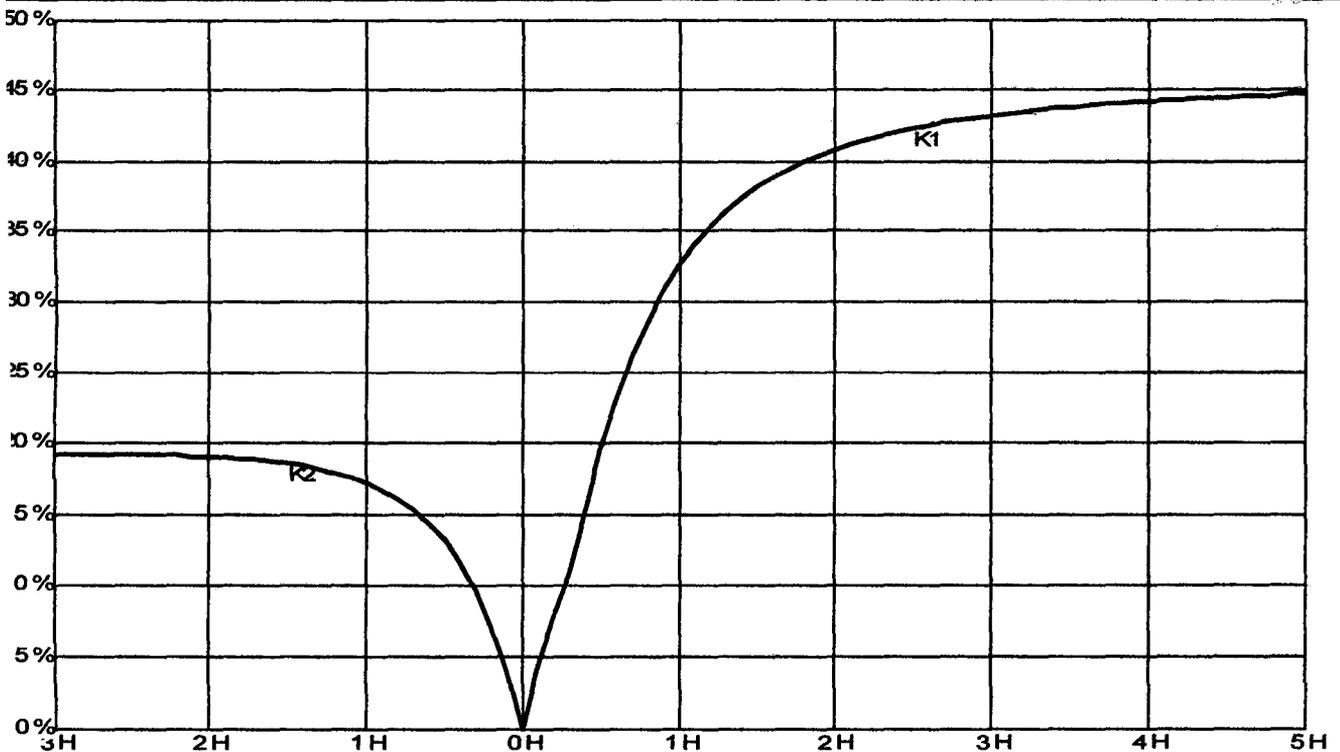
ONYX 1/BENDEE GLASS/1097/SON-T/150/Etroit

Diagrama Polar / Cartesiano



Matriz	Inc	Plano	Imax	Plan	Estilo	Matriz	Inc	Plano	Imax	Plan	Estilo
E61295	15°	0°	281	68°	—————	E61295	15°	180°	281	68°	—————
E61295	15°	90°	256	20°	—————	E61295	15°	270°	126	0°	—————
E61295	15°	10°	379	72°	—————	E61295	15°	170°	379	72°	—————

Curva de utilización



Matriz	Inc	Rendimiento (0-90°)	Rendimiento (0-máx°)	Estilo
E61295	15°	66.4%	66.4%	—————



Proyecto

Fichero : ... \admin\ESCRIT~1\tesis\AVCOLL~1.LPF

Información general : Normas CEN

Detalles de la carretera

Disposición :  Conducción :  Sentido : 
Número de Ancho de carril : m Ancho de m
Tabla R : Qo :
Cálculo : Luminancia Iluminancia (Z Positivo) Ilum.-Hemisférica TI
 Iluminancia (Y Positivo) Ilum. Semicilíndrica

Detalles de las luminarias

Interdistancia : m Altura : m Retranqueo : m Retroceso : m
Inclinación : °
Tipo : Protector : **E61295**
Reflector : Configuración : 
Fuente : Potencia : W Flujo : klm FM :

Resumen

Luminancia

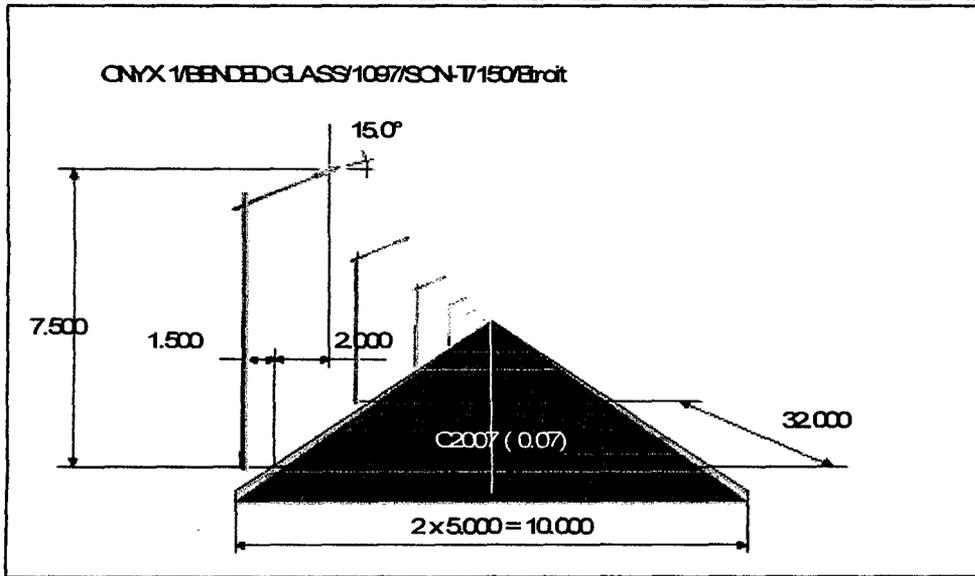
	1	2
Obs Y	<input type="text" value="2.500"/>	<input type="text" value="7.500"/> m
Lmed	<input type="text" value="1.53"/>	<input type="text" value="1.43"/> cd/m ²
Uo	<input type="text" value="36.3"/>	<input type="text" value="35.9"/> %
Ul	<input type="text" value="56.1"/>	<input type="text" value="66.6"/> %
TI	<input type="text" value="17.9"/> %	

Posición del m

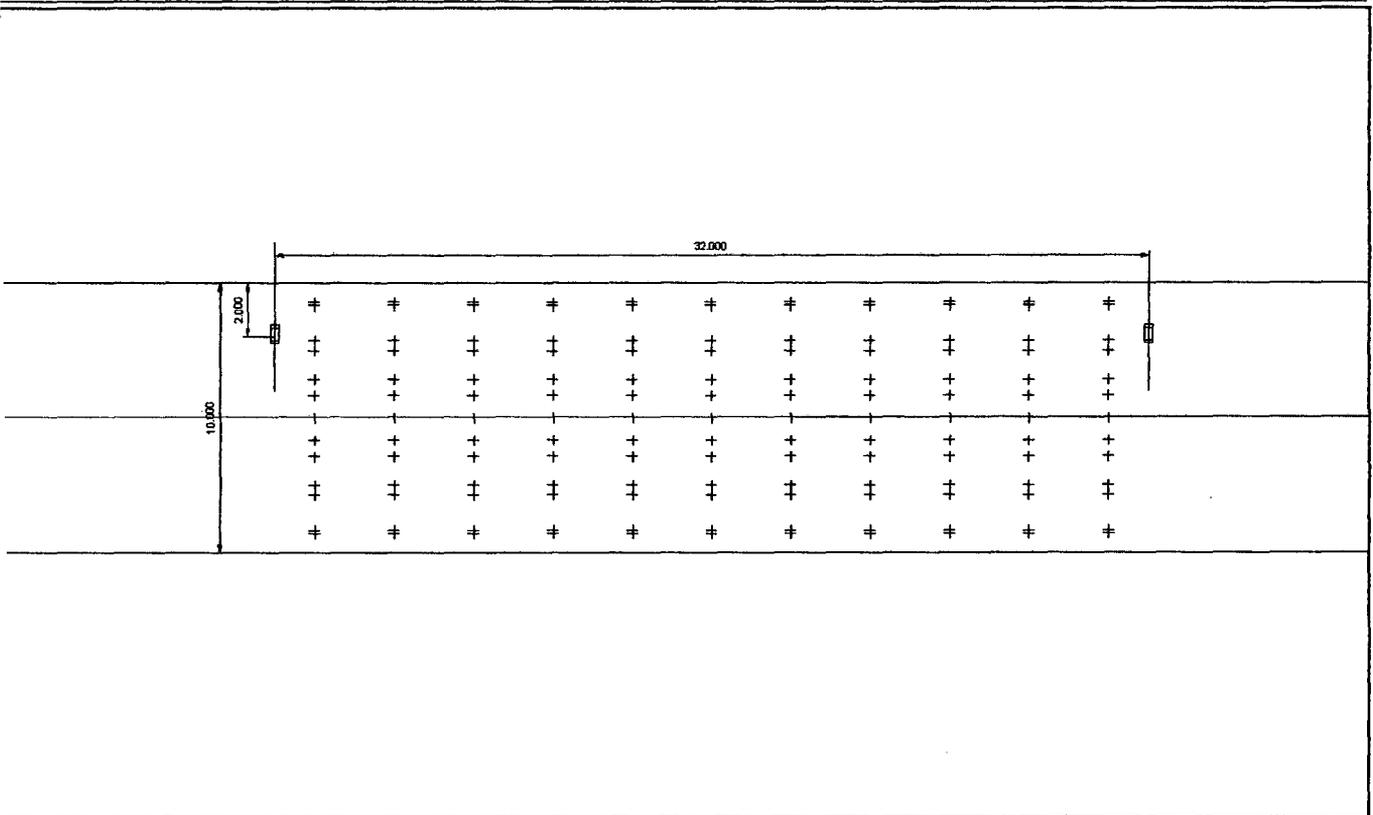
Iluminancia

Emín : lux
Emed : lux

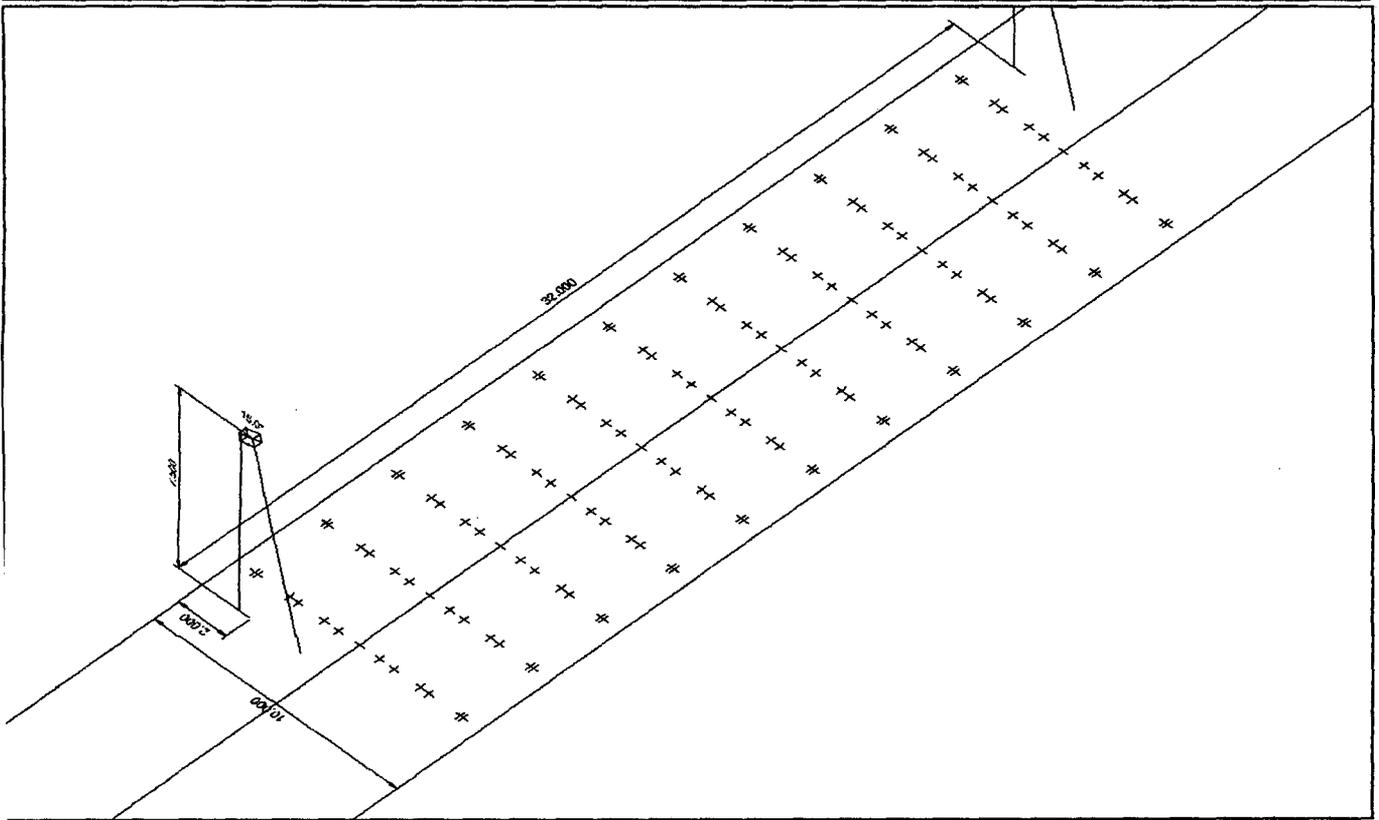
Esquema



Vista en planta



Vista en 3D



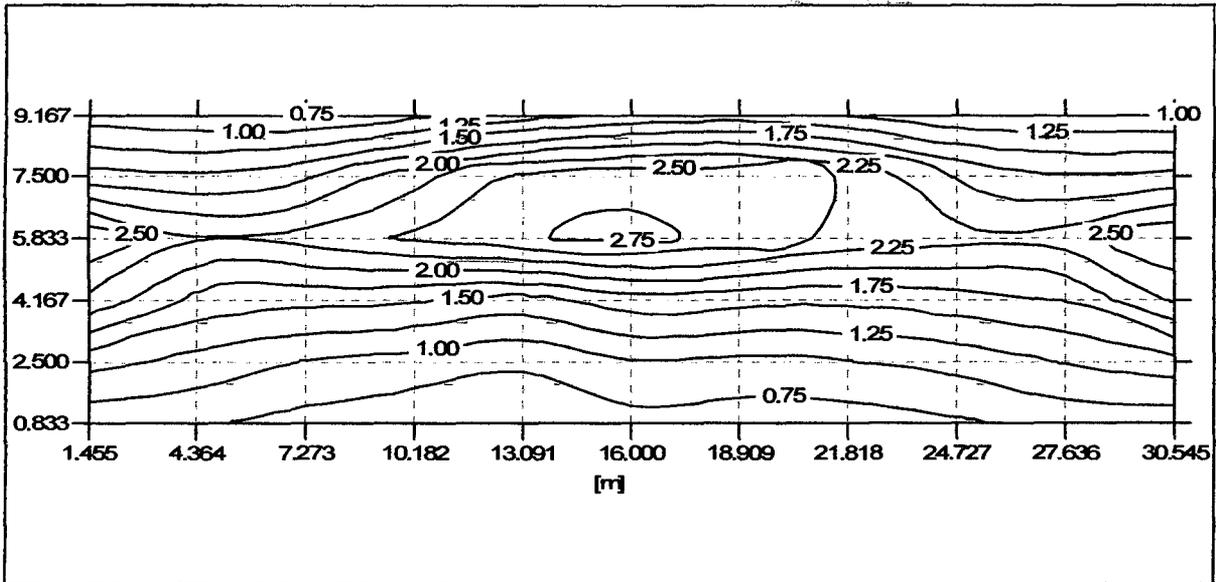
Resultados de las mallas

Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 2.500; 1.500) [cd/m²]

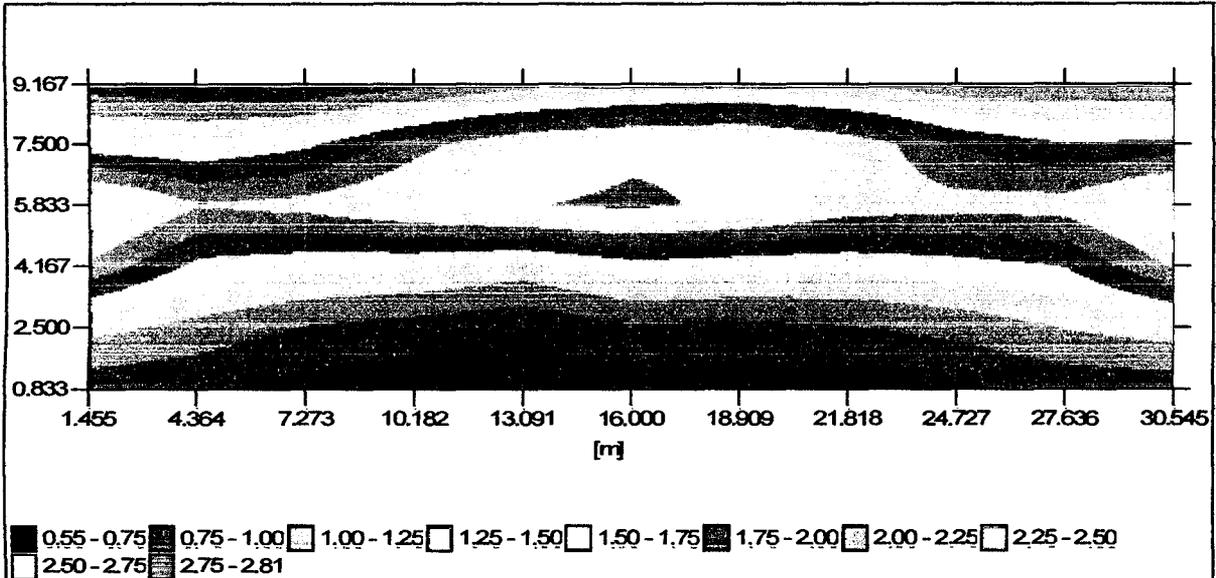
Min : 0.55 cd/m² Med : 1.53 cd/m² Máx : 2.81 cd/m² Uo : 36.3 % Ug : 19.7 %

9.167	0.86	0.79	0.74	0.89	1.11	1.27	1.34	1.21	1.03	1.04	1.00
7.500	1.60	1.54	1.71	2.16	2.54	2.68	2.71	2.47	1.98	1.76	1.83
5.833	2.70	2.27	2.35	2.55	2.73	2.81	2.68	2.41	2.34	2.37	2.74
4.167	2.19	1.67	1.57	1.53	1.40	1.64	1.58	1.56	1.65	1.77	2.29
2.500	1.34	1.17	0.99	0.90	0.79	0.98	0.94	0.99	1.09	1.27	1.41
0.833	0.83	0.79	0.66	0.56	0.55	0.66	0.61	0.63	0.71	0.83	0.85
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 2.500; 1.500) [cd/m²]



Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 2.500; 1.500) [cd/m²]

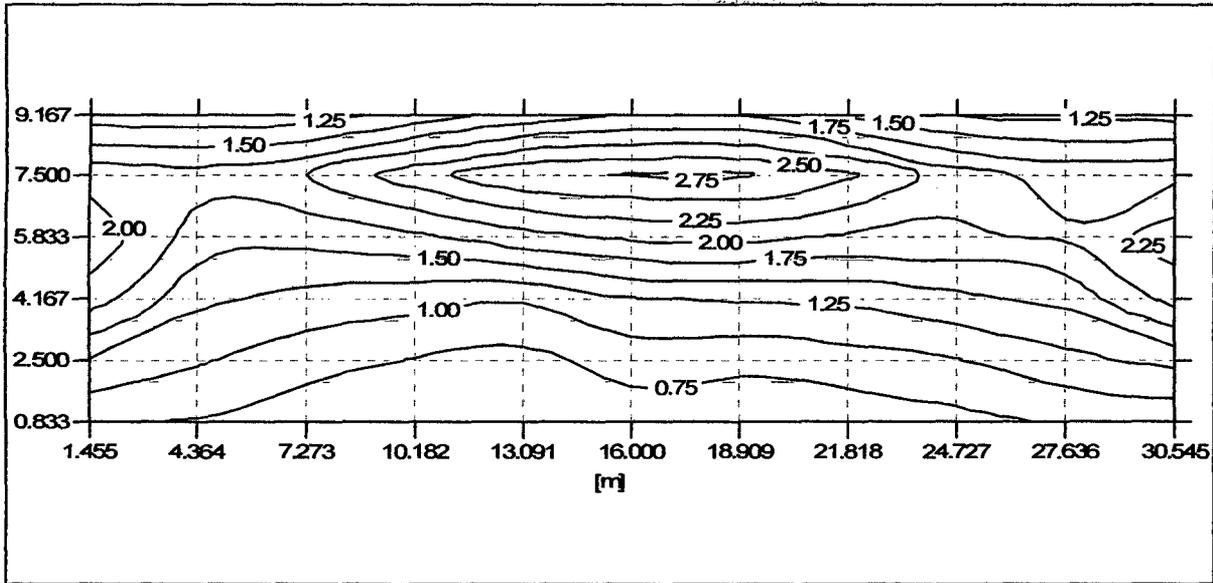


Malla principal (2) : Luminancia (< -60.000; 7.500; 1.500) [cd/m²]

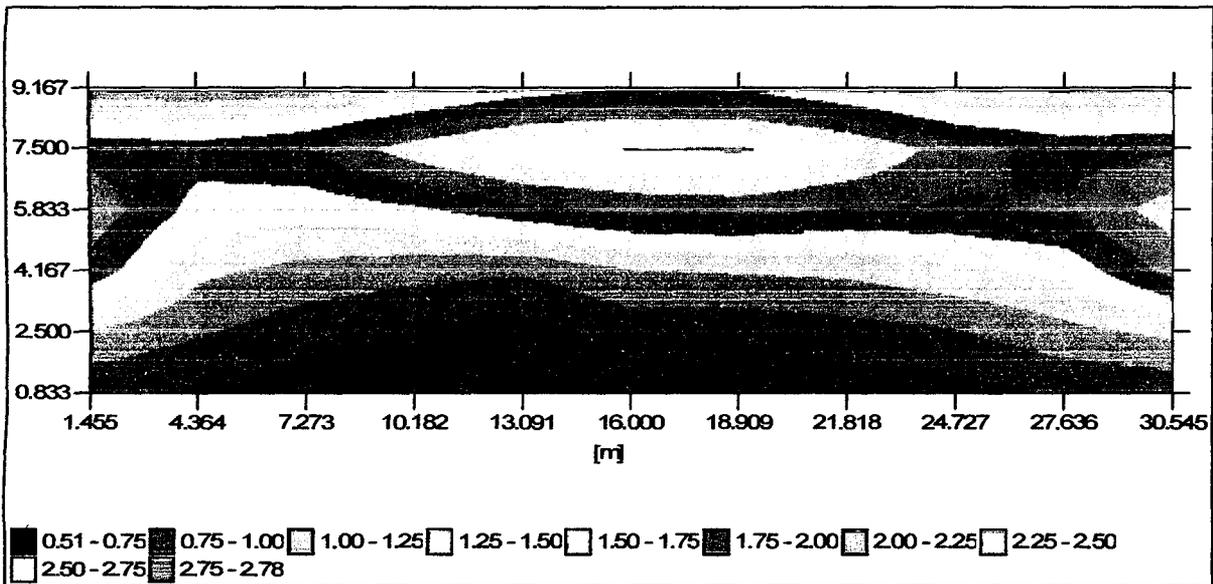
Min : 0.51 cd/m² Med : 1.43 cd/m² Máx : 2.78 cd/m² Uo : 35.9 % Ug : 18.4 %

9.167	1.08	1.06	1.10	1.32	1.58	1.71	1.70	1.44	1.21	1.18	1.15
7.500	1.91	1.86	2.00	2.40	2.70	2.76	2.78	2.55	2.10	1.90	1.95
5.833	2.16	1.65	1.59	1.70	1.92	2.05	2.09	1.97	1.96	2.04	2.38
4.167	1.90	1.31	1.17	1.09	1.03	1.24	1.28	1.31	1.44	1.57	2.11
2.500	1.24	1.03	0.86	0.74	0.67	0.85	0.82	0.90	0.99	1.18	1.33
0.833	0.79	0.73	0.60	0.51	0.52	0.62	0.56	0.59	0.68	0.78	0.82
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Malla principal (2) : Luminancia (< -60.000; 7.500; 1.500) [cd/m²]



Malla principal (2) : Luminancia (< -60.000; 7.500; 1.500) [cd/m²]

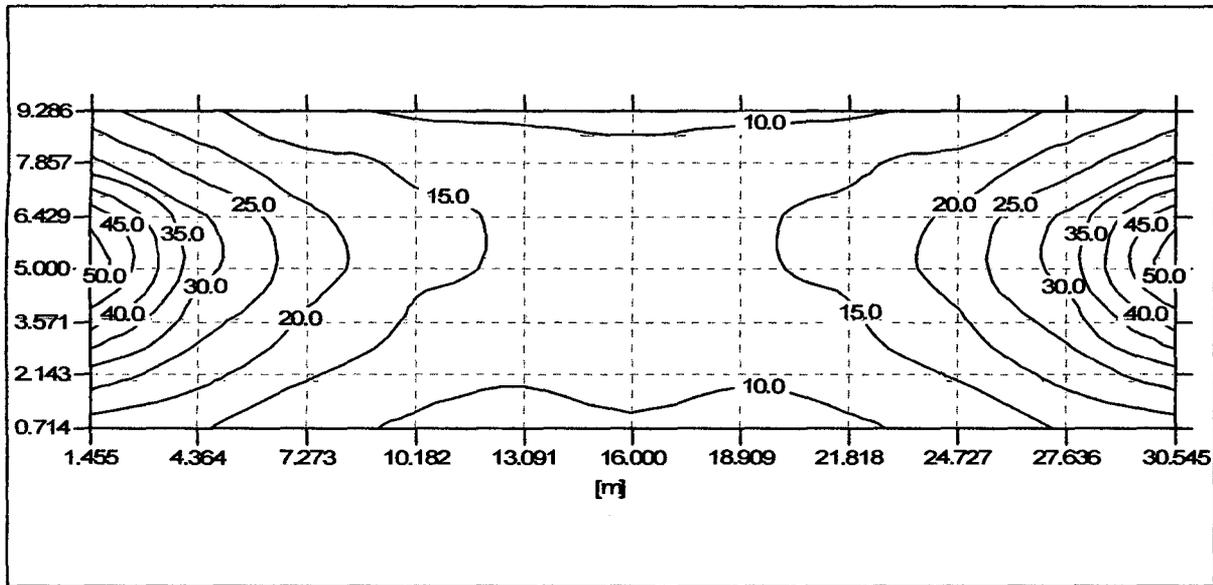


Malla principal (3) : Iluminancia [lux]

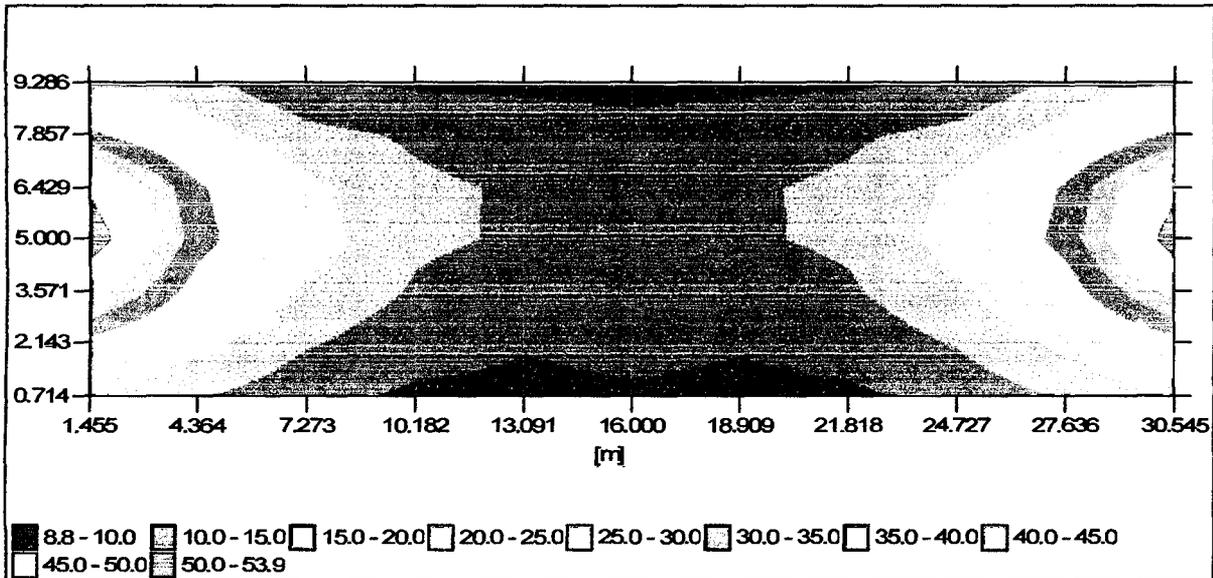
Min : 8.8 lux Med : 19.2 lux Máx : 53.9 lux Uo : 45.8 % Ug : 16.3 %

9.286	21.3	16.0	10.8	9.2	9.1	8.8	9.1	9.2	10.8	16.0	21.3
7.857	31.2	22.5	16.6	14.3	12.3	11.3	12.3	14.3	16.6	22.5	31.2
6.429	48.7	30.8	21.0	15.9	14.4	13.7	14.4	15.9	21.0	30.8	48.7
5.000	53.9	31.9	22.3	15.8	14.4	14.1	14.4	15.8	22.3	31.9	53.9
3.571	42.3	27.2	19.2	14.3	12.3	12.9	12.3	14.4	19.2	27.2	42.4
2.143	28.0	21.7	15.4	12.0	10.3	11.3	10.3	12.0	15.4	21.7	28.1
0.714	17.3	15.4	11.6	9.2	9.0	9.4	9.0	9.2	11.6	15.5	17.4
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Malla principal (3) : Iluminancia [lux]



Malla principal (3) : Iluminancia [lux]



Centro del carril 1 (4) : Uniformidades longitudinales (< -60.000; 2.500; 1.500) [cd/m²]

Min : 0.79 cd/m² Med : 1.08 cd/m² Máx : 1.41 cd/m² Uo : 73.4 % Ug : 56.1 %

2.500	1.34	1.17	0.99	0.90	0.79	0.98	0.94	0.99	1.09	1.27	1.41
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Centro del carril 2 (5) : Uniformidades longitudinales (< -60.000; 7.500; 1.500) [cd/m²]

Min : 1.86 cd/m² Med : 2.26 cd/m² Máx : 2.78 cd/m² Uo : 82.0 % Ug : 66.6 %

7.500	1.91	1.86	2.00	2.40	2.70	2.76	2.78	2.55	2.10	1.90	1.95
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

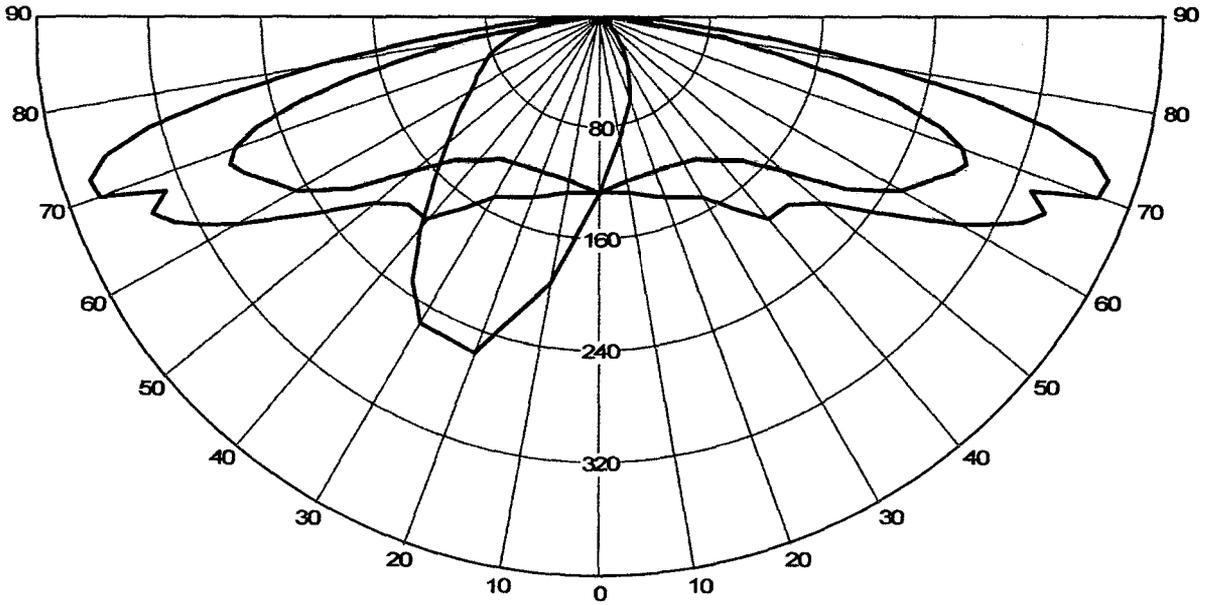
Documentos fotométricos

E61295



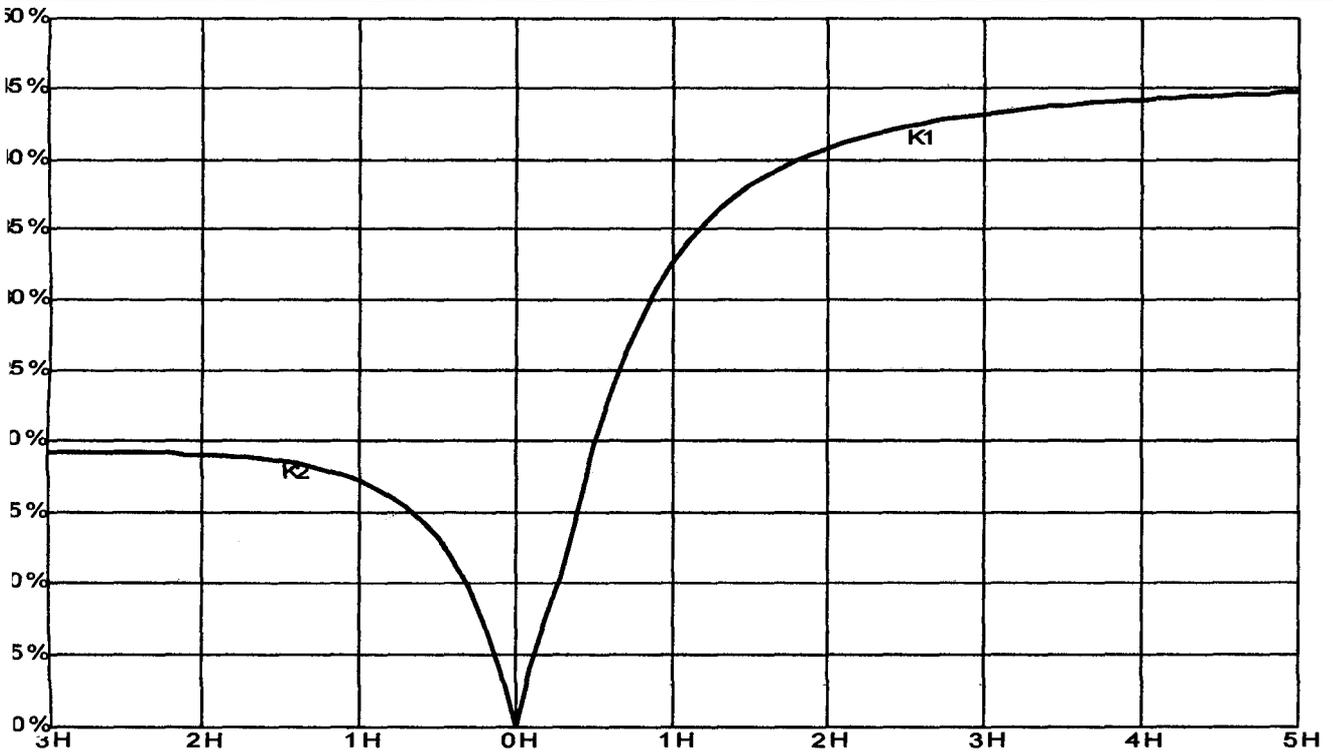
ONYX 1/BENDED GLASS/1097/SON-T/150/Etroit

Diagrama Polar / Cartesiano



Matriz	Inc	Plano	Imax	Plan	Estilo	Matriz	Inc	Plano	Imax	Plan	Estilo
E61295	15°	0°	281	68°	—————	E61295	15°	180°	281	68°	—————
E61295	15°	90°	256	20°	—————	E61295	15°	270°	126	0°	—————
E61295	15°	10°	379	72°	—————	E61295	15°	170°	379	72°	—————

Curva de utilización



Matriz	Inc	Rendimiento (0-90°)	Rendimiento (0-máx°)	Estilo
E61295	15°	66.4%	66.4%	—————



Proyecto

Fichero : ... \admin\ESCRIT~1\tesis\AVCULT~1.LPF

Formación general : Normas CEN

Detalles de la carretera

Disposición :

Número de : Ancho de carril : m Ancho de : m Mediana : m

Tabla R : Qo :

Cálculo : Luminancia Iluminancia (Z Positivo) Ilum. Hemisférica TI
 Iluminancia (Y Positivo) Ilum. Semicilíndrica

Detalles de las luminarias

Interdistancia : m Altura : m Retranqueo : m Retroceso : m

Inclinación : °

Tipo : Protector : **E61291**

Reflector : Configuración :

Fuente : Potencia : W Flujo : klm FM :

Resumen

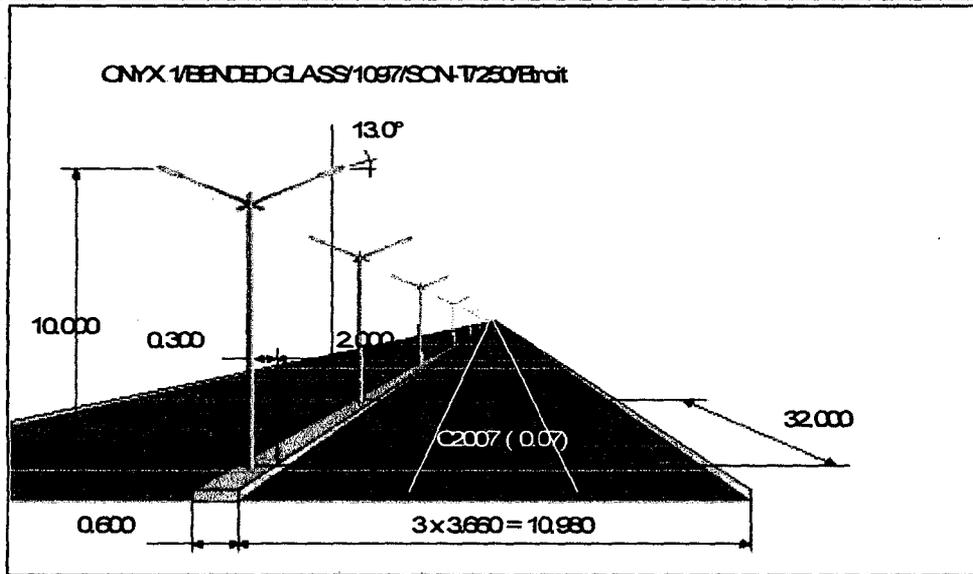
Luminancia

	1	2	3	
Obs Y	<input type="text" value="1.830"/>	<input type="text" value="5.490"/>	<input type="text" value="9.150"/>	m
Lmed	<input type="text" value="2.87"/>	<input type="text" value="2.76"/>	<input type="text" value="2.63"/>	cd/m ²
Uo	<input type="text" value="48.3"/>	<input type="text" value="48.3"/>	<input type="text" value="49.5"/>	%
UI	<input type="text" value="78.3"/>	<input type="text" value="79.5"/>	<input type="text" value="65.5"/>	%
TI	<input type="text" value="6.3"/>			%
Posición del	<input type="text" value="-23.375; 5.490; 1.500"/>			m

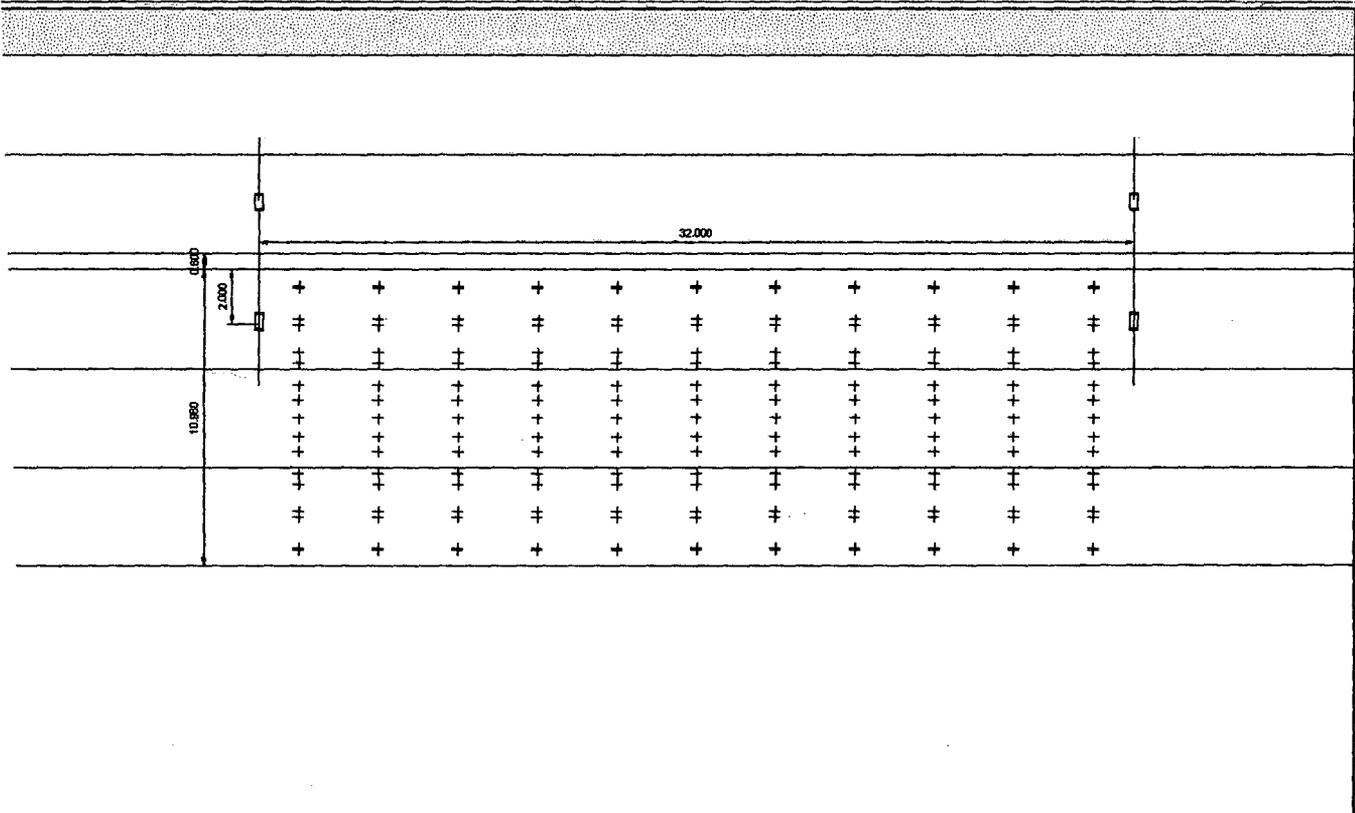
Iluminancia

E_{min} : lux
E_{med} : lux

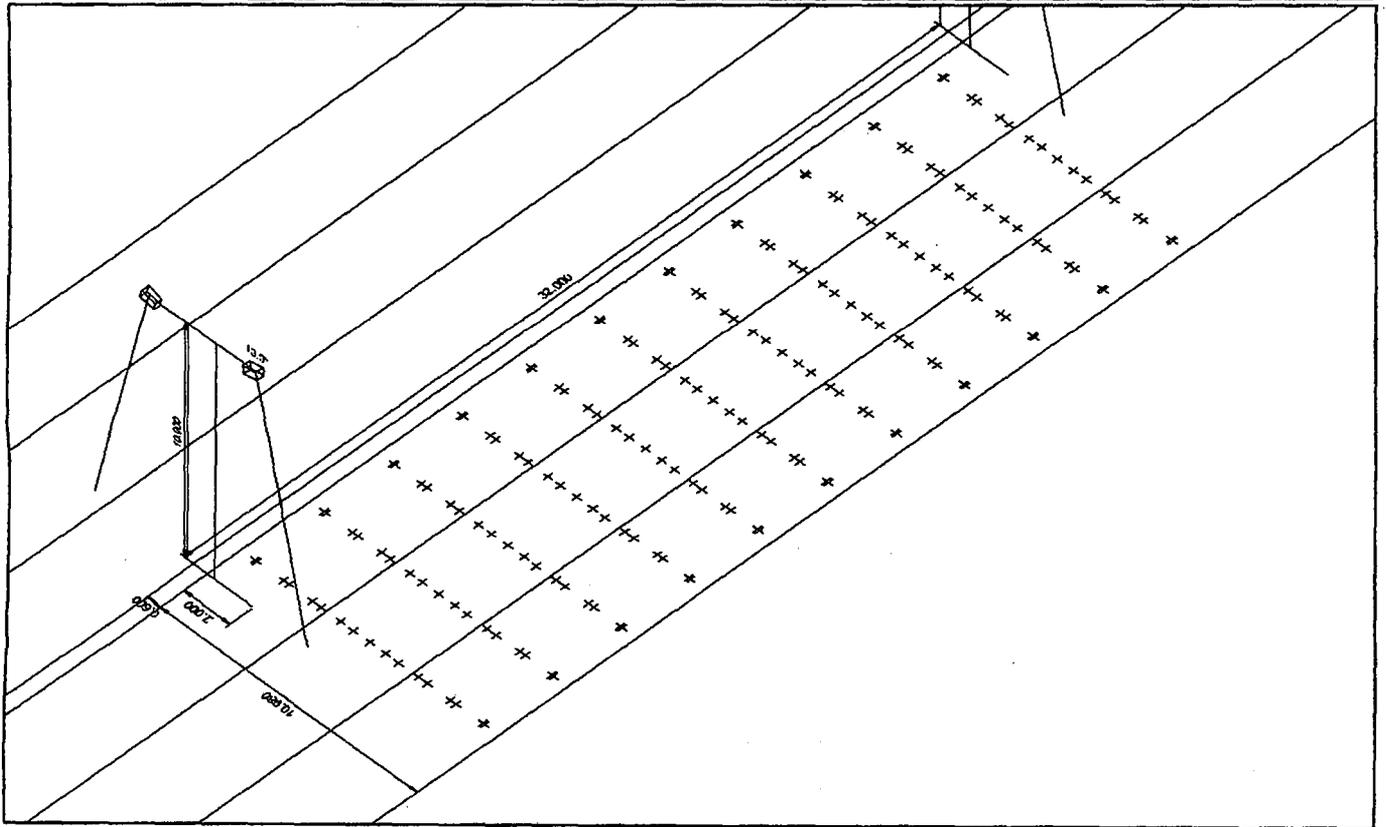
Esquema



Vista en planta



Vista en 3D



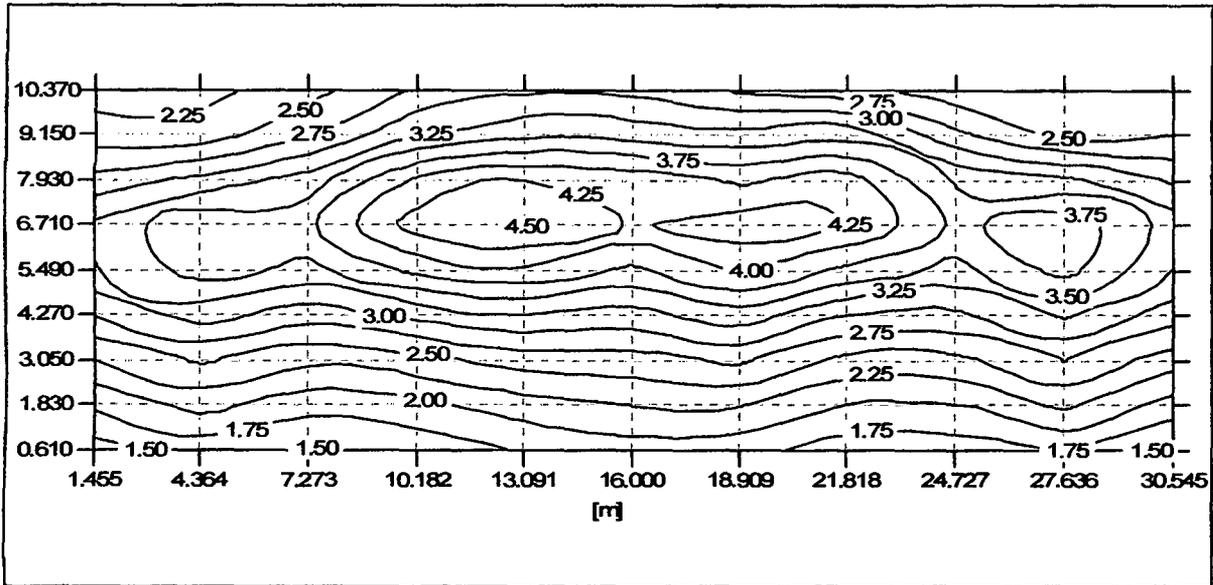
Resultados de las mallas

Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 1.830; 1.500) [cd/m²]

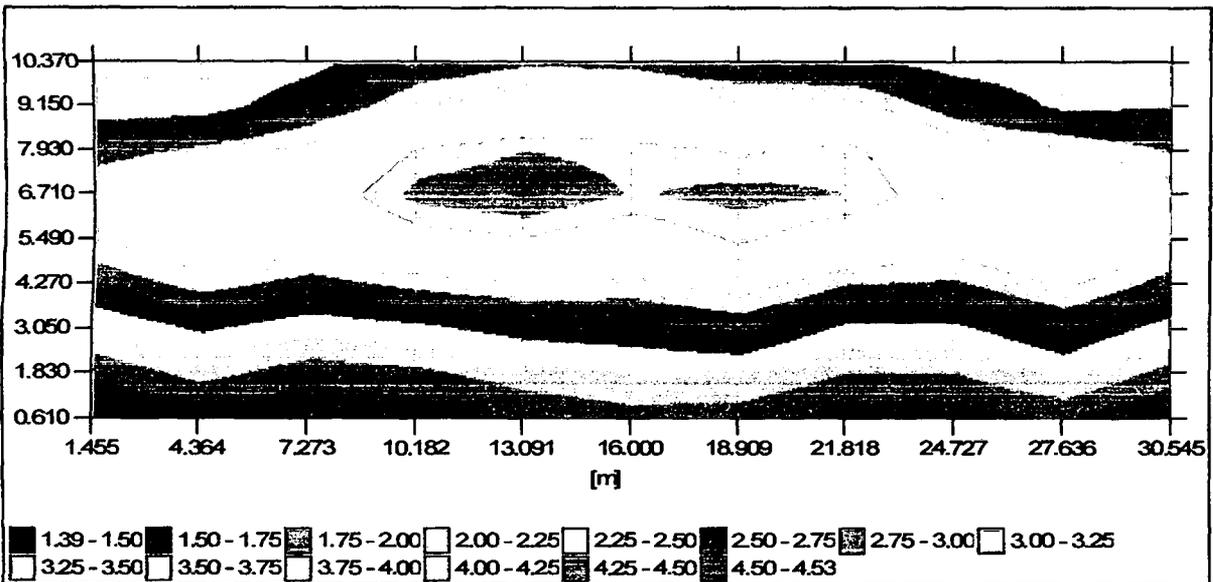
Mín : 1.39 cd/m² Med : 2.87 cd/m² Máx : 4.53 cd/m² Uo : 48.3 % Ug : 30.6 %

10.370	2.16	2.17	2.40	2.78	2.95	2.92	2.70	2.56	2.35	2.31	2.31
9.150	2.34	2.34	2.73	3.23	3.43	3.41	3.32	3.42	2.81	2.42	2.49
7.930	2.82	3.06	3.36	4.04	4.25	4.14	3.96	4.11	3.47	3.31	2.96
6.710	3.29	3.70	3.70	4.37	4.53	4.22	4.38	4.25	3.69	3.92	3.39
5.490	3.23	3.62	3.43	3.83	3.97	3.70	4.05	3.69	3.42	3.84	3.24
4.270	2.78	3.12	2.87	3.09	3.24	3.17	3.39	3.00	2.95	3.29	2.87
3.050	2.26	2.54	2.32	2.42	2.62	2.66	2.80	2.43	2.44	2.76	2.37
1.830	1.81	2.10	1.85	1.94	2.14	2.26	2.27	1.99	2.00	2.31	1.88
0.610	1.39	1.62	1.48	1.59	1.78	1.89	1.84	1.62	1.61	1.76	1.43
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 1.830; 1.500) [cd/m²]



Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 1.830; 1.500) [cd/m²]

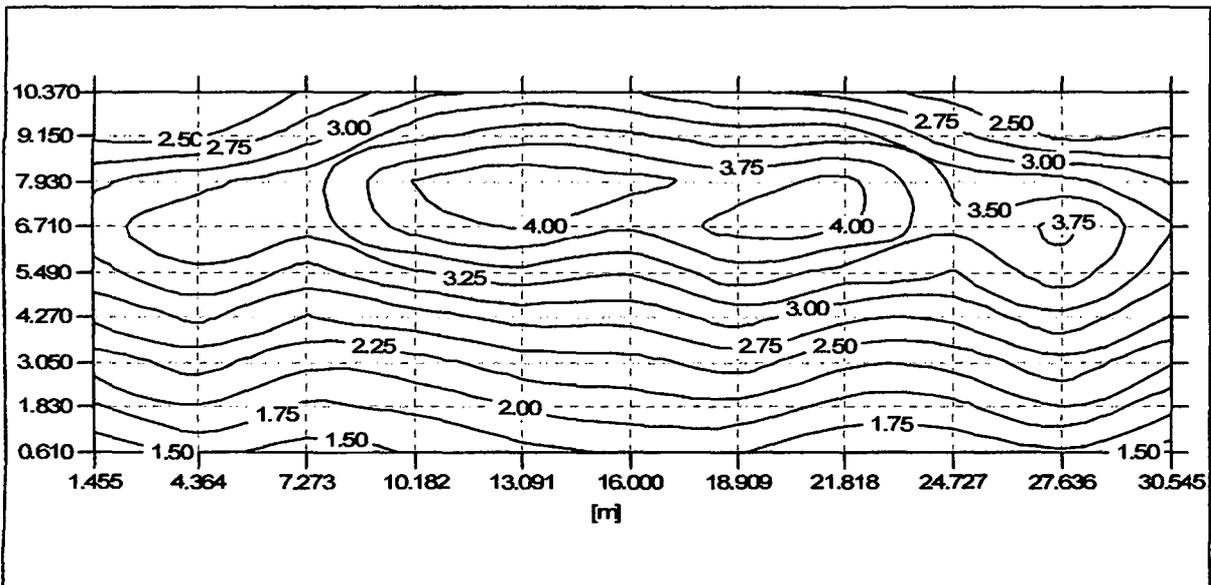


Malla principal (2) : Luminancia (< -60.000; 5.490; 1.500) [cd/m²]

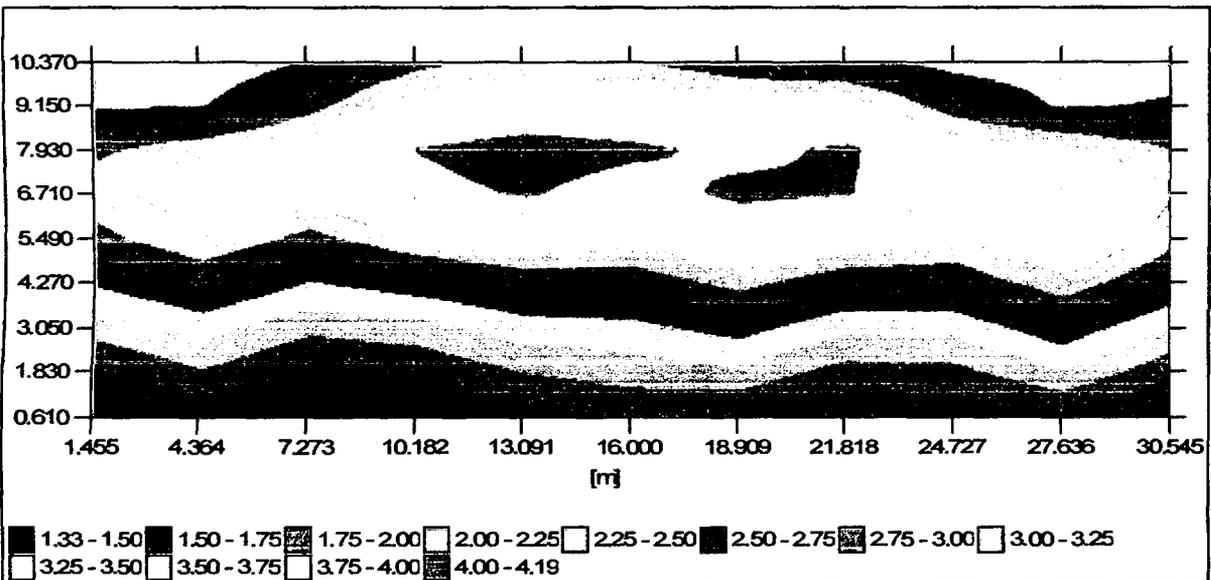
Min : 1.33 cd/m² Med : 2.76 cd/m² Máx : 4.19 cd/m² Uo : 48.3 % Ug : 31.8 %

10.370	2.25	2.28	2.52	2.89	3.07	3.00	2.78	2.61	2.37	2.33	2.34
9.150	2.45	2.48	2.90	3.44	3.65	3.54	3.38	3.42	2.82	2.44	2.54
7.930	2.94	3.17	3.40	4.02	4.19	4.08	3.89	4.07	3.46	3.33	2.98
6.710	3.15	3.45	3.36	3.87	4.04	3.81	4.10	4.02	3.56	3.80	3.28
5.490	2.92	3.22	2.92	3.24	3.42	3.29	3.67	3.41	3.24	3.68	3.09
4.270	2.55	2.81	2.49	2.65	2.84	2.85	3.11	2.81	2.82	3.18	2.74
3.050	2.13	2.35	2.07	2.17	2.39	2.43	2.61	2.32	2.34	2.68	2.28
1.830	1.72	1.99	1.71	1.80	2.02	2.14	2.17	1.91	1.93	2.25	1.82
0.610	1.33	1.56	1.42	1.51	1.68	1.78	1.76	1.56	1.57	1.71	1.39
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Malla principal (2) : Luminancia (< -60.000; 5.490; 1.500) [cd/m²]



Malla principal (2) : Luminancia (< -60.000; 5.490; 1.500) [cd/m²]

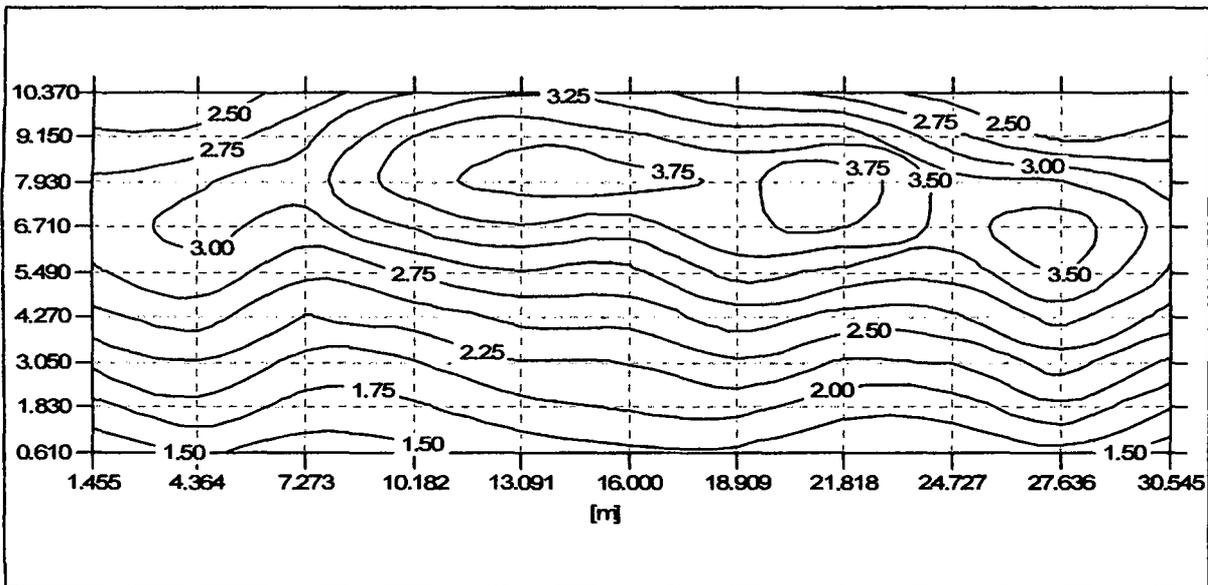


Malla principal (3) : Luminancia (<- -60.000; 9.150; 1.500) [cd/m²]

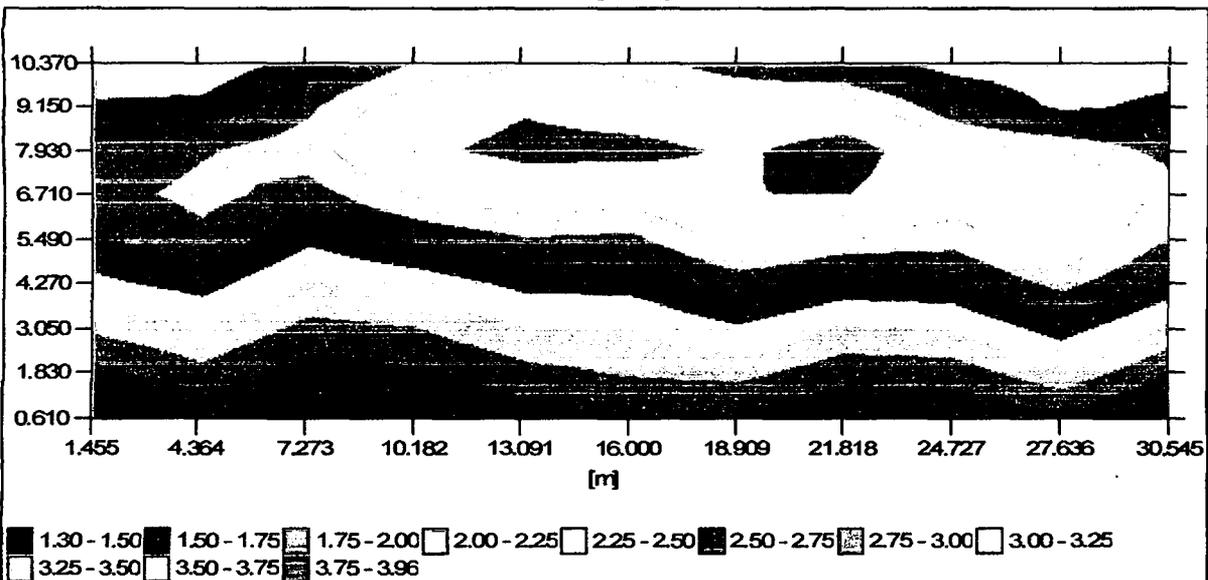
Min : cd/m² Med : cd/m² Máx : cd/m² Uo : % Ug : %

10.370	2.31	2.32	2.59	2.99	3.21	3.10	2.80	2.62	2.37	2.33	2.36
9.150	2.54	2.56	2.95	3.50	3.71	3.53	3.38	3.40	2.81	2.43	2.58
7.930	2.79	2.97	3.14	3.67	3.86	3.88	3.69	3.96	3.35	3.25	2.89
6.710	2.90	3.08	2.90	3.28	3.48	3.38	3.75	3.76	3.41	3.67	3.14
5.490	2.72	2.93	2.56	2.79	2.99	2.94	3.35	3.18	3.10	3.54	2.98
4.270	2.44	2.61	2.24	2.36	2.57	2.59	2.88	2.66	2.71	3.10	2.66
3.050	2.06	2.25	1.93	2.00	2.25	2.26	2.47	2.22	2.27	2.62	2.21
1.830	1.68	1.93	1.65	1.71	1.92	2.04	2.09	1.84	1.87	2.20	1.77
0.610	1.30	1.54	1.39	1.46	1.60	1.69	1.70	1.52	1.53	1.68	1.36
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Malla principal (3) : Luminancia (<- -60.000; 9.150; 1.500) [cd/m²]



Malla principal (3) : Luminancia (<- -60.000; 9.150; 1.500) [cd/m²]

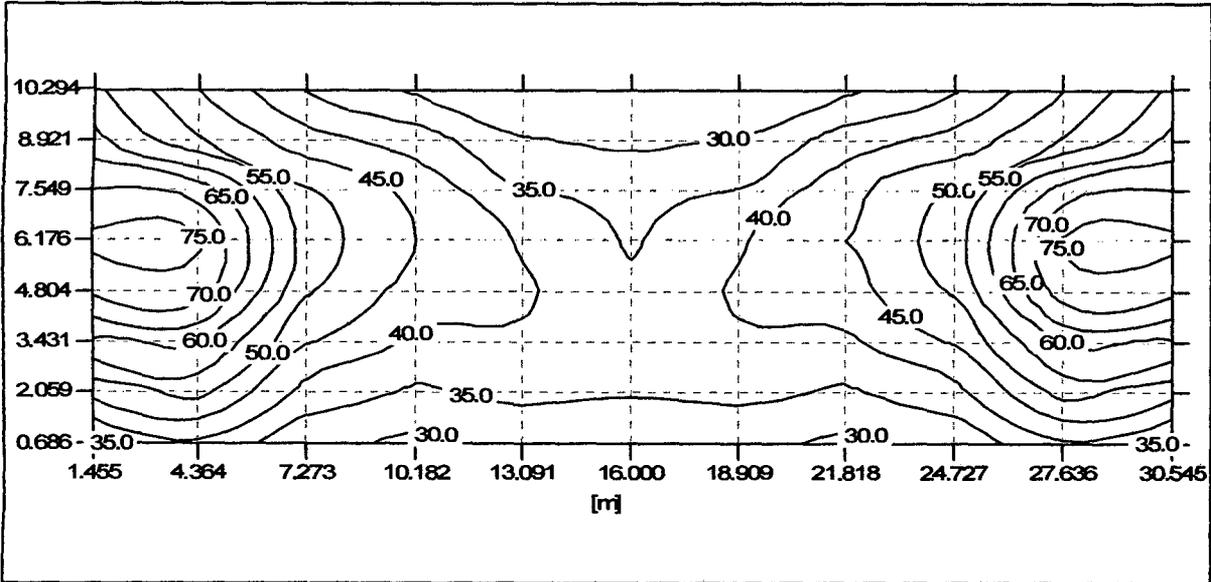


Malla principal (4) : Iluminancia [lux]

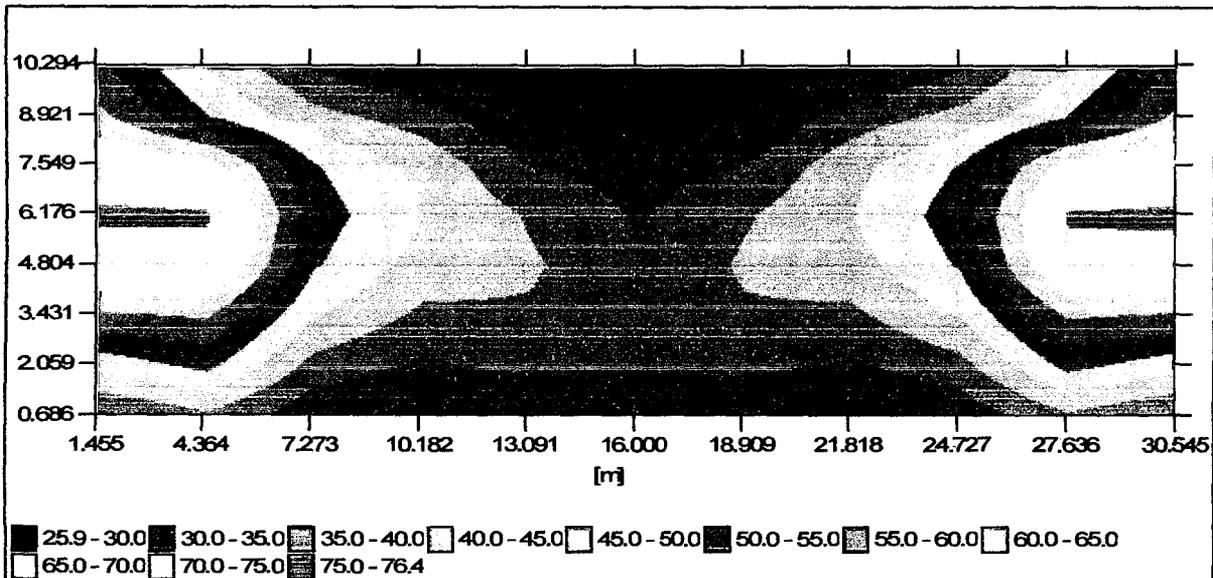
Min : **25.9** lux Med : **45.3** lux Máx : **76.4** lux Uo : **57.2** % Ug : **33.9** %

10.294	55.9	44.8	34.4	28.9	26.3	25.9	26.3	28.9	34.5	44.8	56.0
8.921	61.3	50.3	41.8	37.4	30.2	29.1	30.2	37.4	41.8	50.3	61.3
7.549	69.9	67.6	50.4	43.6	35.2	33.2	35.2	43.6	50.4	67.6	69.9
6.176	76.4	75.8	52.5	45.0	39.5	34.5	39.5	45.0	52.5	75.8	76.4
4.804	71.2	72.7	50.5	43.0	40.7	35.8	40.7	43.0	50.5	72.8	71.2
3.431	59.4	60.8	45.5	39.0	39.4	36.2	39.4	39.0	45.5	60.8	59.4
2.059	47.0	51.7	38.2	34.3	36.3	35.3	36.3	34.3	38.2	51.7	47.0
0.686	34.2	39.4	31.5	29.0	31.4	31.9	31.4	29.0	31.5	39.4	34.2
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Malla principal (4) : Iluminancia [lux]



Malla principal (4) : Iluminancia [lux]



Centro del carril 1 (5) : Uniformidades longitudinales (<- -60.000; 1.830; 1.500) [cd/m²]

Min : 1.81 cd/m² Med : 2.05 cd/m² Máx : 2.31 cd/m² Uo : 88.2 % Ug : 78.3 %

1.830	1.81	2.10	1.85	1.94	2.14	2.26	2.27	1.99	2.00	2.31	1.88
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Centro del carril 2 (6) : Uniformidades longitudinales (<- -60.000; 5.490; 1.500) [cd/m²]

Min : 2.92 cd/m² Med : 3.28 cd/m² Máx : 3.68 cd/m² Uo : 89.1 % Ug : 79.5 %

5.490	2.92	3.22	2.92	3.24	3.42	3.29	3.67	3.41	3.24	3.68	3.09
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

Centro del carril 3 (7) : Uniformidades longitudinales (<- -60.000; 9.150; 1.500) [cd/m²]

Min : 2.43 cd/m² Med : 3.04 cd/m² Máx : 3.71 cd/m² Uo : 80.1 % Ug : 65.5 %

9.150	2.54	2.56	2.95	3.50	3.71	3.53	3.38	3.40	2.81	2.43	2.58
Y/X	1.455	4.364	7.273	10.182	13.091	16.000	18.909	21.818	24.727	27.636	30.545

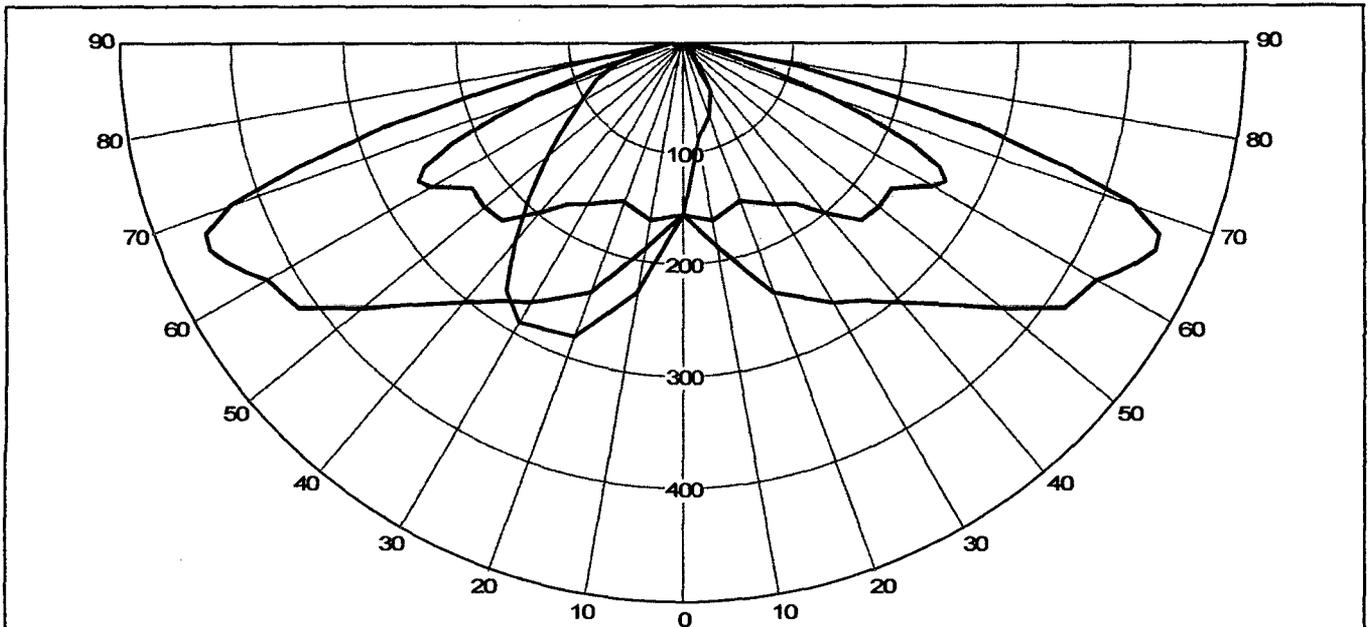
Documentos fotométricos

E61291



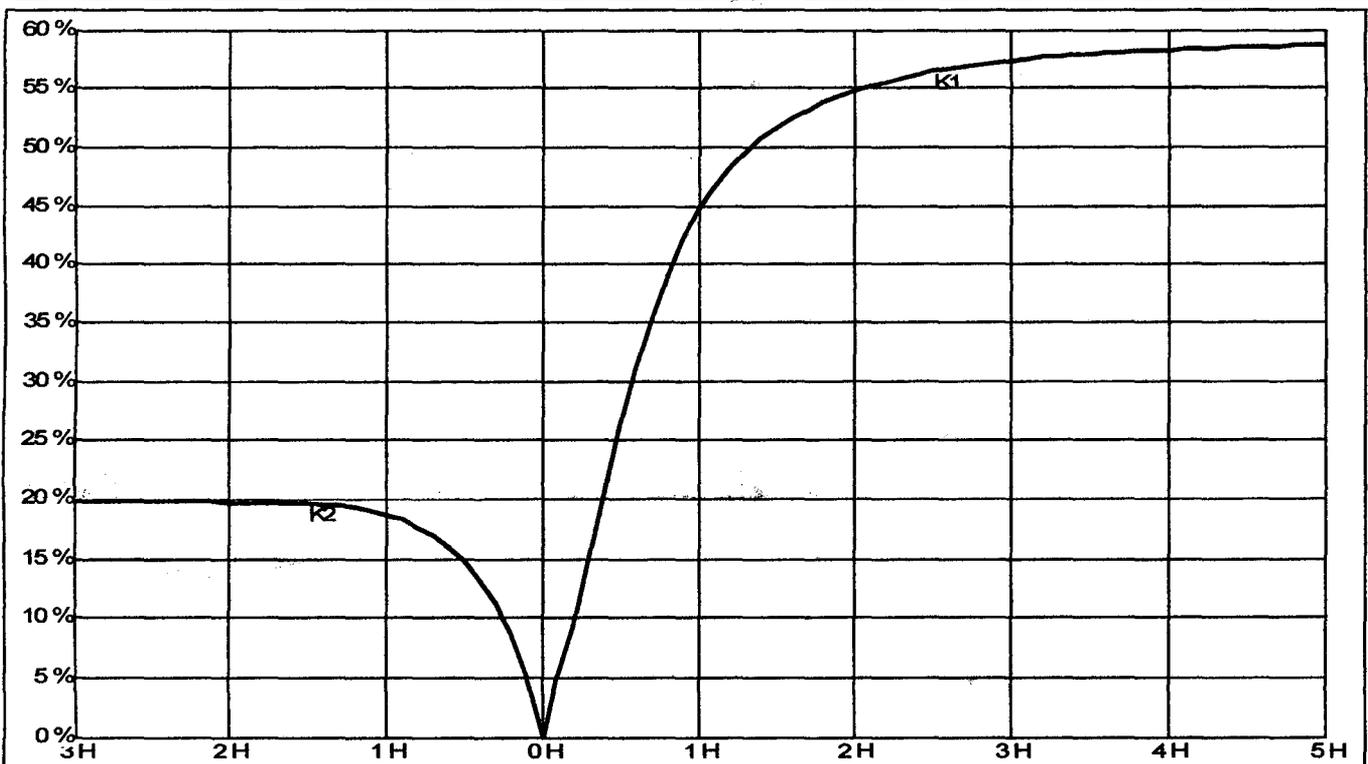
ONYX 1/BENDEE GLASS/1097/SON-T/250/Etroit

Diagrama Polar / Cartesiano



Matriz	Inc	Plano	Imax	Plan	Estilo	Matriz	Inc	Plano	Imax	Plan	Estilo
E61291	13°	0°	265	62°	=====	E61291	13°	180°	265	62°	=====
E61291	13°	90°	289	30°	=====	E61291	13°	270°	154	0°	=====
E61291	13°	160°	459	66°	=====	E61291	13°	20°	459	66°	=====

Curva de utilización



Matriz	Inc	Rendimiento (0-90°)	Rendimiento (0-máx°)	Estilo
E61291	13°	76.9%	76.9%	=====



Proyecto

Fichero : ... \admin\ESCRIT~1\tesis\AVGARC~1.LPF

Información general : Normas CEN

Detalles de la carretera

Disposición :	Conducción :	Sentido :	
Número de <input type="text" value="2"/>	Ancho de carril : <input type="text" value="3.300"/> m	Ancho de <input type="text" value="6.600"/> m	Mediana : <input type="text" value="1.000"/> m
Tabla R : <input type="text" value="C2007"/>	Qo : <input type="text" value="0.070"/>		
Cálculo : <input checked="" type="checkbox"/> Luminancia	<input checked="" type="checkbox"/> Iluminancia (Z Positivo)	<input type="checkbox"/> Ilum. Hemisférica	<input checked="" type="checkbox"/> TI
	<input type="checkbox"/> Iluminancia (Y Positivo)	<input type="checkbox"/> Ilum. Semicilíndrica	

Detalles de las luminarias

Interdistancia : <input type="text" value="25.000"/> m	Altura : <input type="text" value="7.500"/> m	Retranqueo : <input type="text" value="2.000"/> m	Retroceso : <input type="text" value="0.600"/> m
Inclinación : <input type="text" value="15.0"/> °			
Tipo : <input type="text" value="ONYX 1"/>	Protector : <input type="text" value="BENDED GLASS"/>		
Reflector : <input type="text" value="1097"/>	Configuración : <input type="text" value="Etroit"/>	E61291	
Fuente : <input type="text" value="SON-T"/>	Potencia : <input type="text" value="250"/> W	Flujo : <input type="text" value="32.0"/> klm	FM : <input type="text" value="0.90"/>

Resumen

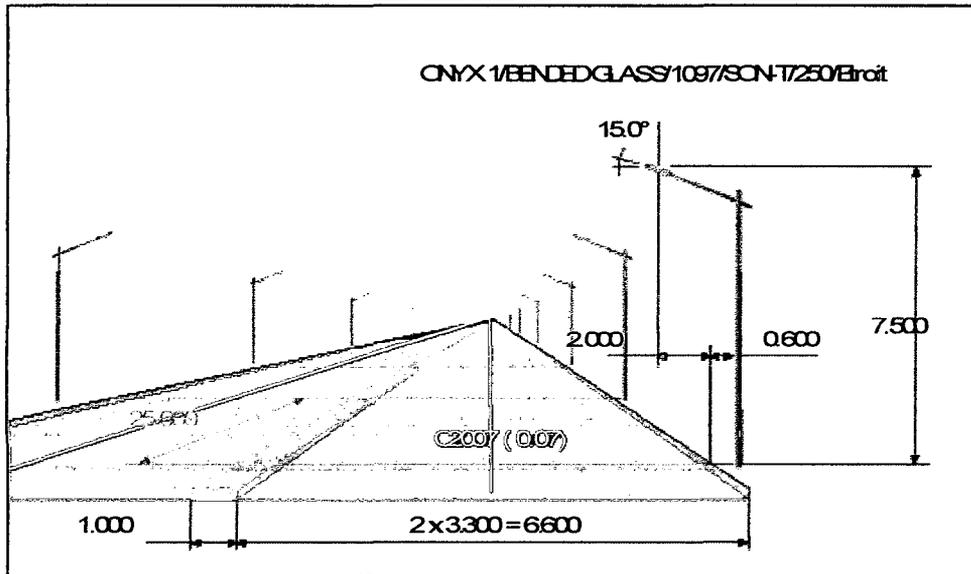
• Luminancia

	1	2
Obs Y	<input type="text" value="1.650"/>	<input type="text" value="4.950"/> m
Lmed :	<input type="text" value="5.69"/>	<input type="text" value="5.76"/> cd/m ²
Uo :	<input type="text" value="48.6"/>	<input type="text" value="43.9"/> %
UI :	<input type="text" value="63.3"/>	<input type="text" value="84.1"/> %
TI :	<input type="text" value="11.4"/> %	
Posición del	<input type="text" value="-16.500; 4.950; 1.500"/> m	

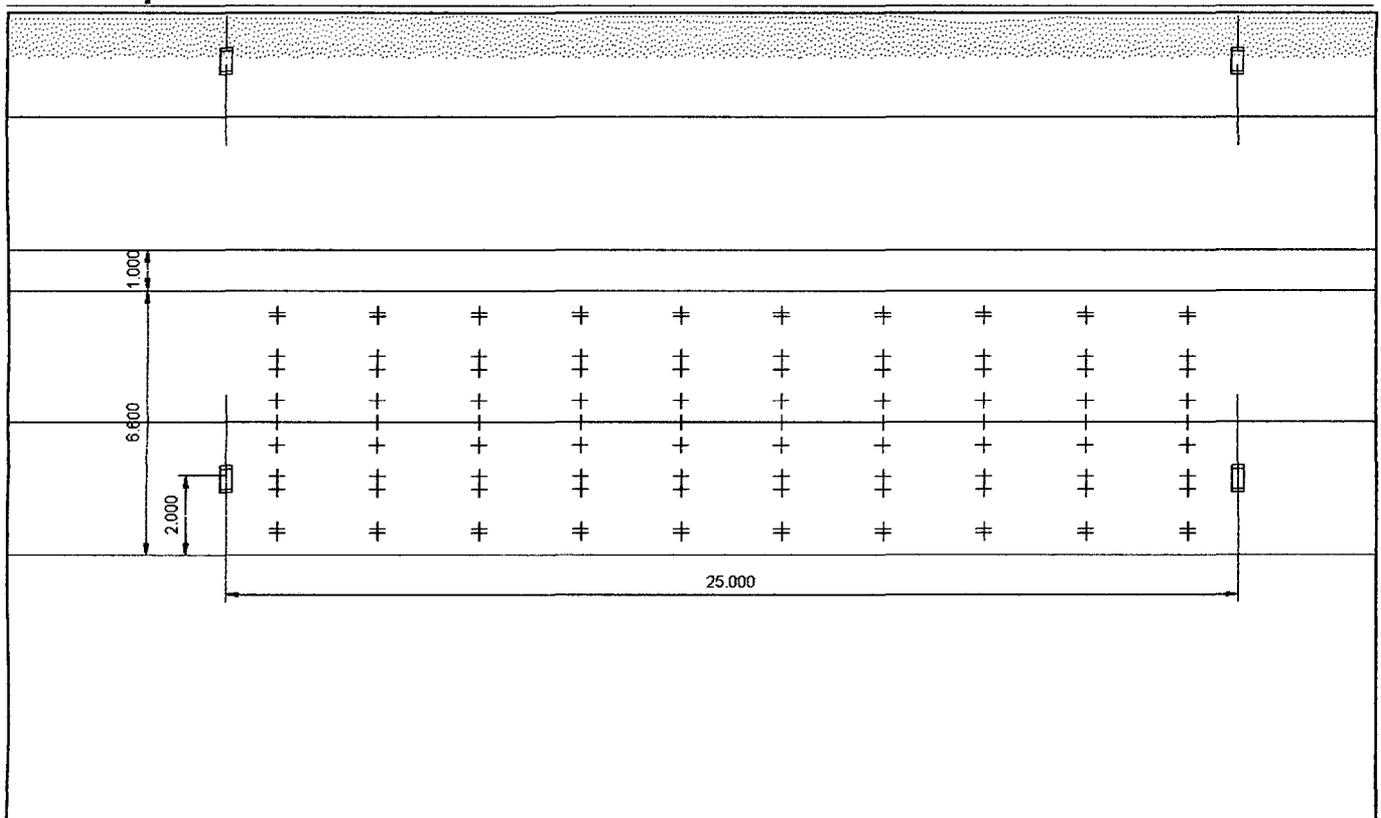
• Iluminancia

Emín : lux
Emed : lux

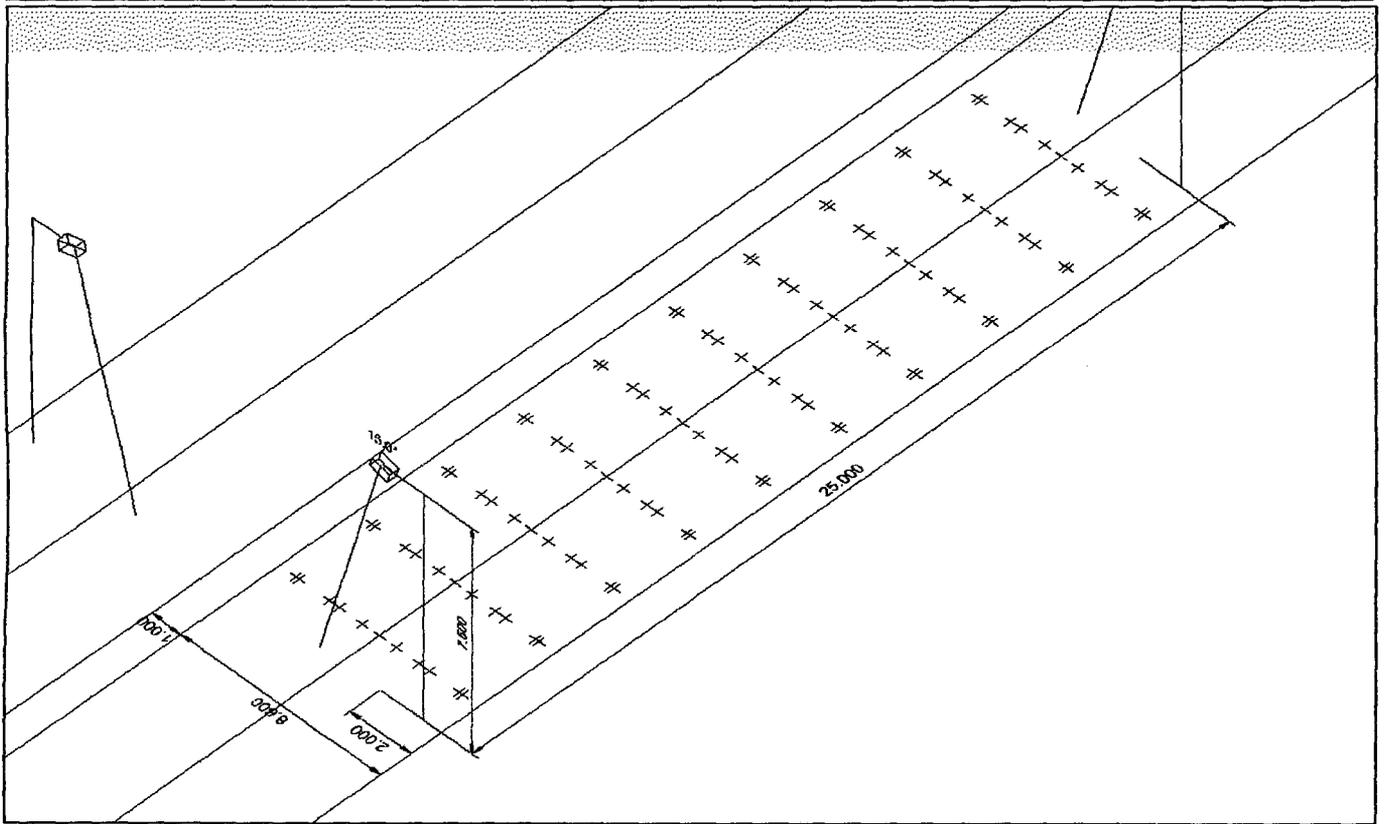
Esquema



Vista en planta



Vista en 3D



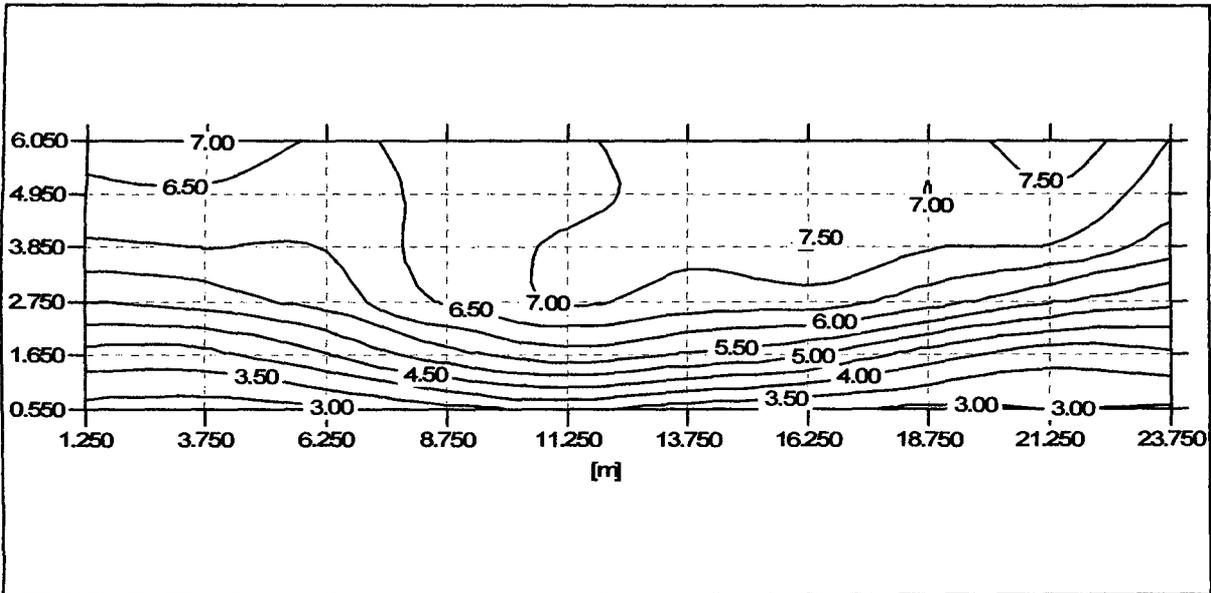
Resultados de las mallas

Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 1.650; 1.500) [cd/m²]

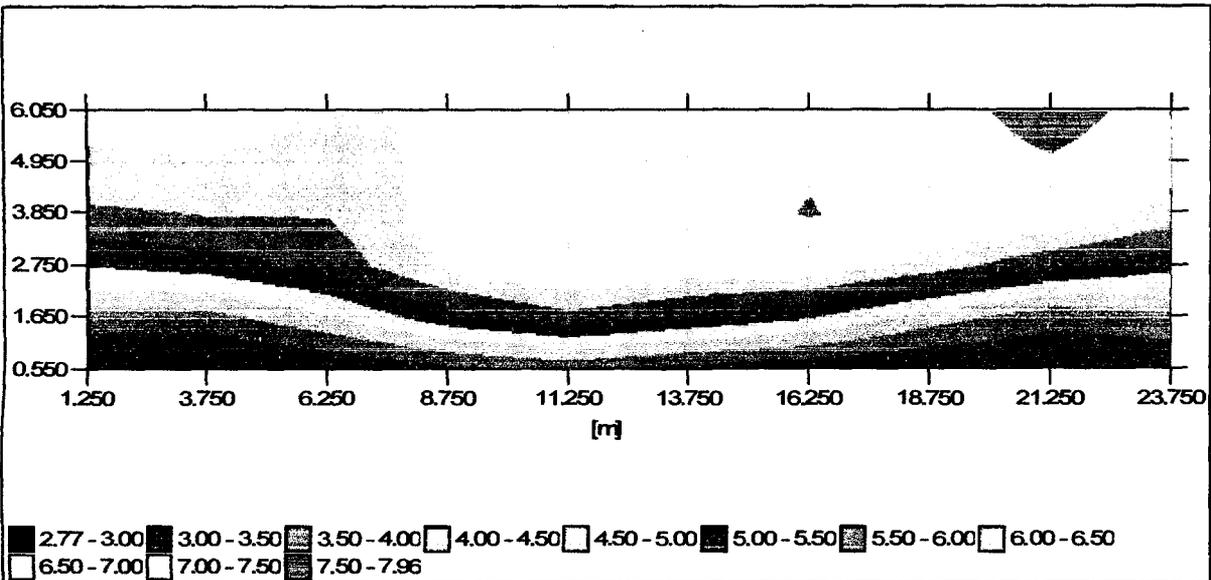
Min : 2.77 cd/m² Med : 5.69 cd/m² Máx : 7.96 cd/m² Uo : 48.6 % Ug : 34.8 %

6.050	6.68	7.04	6.36	6.67	6.89	7.31	7.15	7.04	7.96	7.01
4.950	6.40	6.38	6.15	6.69	6.86	7.19	7.42	6.99	7.40	6.78
3.850	5.90	6.01	6.02	6.76	7.08	7.14	7.55	7.04	6.98	6.24
2.750	5.01	5.21	5.69	6.58	7.11	6.80	6.79	6.27	5.57	5.15
1.650	3.81	3.81	4.44	5.32	5.82	5.44	5.05	4.25	3.68	3.89
0.550	2.81	2.77	2.94	3.35	3.64	3.30	3.12	2.91	3.01	2.96
Y/X	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 1.650; 1.500) [cd/m²]



Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 1.650; 1.500) [cd/m²]

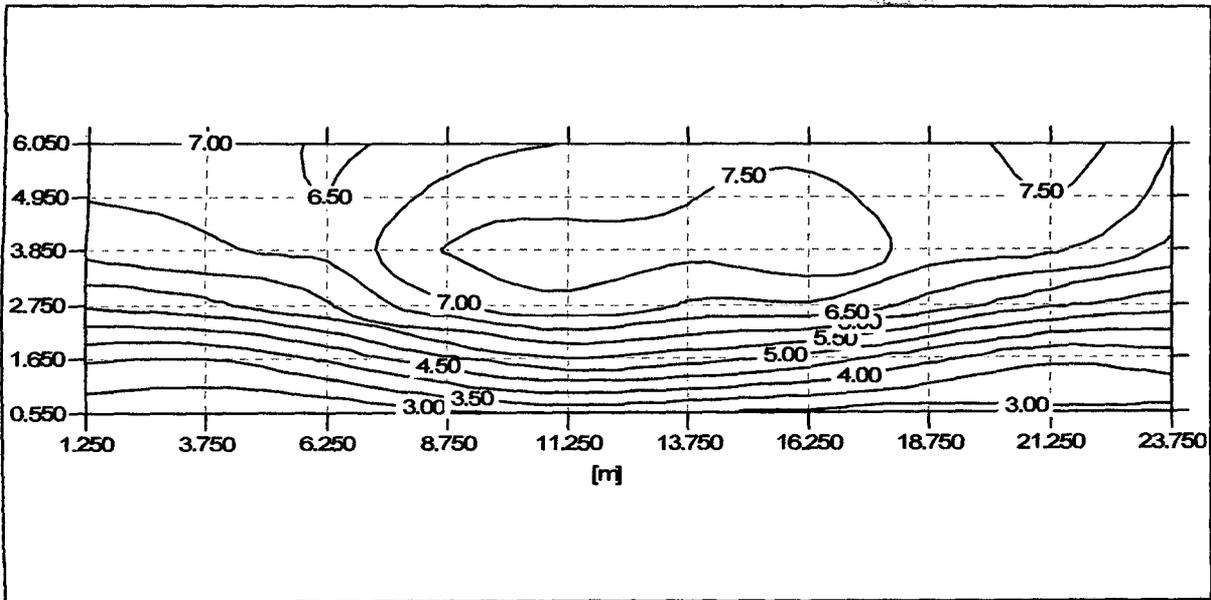


Malla principal (2) : Luminancia (<- -60.000; 4.950; 1.500) [cd/m²]

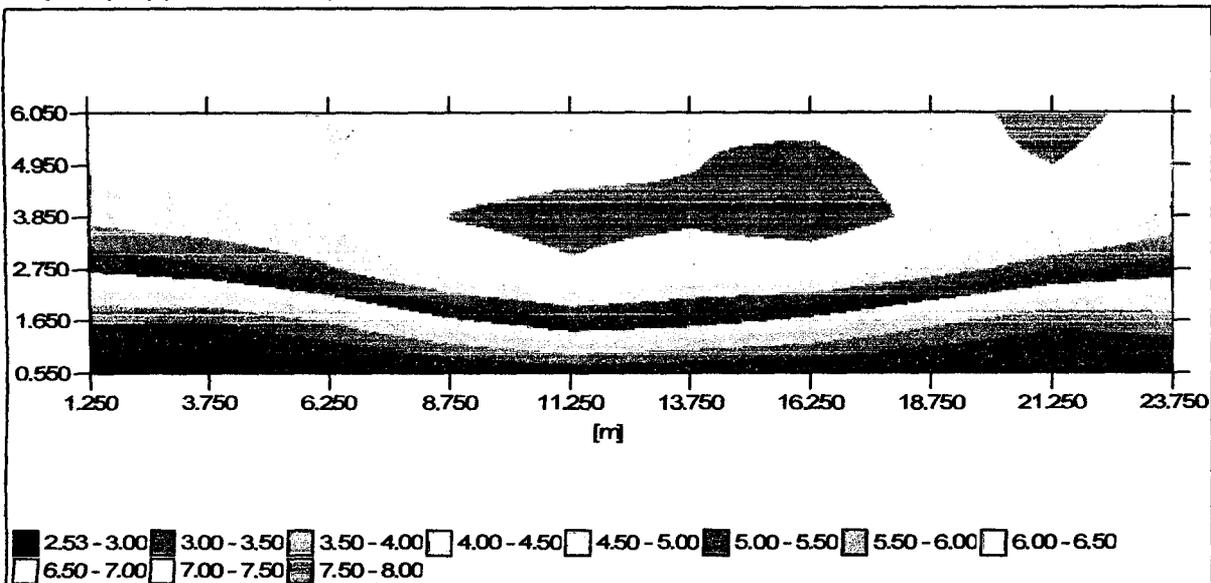
Min : cd/m² Med : cd/m² Máx : cd/m² Uo : % Ug : %

6.050	6.61	7.01	6.37	6.72	7.02	7.45	7.25	7.06	7.92	7.01
4.950	6.53	6.62	6.49	7.17	7.28	7.48	7.72	7.15	7.50	6.86
3.850	6.15	6.43	6.63	7.54	7.79	7.65	8.00	7.28	7.10	6.39
2.750	5.10	5.37	5.94	6.94	7.41	6.97	6.97	6.35	5.62	5.24
1.650	3.56	3.50	4.08	4.90	5.47	5.26	4.85	4.17	3.60	3.79
0.550	2.66	2.53	2.58	2.91	3.21	3.04	2.93	2.80	2.94	2.88
Y/X	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Malla principal (2) : Luminancia (<- -60.000; 4.950; 1.500) [cd/m²]



Malla principal (2) : Luminancia (<- -60.000; 4.950; 1.500) [cd/m²]

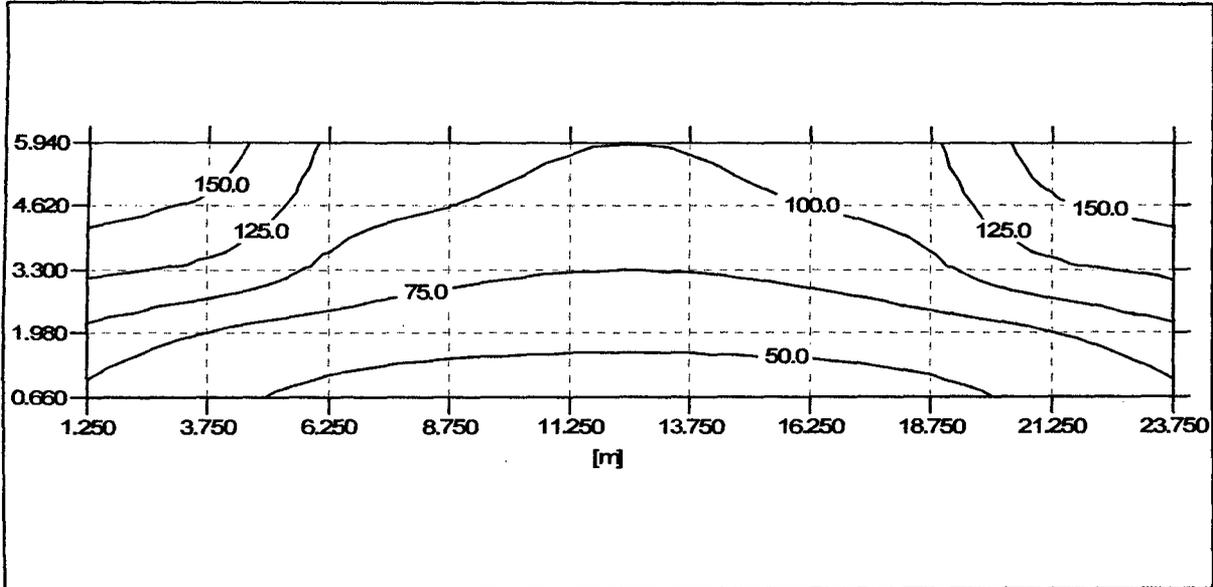


Malla principal (3) : Iluminancia [lux]

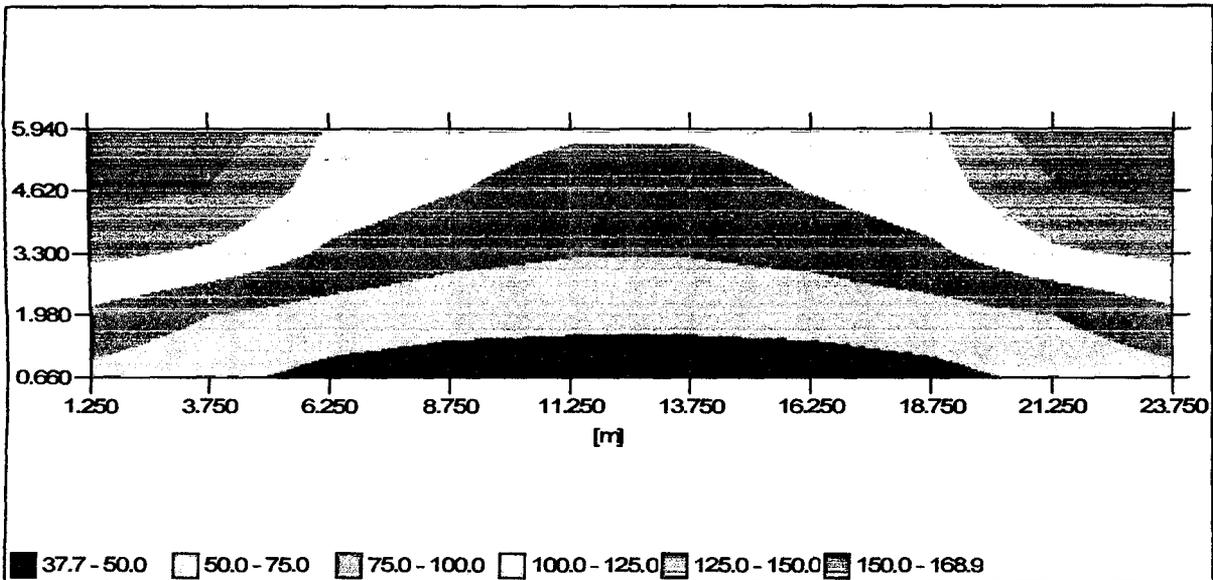
Min : lux Med : lux Máx : lux Uo : % Ug : %

5.940	168.9	165.0	121.9	107.5	102.2	102.2	107.5	121.9	165.1	168.9
4.620	160.7	147.1	113.4	100.6	91.7	91.7	100.6	113.4	147.1	160.7
3.300	131.3	120.8	95.2	82.3	76.4	76.4	82.3	95.2	120.9	131.3
1.980	94.0	74.9	64.3	58.5	56.0	56.0	58.5	64.3	75.0	94.1
0.660	67.7	56.1	43.1	38.2	37.7	37.7	38.2	43.1	56.1	67.7
Y/X	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Malla principal (3) : Iluminancia [lux]



Malla principal (3) : Iluminancia [lux]



Centro del carril 1 (4) : Uniformidades longitudinales (<- -60.000; 1.650; 1.500) [cd/m²]

Min : 3.68 cd/m² Med : 4.55 cd/m² Máx : 5.82 cd/m² Uo : 80.9 % Ug : 63.3 %

1.650	3.81	3.81	4.44	5.32	5.82	5.44	5.05	4.25	3.68	3.89
Y/X	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Centro del carril 2 (5) : Uniformidades longitudinales (<- -60.000; 4.950; 1.500) [cd/m²]

Min : 6.49 cd/m² Med : 7.08 cd/m² Máx : 7.72 cd/m² Uo : 91.7 % Ug : 84.1 %

4.950	6.53	6.62	6.49	7.17	7.28	7.48	7.72	7.15	7.50	6.86
Y/X	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

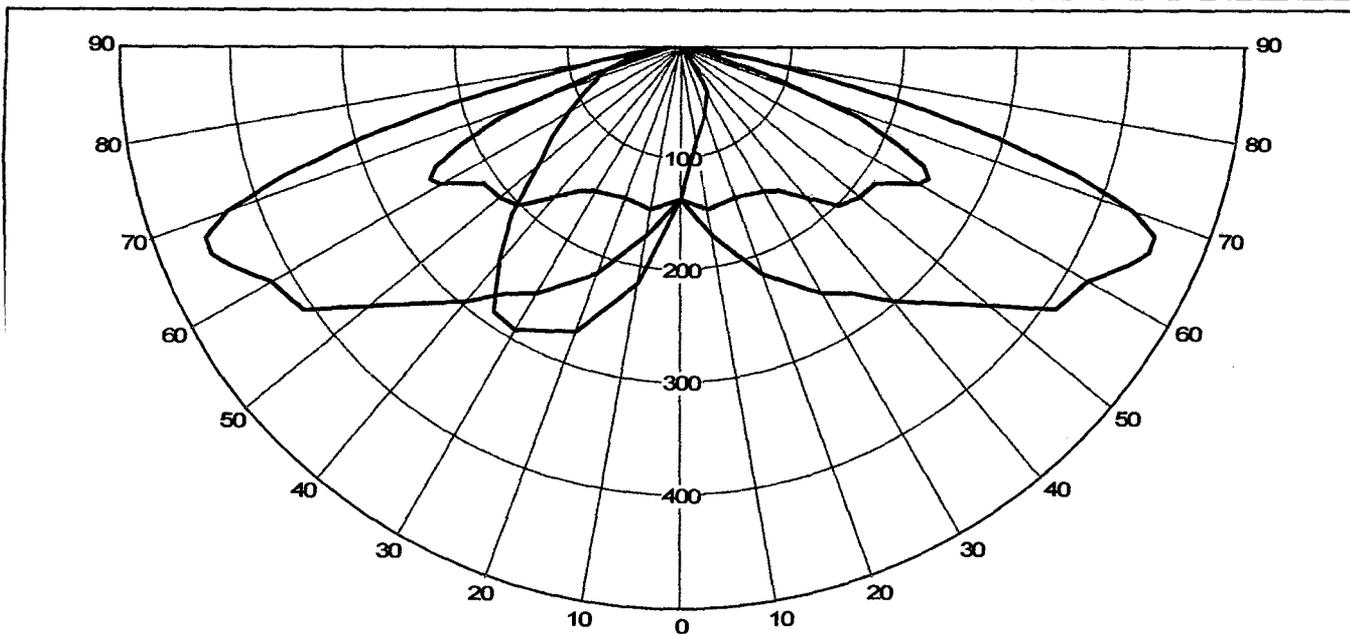
Documentos fotométricos

E61291



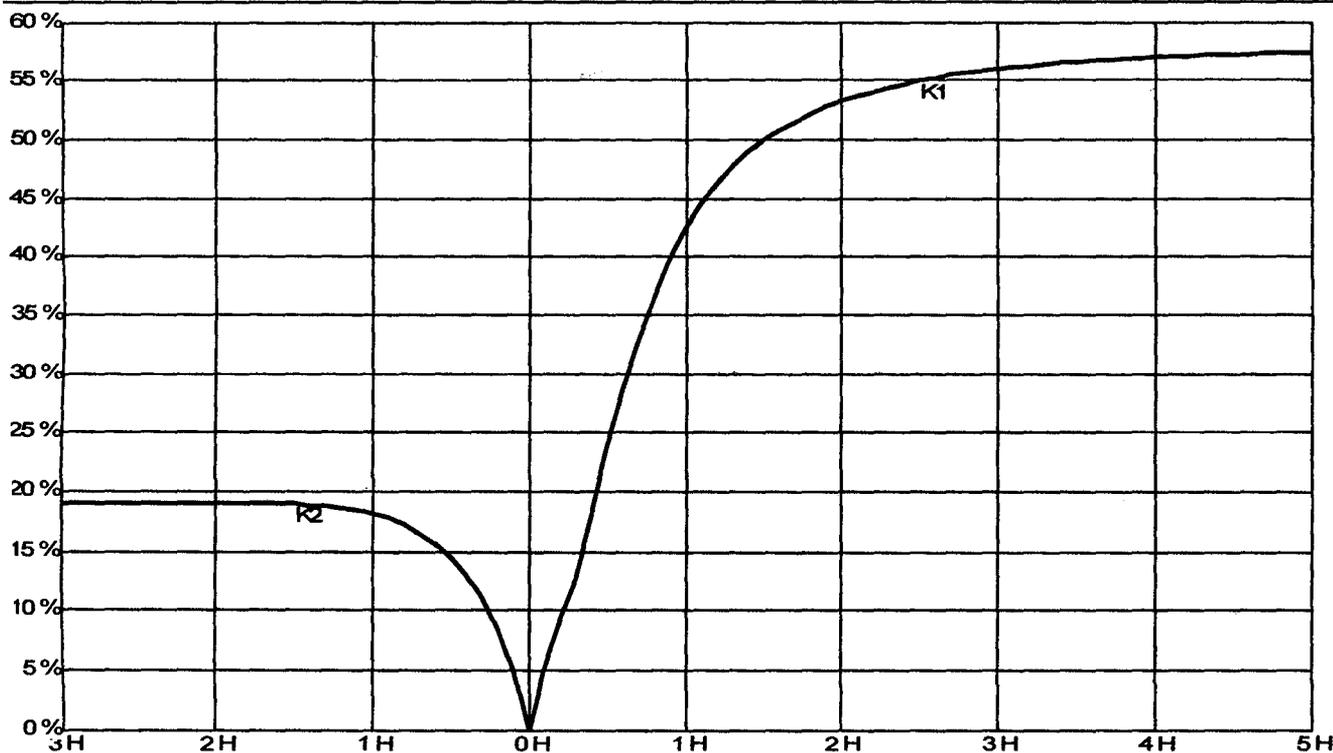
ONYX 1/BENDEE GLASS/1097/SON-T/250/Etroit

Diagrama Polar / Cartesiano



Matriz	Inc	Plano	I _{max}	Plan	Estilo	Matriz	Inc	Plano	I _{max}	Plan	Estilo
E61291	15°	0°	251	62°	—————	E61291	15°	180°	251	62°	—————
E61291	15°	90°	291	30°	—————	E61291	15°	270°	136	0°	—————
E61291	15°	160°	454	66°	—————	E61291	15°	20°	454	66°	—————

Curva de utilización



Matriz	Inc	Rendimiento (0-90°)	Rendimiento (0-máx°)	Estilo
E61291	15°	76.8%	76.8%	—————



Proyecto

Fichero : ... \admin\ESCRIT~1\tesis\CALLEL~1.LPF

Información general : Normas CEN

Detalles de la carretera

Disposición :  Conducción :  Sentido : 
Número de Ancho de carril : m Ancho de m
Tabla R : Qo :
Cálculo : Luminancia Iluminancia (Z Positivo) Ilum. Hemisférica TI
 Iluminancia (Y Positivo) Ilum. Semicilíndrica

Detalles de las luminarias

Interdistancia : m Altura : m Retranqueo : m Retroceso : m
Inclinación : °
Tipo : Protector : **992961**
Reflector : Configuración :
Fuente : Potencia : W Flujo : klm FM : 

Resumen

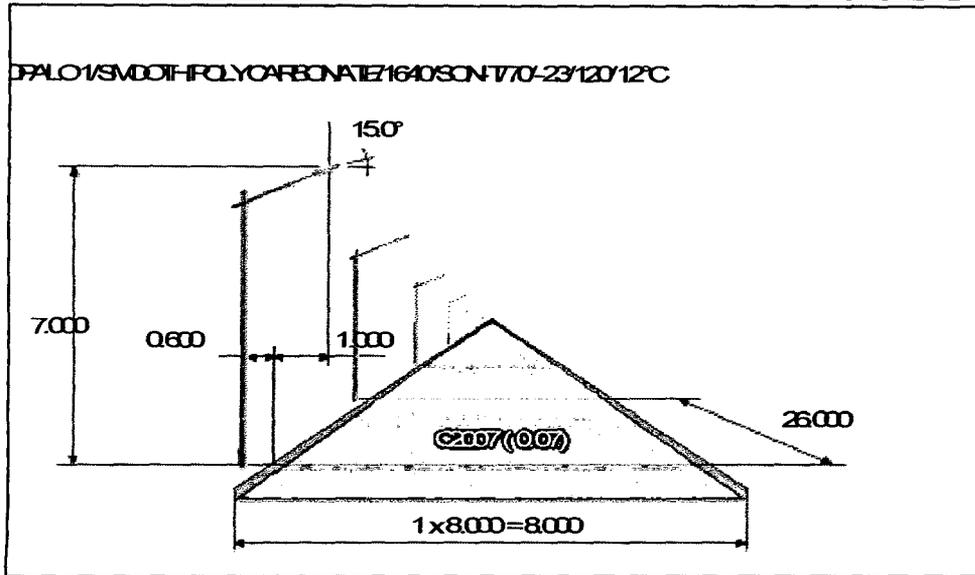
• Luminancia

1
Obs Y : m
Lmed : cd/m²
Uo : %
Ul : %
TI : % Posición del m

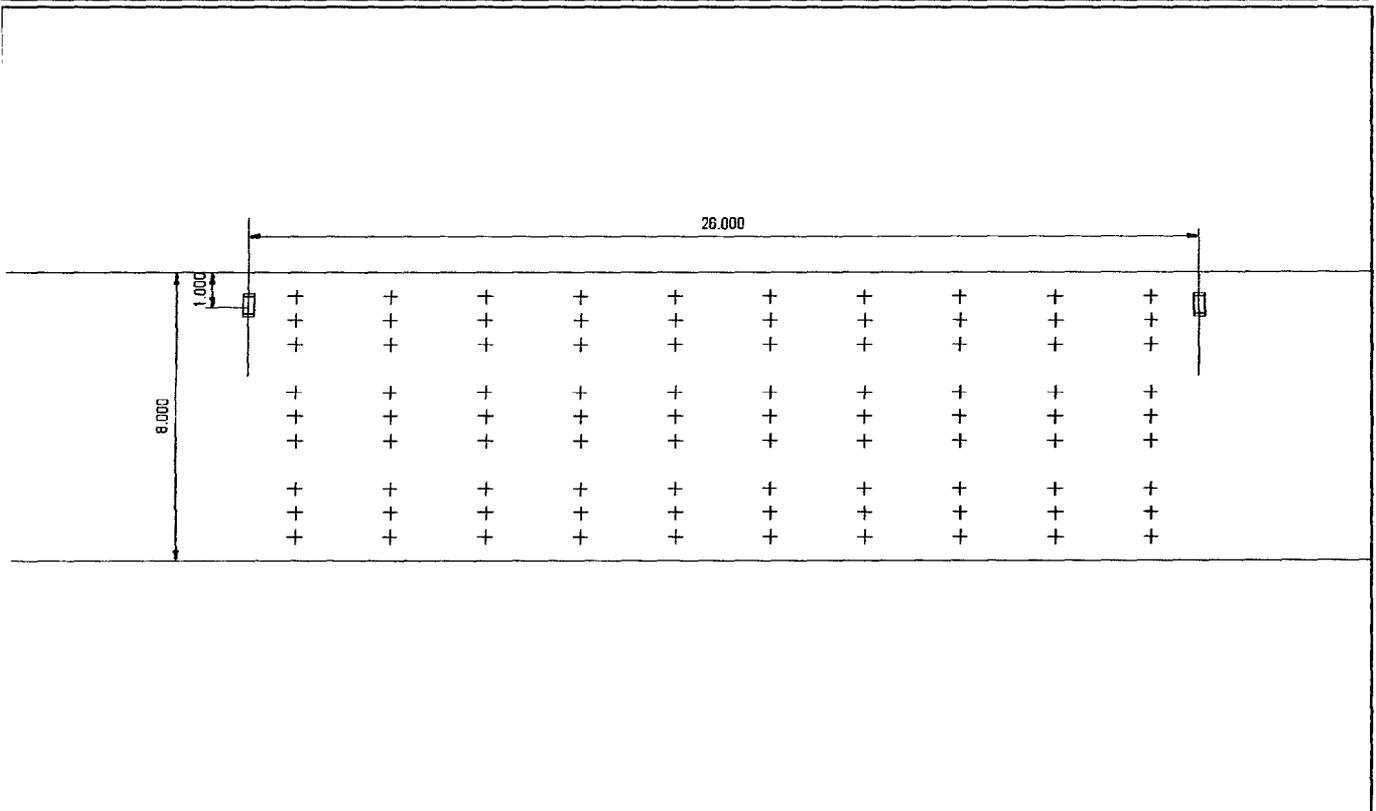
• Iluminancia

Emín : lux
Emed : lux

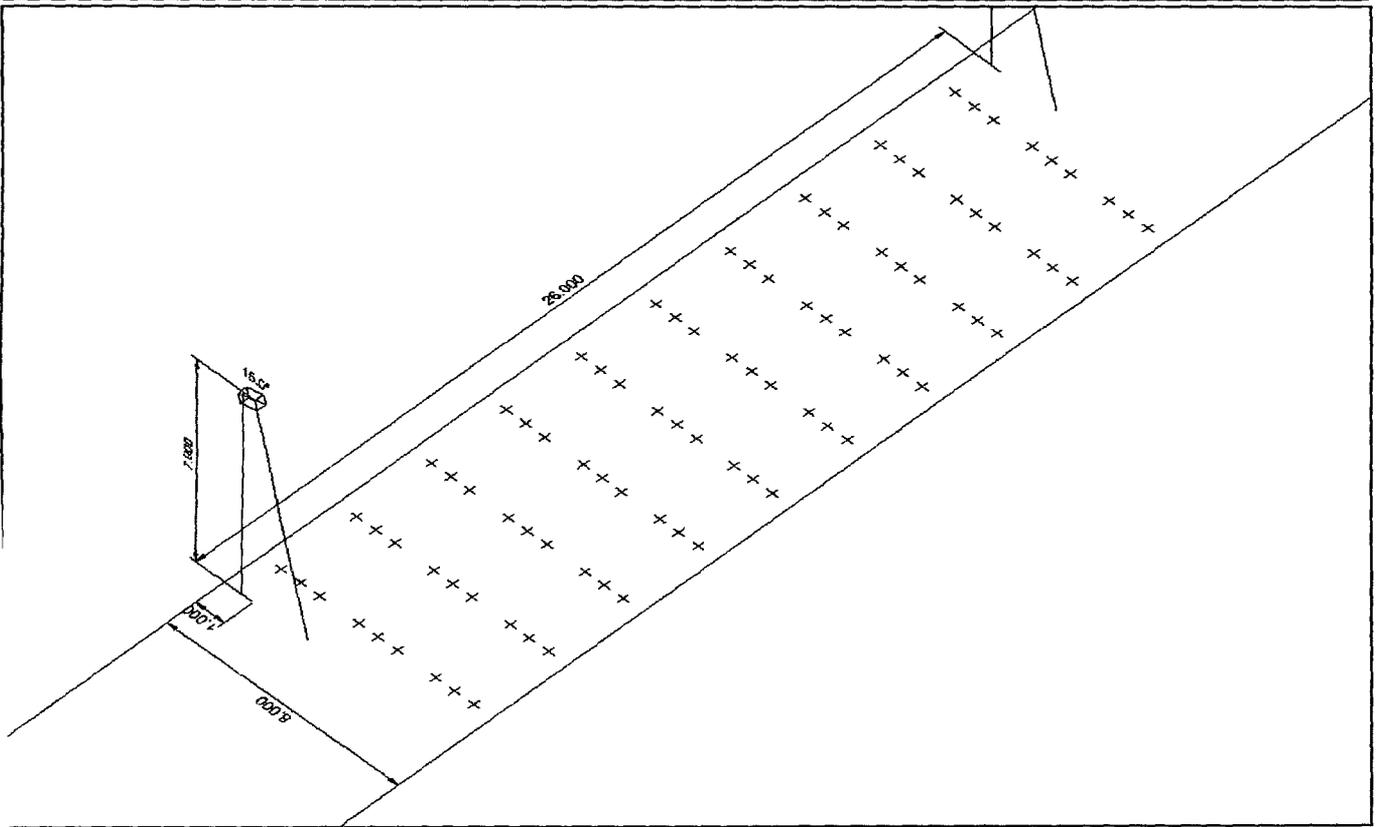
Esquema



Vista en planta



Vista en 3D



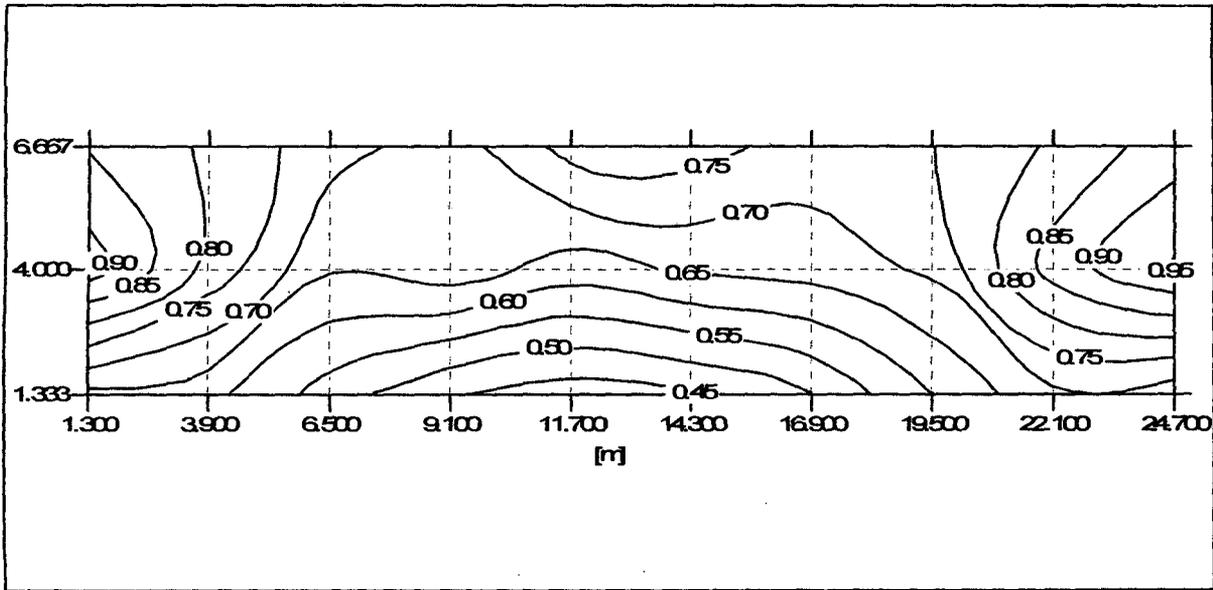
Resultados de las mallas

Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 4.000; 1.500) [cd/m²]

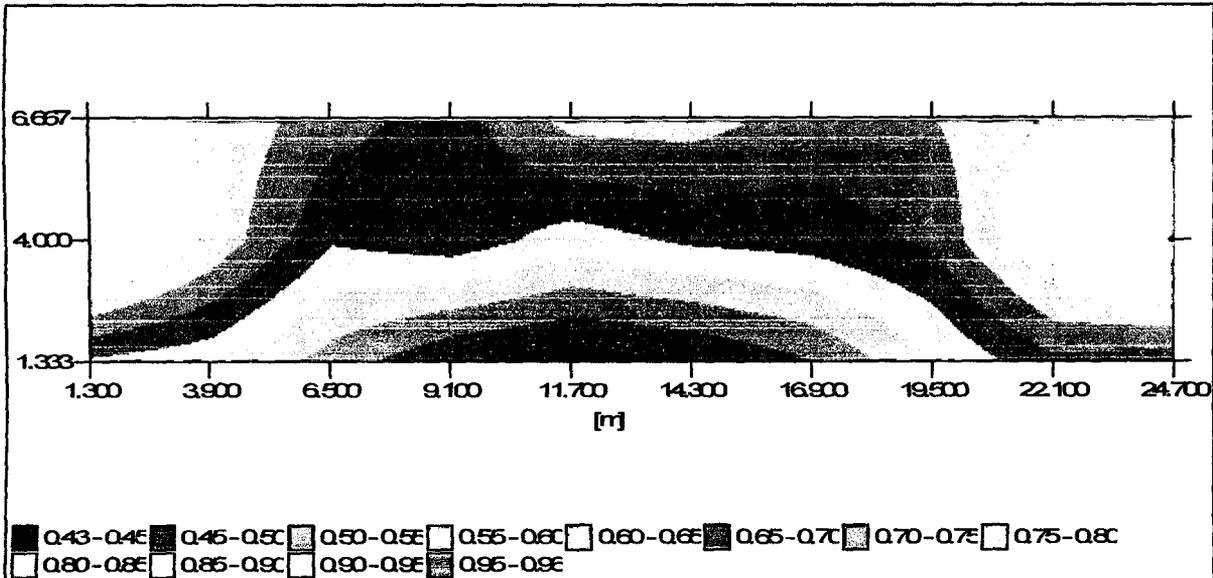
Min : 0.43 cd/m² Med : 0.69 cd/m² Máx : 0.96 cd/m² Uo : 61.3 % Ug : 44.6 %

6.667	0.85	0.79	0.72	0.68	0.77	0.77	0.73	0.75	0.81	0.88
4.000	0.93	0.79	0.65	0.68	0.63	0.66	0.67	0.71	0.87	0.96
1.333	0.64	0.62	0.53	0.45	0.43	0.45	0.50	0.60	0.69	0.67
Y/X	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700

Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 4.000; 1.500) [cd/m²]



Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 4.000; 1.500) [cd/m²]

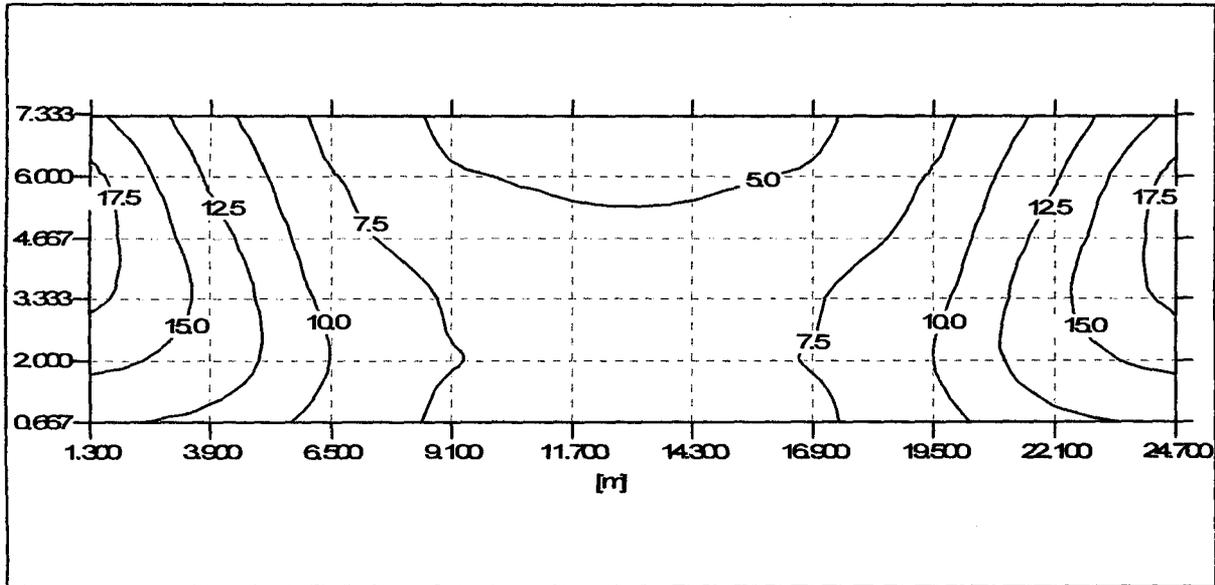


Malla principal (2) : iluminancia [lux]

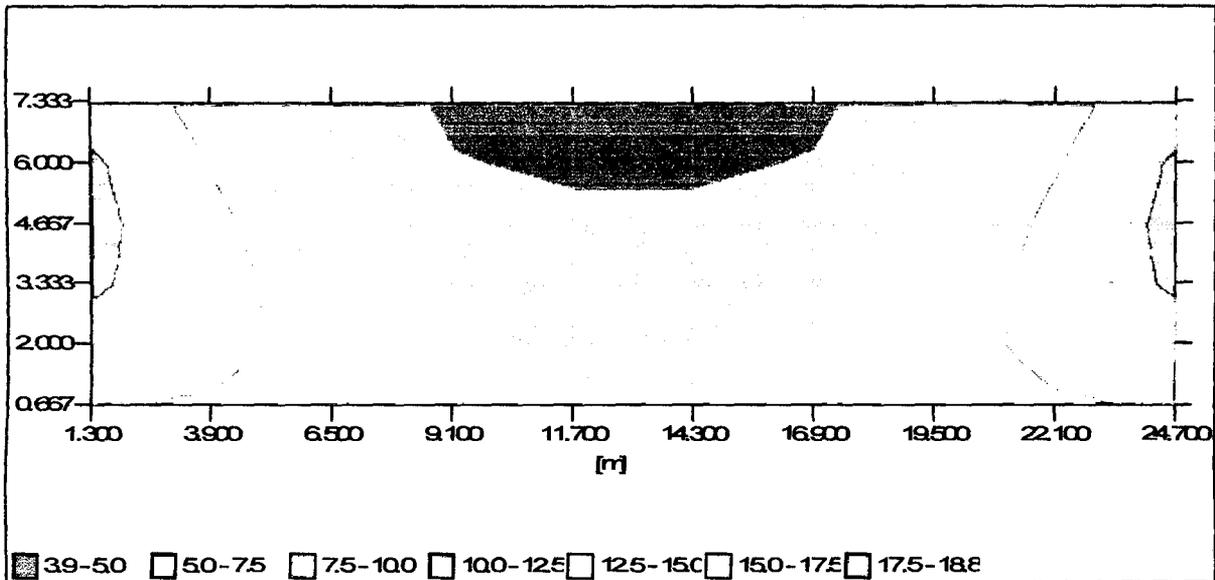
Min : 3.9 lux Med : 9.9 lux Máx : 18.8 lux Uo : 38.9 % Ug : 20.6 %

7.333	15.6	10.9	6.7	4.5	3.9	3.9	4.5	6.7	10.9	15.6
6.000	18.2	12.2	7.6	5.2	4.6	4.6	5.2	7.6	12.2	18.2
4.667	18.8	13.6	8.2	6.2	5.5	5.5	6.2	8.2	13.6	18.8
3.333	18.1	14.5	9.2	7.3	6.2	6.2	7.3	9.2	14.5	18.1
2.000	15.6	14.3	10.0	7.6	6.5	6.5	7.6	10.0	14.3	15.6
0.667	13.0	11.9	9.1	7.0	6.4	6.4	7.0	9.1	11.9	13.0
Y/X	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700

Malla principal (2) : iluminancia [lux]



Malla principal (2) : iluminancia [lux]



Centro del carril 1 (3) : Uniformidades longitudinales (<- -60.000; 4.000; 1.500) [cd/m²]

Mín : 0.63 cd/m² Med : 0.75 cd/m² Máx : 0.96 cd/m² Uo : 83.0 % Ug : 65.5 %

4.000	0.93	0.79	0.65	0.68	0.63	0.66	0.67	0.71	0.87	0.96
Y/X	1.300	3.900	6.500	9.100	11.700	14.300	16.900	19.500	22.100	24.700

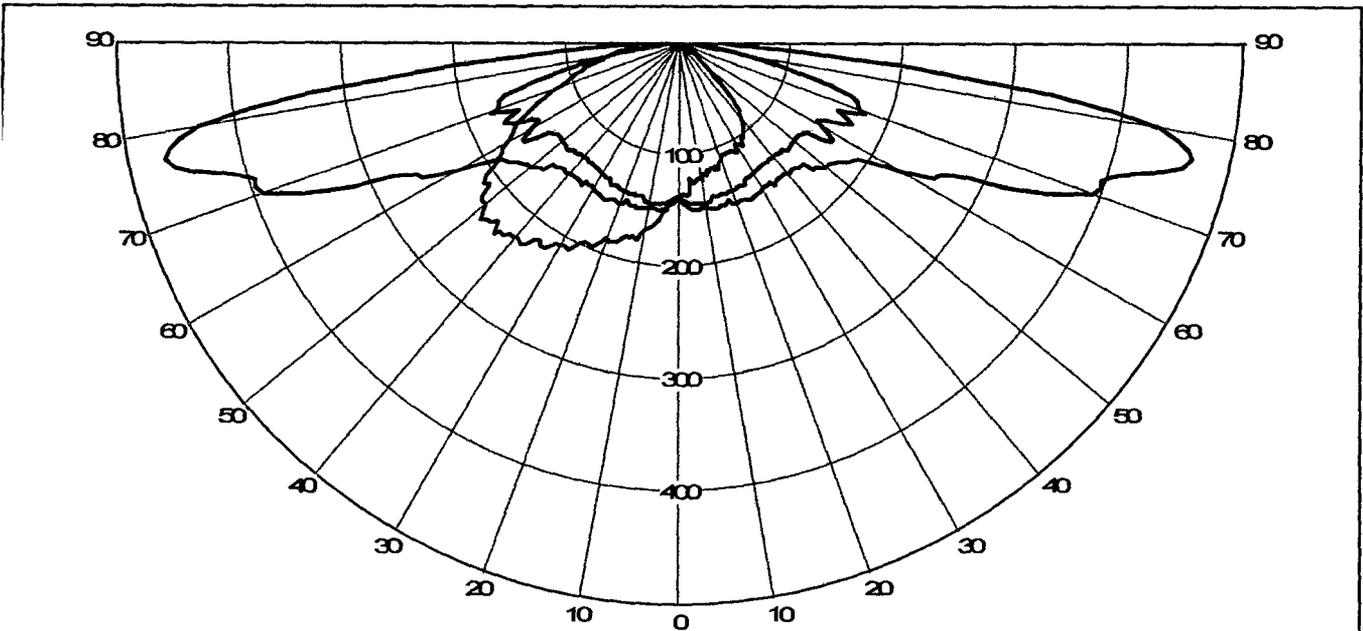
Documentos fotométricos

992961



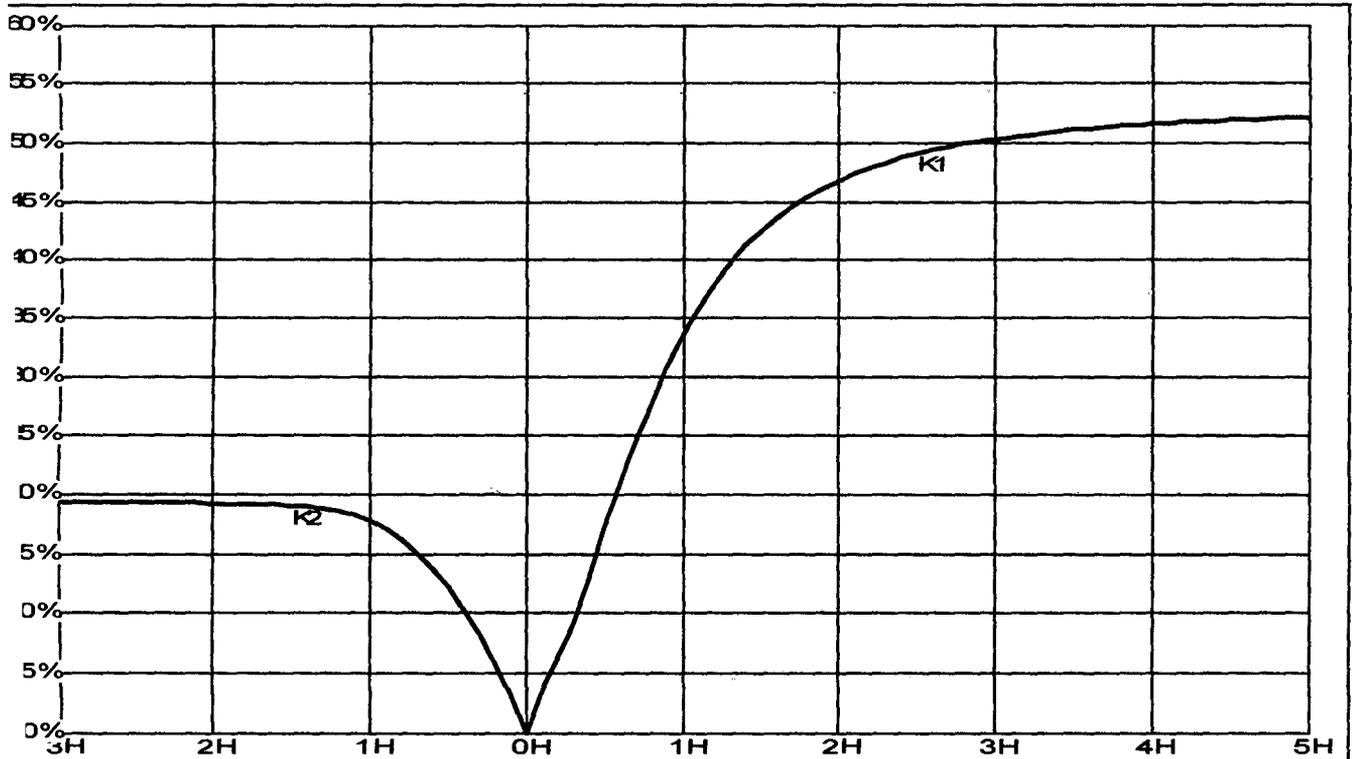
OPALO 1/SMOOTH POLYCARBONATE/1640/SON-T/70/-23/120/12°C

Diagrama Polar / Cartesiano



Matriz	Inc	Flan	Imax	Flan	Estilo	Matriz	Inc	Flan	Imax	Flan	Estilo
992961	15°	0°	177	69°	—————	992961	15°	180°	177	69°	—————
992961	15°	90°	236	48°	—————	992961	15°	270°	137	1°	—————
992961	15°	15°	466	77°	—————	992961	15°	165°	466	77°	—————

Curva de utilización



Matriz	Inc	Rendimiento (090°)	Rendimiento (0máx°)	Estilo
992961	15°	76.3%	78.1%	—————

Proyecto

Fichero : ... \admin\ESCRIT~1\tesis\CALLER~1.LPF

Información general : Normas CEN

Detalles de la carretera

Disposición : 
 Conducción : 
 Sentido : 
 Número de :
 Ancho de carril : m
 Ancho de : m
 Tabla R :
 Qo :
 Cálculo : Luminancia
 Iluminancia (Z Positivo)
 Ilum. Hemisférica
 TI
 Iluminancia (Y Positivo)
 Ilum. Semicilíndrica

Detalles de las luminarias

Interdistancia : m
 Altura : m
 Retranqueo : m
 Retroceso : m
 Inclinación : °
 Tipo :
 Protector :
 962652
 Reflector :
 Configuración :
 Fuente :
 Potencia : W
 Flujo : klm
 FM :


Resumen

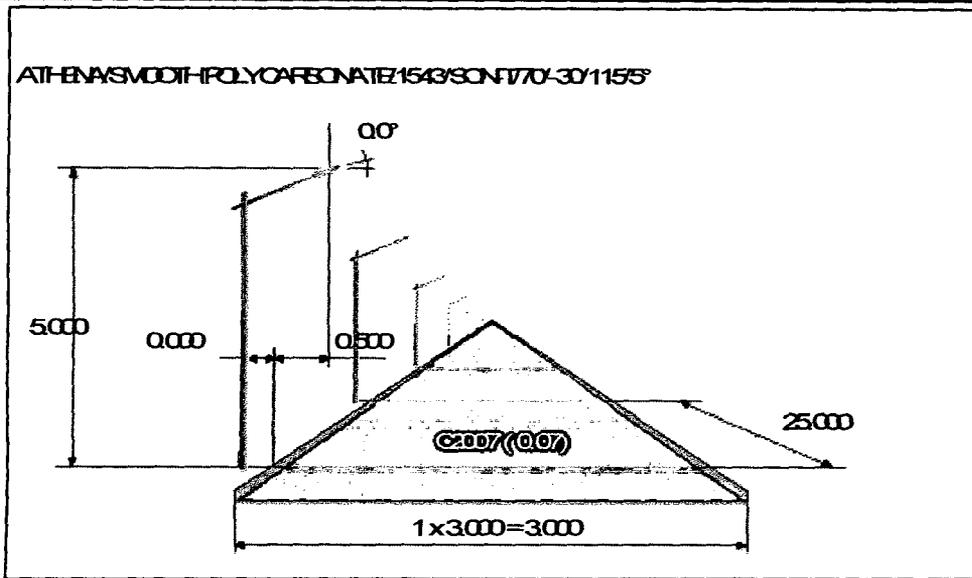
Luminancia

1
 Obs Y : m
 Lmed : cd/m²
 Uo : %
 UI : %
 TI : %
 Posición del : m

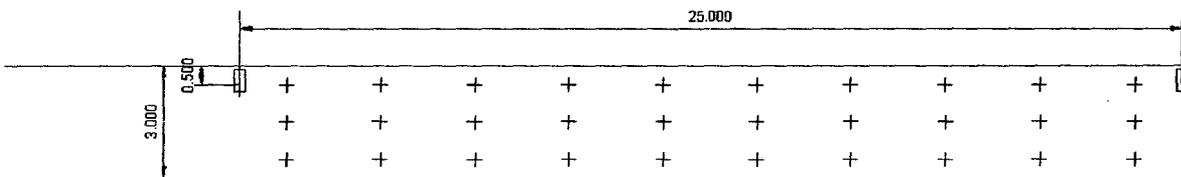
Iluminancia

Emín : lux
 Emed : lux

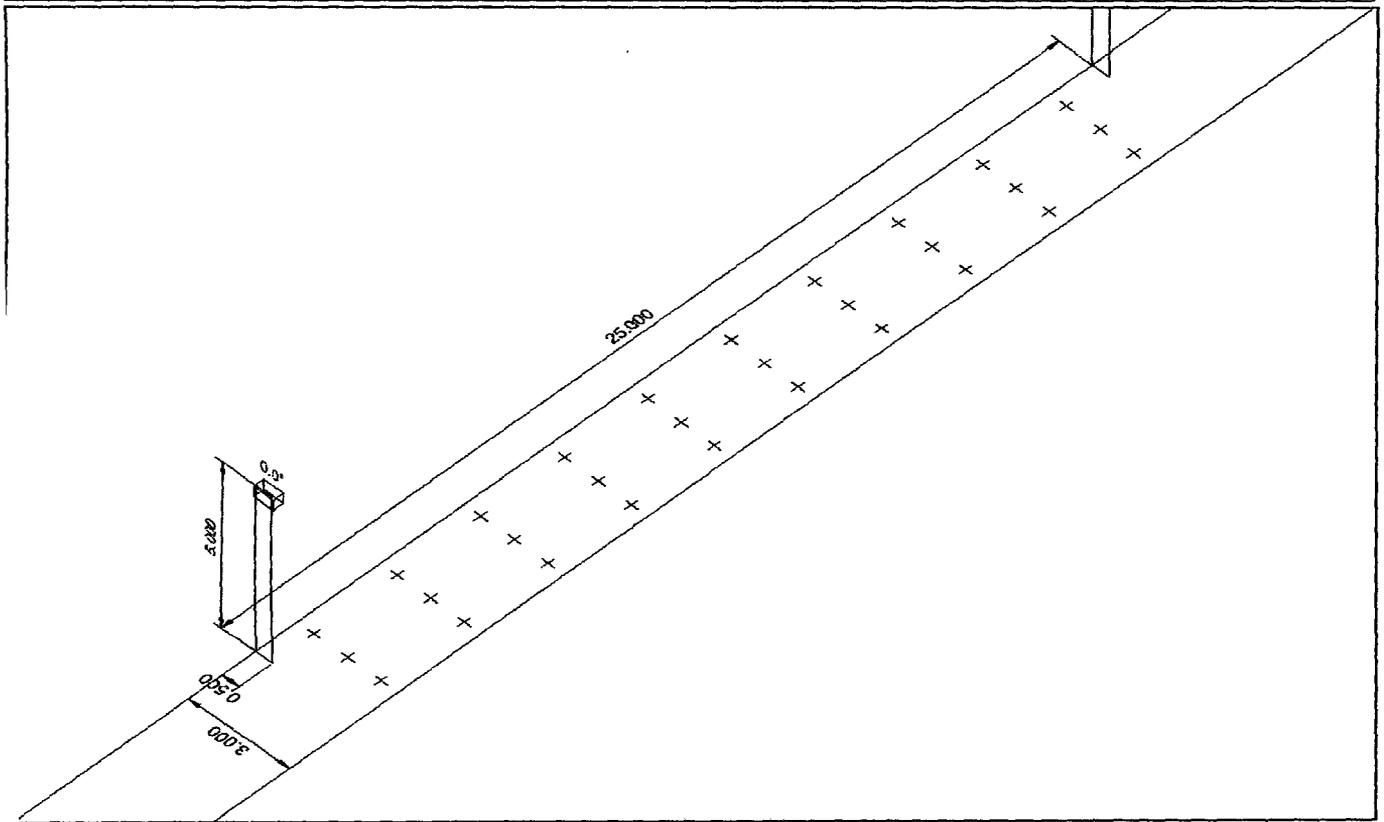
Esquema



Vista en planta



Vista en 3D



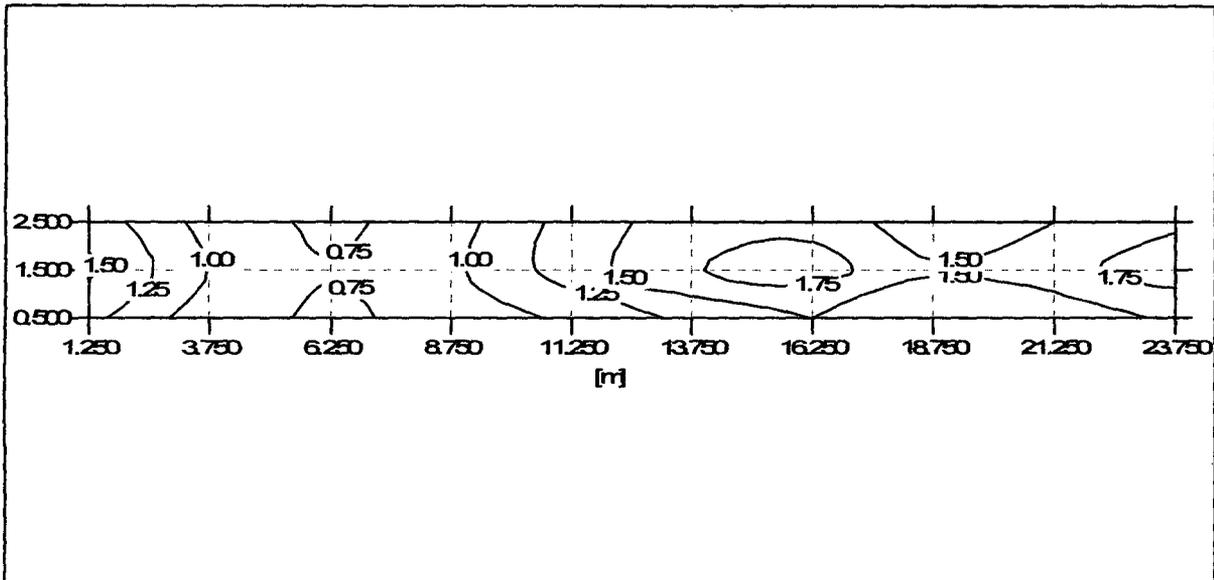
Resultados de las mallas

Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 1.500; 1.500) [cd/m²]

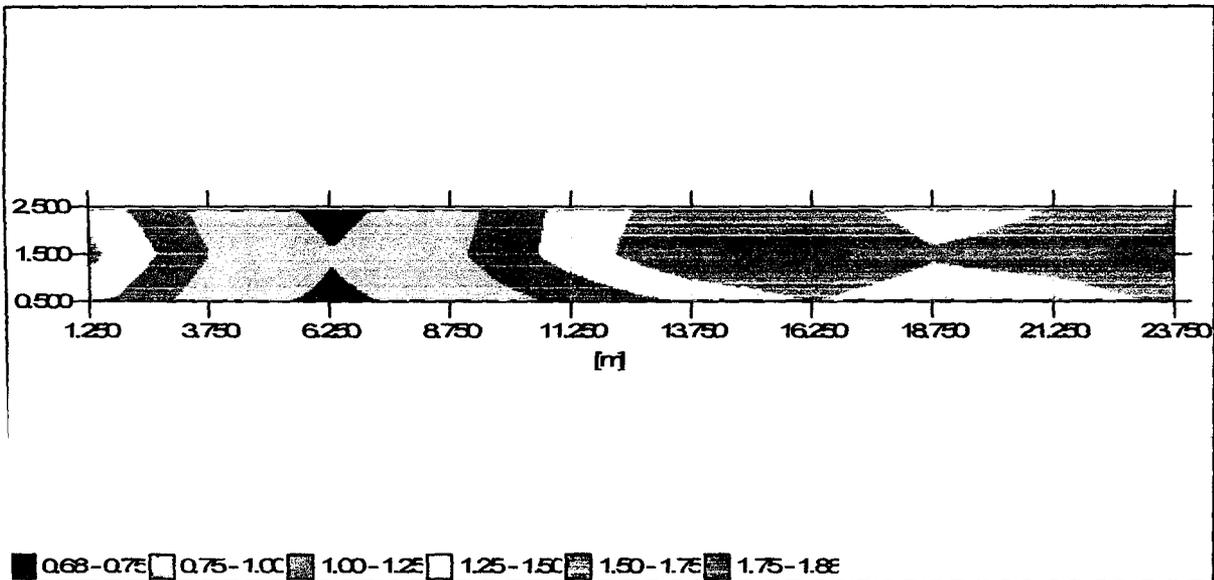
Mín : 0.68 cd/m² Med : 1.30 cd/m² Máx : 1.88 cd/m² Uo : 52.4 % Ug : 36.3 %

2.500	1.40	0.90	0.68	0.88	1.35	1.64	1.67	1.33	1.50	1.71
1.500	1.56	1.00	0.76	0.94	1.38	1.74	1.86	1.54	1.67	1.88
0.500	1.33	0.85	0.71	0.82	1.06	1.31	1.50	1.28	1.32	1.55
Y/X	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 1.500; 1.500) [cd/m²]



Malla principal (1) : Luminancia (<- -60.000; 1.500; 1.500) [cd/m²]

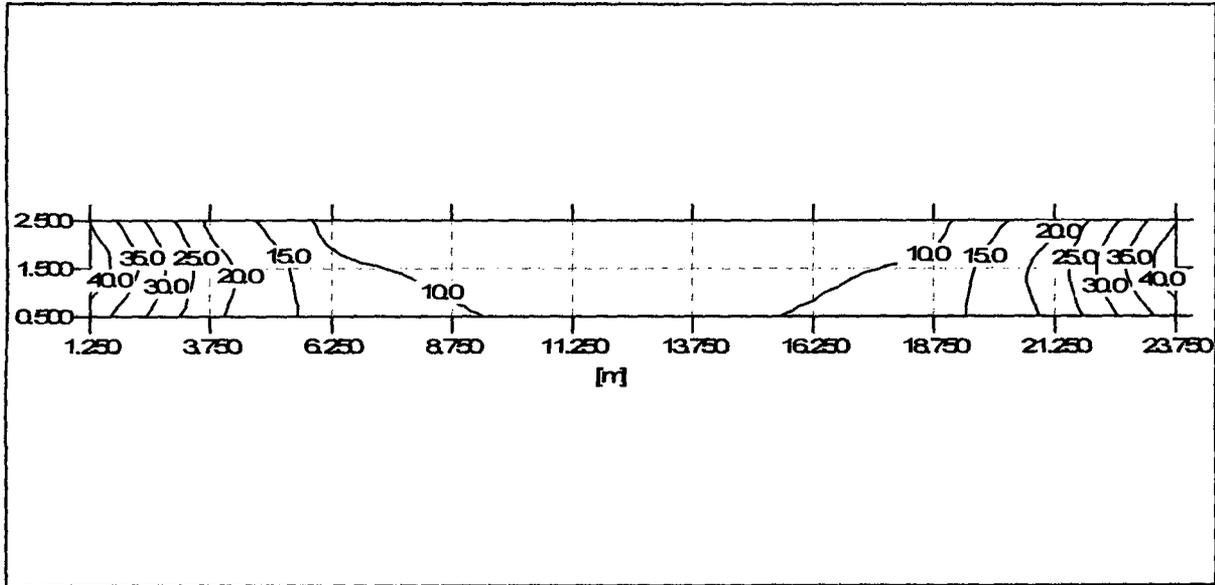


Malla principal (2) : Iluminancia [lux]

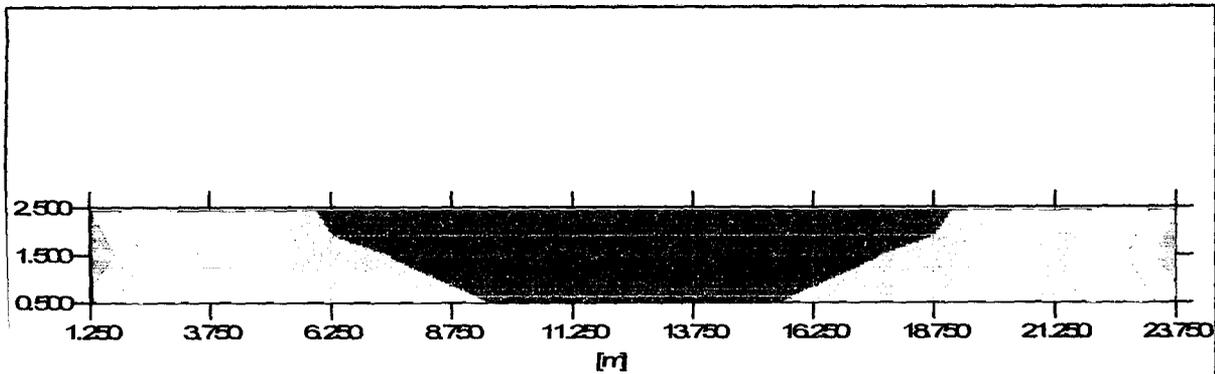
Min : lux Med : lux Máx : lux Uo : % Ug : %

2.500	39.5	18.9	8.4	6.5	5.3	5.3	6.5	8.4	18.9	39.5
1.500	43.9	22.4	11.1	8.6	6.8	6.8	8.6	11.1	22.4	43.9
0.500	38.0	21.0	12.7	10.6	8.3	8.3	10.6	12.8	21.0	38.0
Y/X	1.250	3.750	6.250	8.750	11.250	13.750	16.250	18.750	21.250	23.750

Malla principal (2) : Iluminancia [lux]



Malla principal (2) : Iluminancia [lux]



53-100
 100-150
 150-200
 200-250
 250-300
 300-350
 350-400
 400-439

Centro del carril 1 (3) : Uniformidades longitudinales (<- -60.000; 1.500; 1.500) [cd/m²]

Mín : 0.76 cd/m² Med : 1.43 cd/m² Máx : 1.88 cd/m² Uo : 53.4 % Ug : 40.7 %

500	1.56	1.00	0.76	0.94	1.38	1.74	1.86	1.54	1.67	1.88
Y/X	1:250	3:750	6:250	8:750	11:250	13:750	16:250	18:750	21:250	23:750

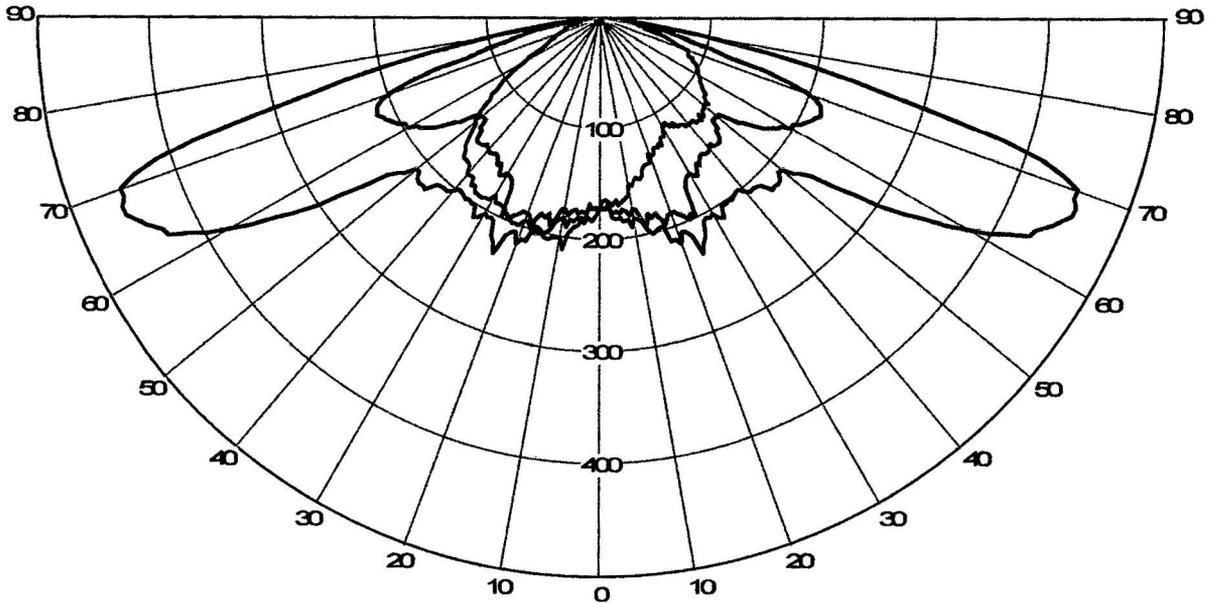
Documentos fotométricos

962652



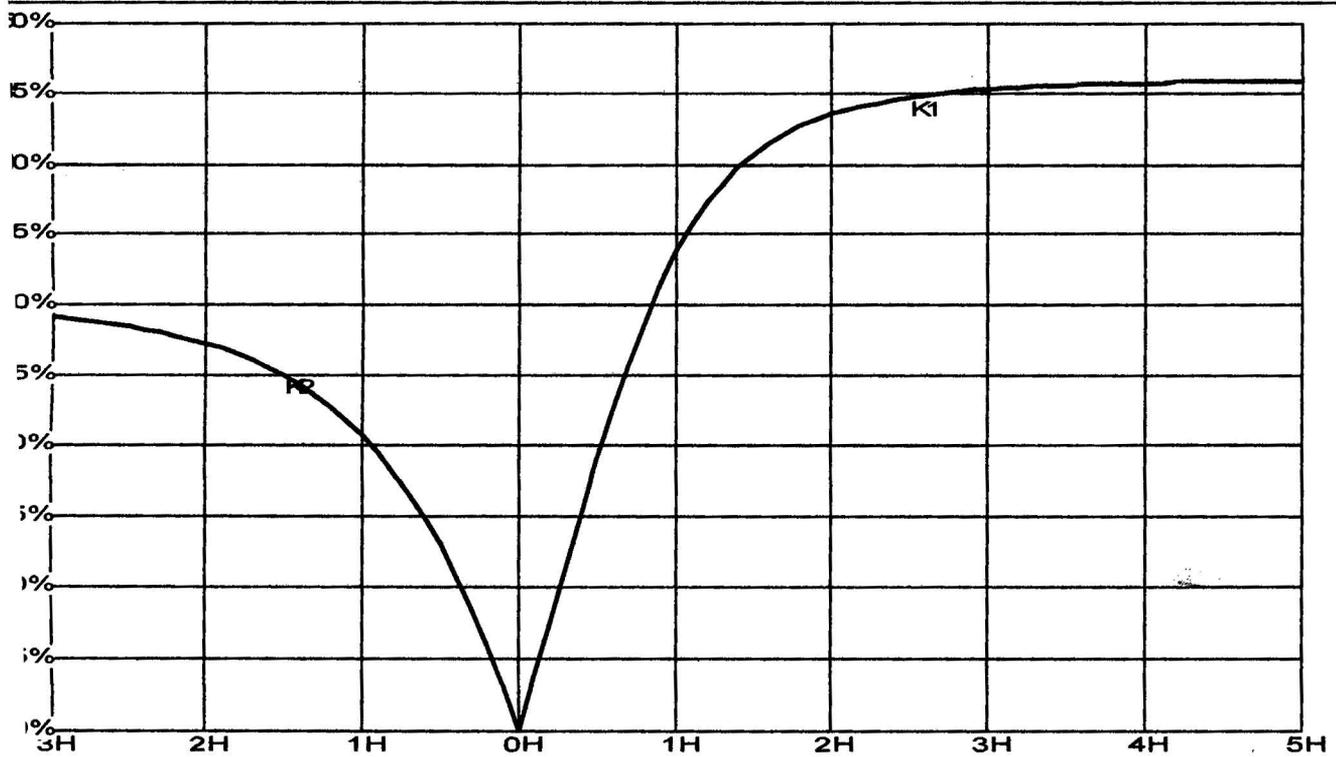
ATHENA/SMOOTH POLYCARBONATE/1543/SON-T770/30/115/5°

Diagrama Polar / Cartesiano



Matriz	Inc	Flano	I _{max}	Flan	Estilo	Matriz	Inc	Flano	I _{max}	Flan	Estilo
962652	0°	0°	215	66°	—————	962652	0°	180°	215	66°	—————
962652	0°	90°	209	9°	—————	962652	0°	270°	172	0°	—————
962652	0°	20°	456	68°	—————	962652	0°	160°	456	68°	—————

curva de utilización



Matriz	Inc	Rendimiento (060°)	Rendimiento (0máx°)	Estilo
962652	0°	78.1%	78.9%	—————



ANEXO II
(FICHAS DE MEDICIONES DE
ILUMINANCIA)



MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

FECHA: 01/08/2011

21.3

NOMBRE DE LA VIA:	AV. GARCILAZO	PROVINCIA:	CUSCO
CANTON:	CUSCO	TIPO DE VIA:	Local / Comercial / ANCHO VIA 6.60

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

ALTO DE POSTE:	9. m
REGULADORA:	ALTEC - PHILIPS
TIPO DE LAMPARA:	ZSO
REGULADORA:	VAPOR DE SODIO
TIPO DE PASTORAL:	FIERRO

	A	B	C	D	E
1	12	27	26	45	45
2	17	26	35	44	44
3	16	25	34	43	43
4	15	24	33	42	42
5	14	23	32	41	41
6	13	22	31	40	40
7	12	21	30	39	39
8	11	20	29	38	38
9	10	19	28	37	37

ILUMINANCIA

SE	8639 - 8639	805 - 9280	8639 - 805	9280 - 9281	VANO:
	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	LONGITUD:

1	10.1	4.30	28.2	11.70	12.8	9.89	45.9	37.1	1
2	11.1	12.90	29.3	11.30	13.8	9.53	48.3	51.8	2
3	11.1	13.40	30.80	18.9	14.3	8.85	53.3	51.2	3
4	7.51	14.20	31.7	17.30	14.00	9.37	44.7	52.8	4
5	9.46	13.60	30.8	5.34	13.5	10.21	48.3	44.9	5
6	7.09	12.80	30.5	15.60	11.7	10.79	47.9	36.8	6
7	5.15	9.19	5.20	6.60	34.	14.2	31.2	34.0	7
8	8.95	9.67	14.6	5.43	38.5	17.1	32.7	35.9	8
9	8.99	9.30	12.7	6.70	32.2	16.2	30.1	36.3	9
10	16.70	8.35	19.1	7.04	38.	19.9	30.7	31.9	10
11	16.20	7.53	18.3	5.82	36.	21.7	75.6	28.5	11
12	9.85	4.34	17.1	8.40	36.3	25.6	71.2	27.6	12
13	13.30	4.57	6.47	8.52	17.2	31.2	19.4	8.30	13
14	13.60	3.60	8.35	8.56	18.9	32.4	20.1	9.12	14
15	12.80	3.73	6.03	8.14	21.3	30.9	8.53	9.53	15
16	12.30	4.8	6.45	8.23	24.5	28.2	9.20	8.10	16
17	12.60	9.4	6.36	8.57	22.	21.7	37.40	16.5	17
18	6.40	8.37	8.47	8.04	23.5	19.4	45.50	15.9	18
19	22.50	19.4	15.8	15.6	13.	17.2	18.50	11.4	19
20	22.30	22.1	13.5	17.3	10.7	18.1	10.60	10.7	20
21	26.40	24.3	19.20	18.1	13.3	17.3	8.37	9.18	21
22	25.8	26.0	9.47	19.6	14.25	16.7	8.45	8.91	22
23	24.4	27.0	8.7	17.3	14.50	15.7	8.88	8.93	23
24	22.30	25.3	6.59	16.4.	13.00	14.8	8.60	8.29	24
25	23.80	17.6	16.2	17.2	16.00	25.4	13.09	17.10	25
26	23.70	17.7	18.1	14.2	12.00	21.5	14.7	18.8	26
27	24.30	11.2	21.7	35.7	17.2	21.8	15.3	19.3	27
28	24.30	19.9	18.2	41.2	17.9	26.3	15.7	19.1	28
29	22.60	19.1	20.9	37.8	17.7	24.8	18.2	18.3	29
30	21.40	4.82	17.7	23.4	18.5	23.4	16.7	17.9	30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

VEREDAS	2.50m				2.50m				VEREDAS
ANCHO	2.50m		2.50m		2.50m		2.50m		ANCHO
A	7.72		22.80		13.2		24.7		A
a	11.60		41.6		28.9		30.7		a
B	8.65		31.7		29.5		28.10		B
b	6.23		3.72		38.83		37.7		b
C	10.03		4.02		40.3		13.0		C
c	9.60		4.57		14.4		52.00		c
D	19.30		17.20		11.6		13.7		D
d	15.40		12.20		12.50		11.00		d
E	16.60		36.70		17.8		16.0		E
e	16.30		81.9		16.10		14.10		e

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

MBRE DE LA VIA :	AV. GARCILAZO	PROVINCIA :	Cusco
TRITO :		TIPO DE VIA :	ANCHO VIA 6.5m

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

URA DE POSTE :	8m
O DE LUMINARIA :	PHILIPS
TENCIA DE LAMPARA :	150W
O DE LAMPARA :	Vapor de Sodio
O DE PASTORAL :	Fierro

	A	B	C	D	E
1	18	17	27	26	25
2	16	15	25	24	23
3	14	13	23	22	21
4	12	11	21	20	19
5	10	9	19	18	17
6	8	7	17	16	15
7	6	5	15	14	13
8	4	3	13	12	11
9	2	1	11	10	9

ILUMINACION

NO:	206 - 205		205 - 200		200 - 220		220 - 221		VANO:
	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	LONGITUD:
1	42.70m	42.70m	28.90m	28.90m	29.30m	29.30m	29.80m	29.80m	1
2	11.28	22.87	13.20	24.84	14.21	14.28	19.26	9.45	2
3	13.20	26.50	13.23	27.12	13.73	15.27	25.52	10.51	3
4	16.53	33.5	17.94	36.02	12.89	17.03	27.58	11.74	4
5	17.80	41.5	14.02	43.04	11.50	19.40	30.08	15.71	5
6	18.53	47.3	14.92	47.09	13.16	21.24	26.09	18.36	6
7	20.64	50.8	8.42	49.06	13.41	22.75	24.80	19.15	7
8	20.63	13.92	19.42	16.84	16.62	10.70	32.02	18.80	8
9	32.71	16.42	19.20	19.75	16.15	11.75	43.05	17.53	9
10	42.60	18.54	17.88	22.25	16.06	12.02	43.02	16.15	10
11	16.05	20.83	16.28	28.90	14.64	12.48	40.04	14.86	11
12	16.64	22.57	14.69	31.02	13.70	14.71	33.03	13.87	12
13	11.23	23.44	13.70	31.06	13.27	14.38	28.08	12.42	13
14	40.4	4.62	45.4	7.15	9.45	11.27	21.20	14.47	14
15	41.2	15.49	40.6	11.23	9.26	11.08	25.70	11.86	15
16	38.1	9.05	37.3	13.94	9.14	11.62	29.63	13.87	16
17	33.4	6.06	33.20	15.84	9.36	10.91	31.03	8.09	17
18	28.6	11.07	26.02	17.13	10.08	12.67	29.09	10.32	18
19	29.5	9.40	21.00	17.38	10.64	10.84	25.05	7.41	19
20	38.4	14.12	37.07	9.41	6.52	14.83	10.04	11.62	20
21	40.7	15.78	46.03	10.07	7.48	13.35	12.50	7.41	21
22	36.3	17.78	45.04	12.54	8.47	16.08	14.92	6.23	22
23	31.4	23.49	41.00	14.76	9.75	19.24	15.80	8.35	23
24	27.3	20.29	33.33	14.84	9.98	20.42	12.83	8.19	24
25	24.34	20.78	26.04	14.08	9.29	21.25	14.28	8.51	25
26	11.61	25.42	19.56	19.63	13.10	16.04	7.64	9.43	26
27	14.80	29.03	21.03	22.88	13.60	18.06	7.62	9.31	27
28	14.04	36.02	19.28	27.62	14.82	22.02	8.30	8.66	28
29	12.20	42.3	17.90	33.09	15.40	26.01	10.24	9.21	29
30	11.50	48.01	18.30	37.02	17.12	30.05	9.43	11.78	30
31	11.08	49.8	18.56	38.00	15.56	30.8	8.86	13.15	31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

REDAS	VEREDAS								
ANCHO	3.00 m		3.00 m		3.00 m		3.00 m		ANCHO
A	3.98		10.38		7.64		16.26		A
a		49.7		46.05		19.14		19.38	a
B	12.36		17.25		16.78		25.05		B
b		23.19		27.04		14.55		9.84	b
C	20.41		37.41		11.81		16.14		C
c		9.03		15.20		15.19		6.40	c
D	30.2		32.20		5.48		8.51		D
d		17.64		12.11		16.68		9.06	d
E	7.43		16.85		9.19		6.26		E
e		46.4		32.1		23.56		9.72	e

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

NOMBRE DE LA VIA: **AV. CAROLAZO** PROVINCIA: **BOGOTA**
 DISTRITO: **BOGOTA** TIPO DE VIA: **AVENIDA** ANCHO VIA: **10.00**

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

ALTURA DE POSTE: **9.10**
 TIPO DE LUMINARIA: **PHILIPS**
 POTENCIA DE LAMPARA: **250**
 TIPO DE LAMPARA: **VAPOR DE SODIO**
 TIPO DE PASTORAL: **TUBO**

A	B	C	D	E
1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
3.5	4.0	4.5	5.0	5.5
4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
5.5	6.0	6.5	7.0	7.5
6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
7.5	8.0	8.5	9.0	9.5
8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
8.5	9.0	9.5	10.0	10.5
9.0	9.5	10.0	10.5	11.0
9.5	10.0	10.5	11.0	11.5
10.0	10.5	11.0	11.5	12.0

ILUMINACION

VANO:	573 - 572		572 - 571		VIA - 1	VIA - 2	VIA - 1	VIA - 2	VANO:
LONGITUD:	23.50m		24.00m						LONGITUD:
1	9.35		11.20						1
2	9.52		12.45						2
3	8.80		13.50						3
4	8.70		14.20						4
5	7.60		15.80						5
6	7.70		15.92						6
7	9.04		13.20						7
8	8.30		16.70						8
9	9.24		16.70						9
10	7.70		16.20						10
11	10.00		16.10						11
12	9.47		5.71						12
13	11.30		6.80						13
14	11.40		7.40						14
15	10.80		8.24						15
16	10.05		9.70						16
17	8.30		10.63						17
18	5.34		11.70						18
19	10.40		11.60						19
20	12.00		11.70						20
21	13.80		12.00						21
22	15.00		11.70						22
23	16.04		10.40						23
24	14.04		9.30						24
25	23.00		11.12						25
26	20.50		12.40						26
27	18.00		12.15						27
28	17.60		12.80						28
29	14.00		11.60						29
30	12.15		10.78						30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

VEREDAS	ANCHO		VEREDAS	ANCHO
A	7.20		7.20	
a	7.70		9.50	
B	6.02		11.30	
b	2.19		4.70	
C	2.85		12.87	
c	2.80		4.35	
D	10.12		10.00	
d	0.35		5.09	
E	10.00		3.51	
e	5.70		2.50	

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

NOMBRE DE LA VIA:	PERU... ..	PROVINCIA:	
DISTRITO:	...	TIPO DE VIA:	ANCHO VIA

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

TURA DE POSTE:	FRATE... ..
PO DE LUMINARIA:	...
INTENSIDAD DE LAMPARA:	700
PO DE LAMPARA:	...
PO DE PASTORAL:	FRATE... ..

	A	B	C	D	E
1	18	17	27	26	15
2	16	16	25	25	14
3	16	16	24	24	13
4	14	14	22	22	12
5	12	12	20	20	11
6	10	10	18	18	10
7	8	8	16	16	9
8	6	6	14	14	8
9	4	4	12	12	7
10	2	2	10	10	6

ILUMINANCIA

NO:	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VANO:
1	70.60m	40.60m	35.00m	35.00m					1
2	28.89	21.84	29.34	21.54					2
3	27.47	23.48	20.60	33.06					3
4	19.87	17.43	19.87	10.81					4
5	08.94	12.97	25.77	11.20					5
6	9.89	11.97	10.26	9.2					6
7	10.03	7.47	8.80	8.91					7
8	10.38	9.17	9.9	9.65					8
9	9.50	8.45	13.06	17.16					9
10	6.88	8.19	12.52	10.86					10
11	5.26	7.17	10.70	7.36					11
12	4.06	4.60	9.15	6.96					12
13	11.98	11.14	7.15	10.29					13
14	14.34	11.54	10.92	14.26					14
15	14.91	11.46	9.78	14.80					15
16	10.60	9.61	10.62	14.68					16
17	8.68	7.91	9.08	11.53					17
18	6.11	6.09	7.60	7.91					18
19	34.07	37.2	29.54	31.2					19
20	42	30.7	23.32	31.3					20
21	43.9	27.2	20.92	28.2					21
22	27.01	20.33	16.45	20.07					22
23	20.52	17.25	19.23	14.23					23
24	16.70	17.96	11.78	11.19					24
25	58.70	63.4	32.4	57.6					25
26	64.05	58.9	41.0	56.0					26
27	55.01	46.4	29.64	42.1					27
28	40	36.2	21.65	29.08					28
29	31.6	28.5	15.47	27.9					29
30	24.1	24.54	15.06	20.33					30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

DAS	VEREDAS	ANCHO
7.60	2.50	3.00
6.65		1.78
2.85	2.35	3.42
4.80	1.06	2.2
13.35	1.42	2.96
15.13	2.90	3.62
	3.50	3.08

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

NOMBRE DE LA VIA		Calle Libertad 2		PROVINCIA	TIPO DE VIA		ANCHO VIA		
SISTEMA		CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO		A	B	C	D	E	
ALTO DE POSTE		8 m							
TIPO DE LUMINARIA		301 171 150							
POTENCIA DE AMPARA		130 W							
TIPO DE LAMPARA		LUMINARIA							
TIPO DE PASTORAL		15 m							
LUMINANCIA									
VANO	788 VIA 1	789 VIA 2	790 VIA 1	790 VIA 2	791 VIA 1	791 VIA 2	792 VIA 1	792 VIA 2	VANOS
ORDEN	31.30	27.70	27.00	27.00	31.60	31.60	31.60	31.60	ORDEN
1	14.77	6.12	21.47	21.47	30.6	30.6	30.6	30.6	1
2	13.22	6.22	22.75	22.75	20.33	20.33	20.33	20.33	2
3	12.25	6.28	22.41	22.41	15.74	15.74	15.74	15.74	3
4	10.03	6.24	19.63	19.63	17.98	17.98	17.98	17.98	4
5	8.76	6.16	16.68	16.68	10.76	10.76	10.76	10.76	5
6	8.35	5.78	12.56	12.56	8.73	8.73	8.73	8.73	6
7	7.69	6.87	14.81	14.81	14.64	14.64	14.64	14.64	7
8	7.35	6.72	15.72	15.72	12.45	12.45	12.45	12.45	8
9	7.03	6.54	15.02	15.02	10.94	10.94	10.94	10.94	9
10	7.25	5.43	13.25	13.25	8.98	8.98	8.98	8.98	10
11	7.01	5.61	11.52	11.52	7.92	7.92	7.92	7.92	11
12	6.44	5.12	9.49	9.49	6.62	6.62	6.62	6.62	12
13	5.34	10.37	22.20	22.20	18.89	18.89	18.89	18.89	13
14	5.86	10.41	19.40	19.40	16.89	16.89	16.89	16.89	14
15	5.89	10.24	15.63	15.63	14.30	14.30	14.30	14.30	15
16	5.62	9.46	12.15	12.15	12.05	12.05	12.05	12.05	16
17	5.26	7.96	10.50	10.50	11.02	11.02	11.02	11.02	17
18	4.81	6.51	9.60	9.60	7.84	7.84	7.84	7.84	18
19	5.60	21.46	28.60	28.60	28.01	28.01	28.01	28.01	19
20	5.86	20.88	25.10	25.10	25.45	25.45	25.45	25.45	20
21	5.97	18.60	25.60	25.60	22.43	22.43	22.43	22.43	21
22	5.77	14.84	19.42	19.42	19.08	19.08	19.08	19.08	22
23	5.21	12.20	14.68	14.68	16.21	16.21	16.21	16.21	23
24	5.06	9.20	12.31	12.31	13.68	13.68	13.68	13.68	24
25	6.77	21.50	35.70	35.70	47.10	47.10	47.10	47.10	25
26	6.69	20.19	26.37	26.37	39.7	39.7	39.7	39.7	26
27	6.68	20.59	18.58	18.58	30.8	30.8	30.8	30.8	27
28	6.03	18.84	13.15	13.15	24.16	24.16	24.16	24.16	28
29	5.41	14.92	10.20	10.20	18.71	18.71	18.71	18.71	29
30	4.83	10.84	9.04	9.04	14.22	14.22	14.22	14.22	30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45
VEREDAS	ANCHO		ANCHO		ANCHO		ANCHO		VEREDAS
A	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	A
a	8.63	4.82	14.28	14.28	32.7	32.7	32.7	32.7	a
B	5.63	3.57	6.72	6.72	5.36	5.36	5.36	5.36	B
b	5.70	5.82	11.98	11.98	15.82	15.82	15.82	15.82	b
C	4.73	4.60	6.15	6.15	4.98	4.98	4.98	4.98	C
c	4.47	5.53	18.46	18.46	18.26	18.26	18.26	18.26	c
D	4.02	4.41	6.12	6.12	5.67	5.67	5.67	5.67	D
d	4.30	15.17	6.77	6.77	25.27	25.27	25.27	25.27	d
E	5.76	5.30	30.04	30.04	7.59	7.59	7.59	7.59	E
e	5.20	13.18	28.05	28.05	32.5	32.5	32.5	32.5	e
	4.01	5.46	5.56	5.56	7.76	7.76	7.76	7.76	

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

FECHA: 03/08/2011 #224

NOMBRE DE LA VIA:	AV. Calles y Xto	PROVINCIA:	Cusco
NUMERO:	Cusco	TIPO DE VIA:	Local Res:denoal 1 ANCHO VIA 10.00m

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

TIPO DE POSTE:	gm
TIPO DE LUMINARIA:	SC2 PHILIPS
QUANTIA DE LAMPARA:	150w
TIPO DE LAMPARA:	VAPOR DE SODIO
TIPO DE PASTORAL:	FIERRO
	ILUMINANCIA

	A	B	C	D	E
1	18	27	26	26	46
2	17	26	25	35	44
3	16	25	24	34	43
4	15	24	23	33	42
5	14	23	22	32	41
6	13	22	21	31	40
7	12	21	20	30	39
8	11	20	19	29	38
9	10	19	18	28	37
10	9	18	17	27	36

	4956 - VIA-1	4957 - VIA-2	4958 - VIA-1	4958 - VIA-2	4959 - VIA-1	4959 - VIA-2	4959 - VIA-1	4980 - VIA-2	VANO:
	19.00m		49.30		40.30		38.80		LONGITUD:
1	21.72		11.32		7.17		13.72		1
2	25.02		13.07		10.13		16.92		2
3	29.05		13.28		9.59		18.05		3
4	23.78		12.84		10.24		17.87		4
5	21.32		27.26		9.59		16.89		5
6	19.61		12.04		10.39		15.06		6
7	19.26		9.13		22.92		12.29		7
8	13.39		11.71		22.60		13.66		8
9	14.95		13.82		22.48		16.54		9
10	16.73		17.79		20.36		20.60		10
11	17.22		21.97		18.76		22.63		11
12	17.39		25.34		17.05		22.87		12
13	19.28		27.14		13.57		25.18		13
14	16.60		21.36		16.14		24.50		14
15	19.37		19.09		17.98		22.41		15
16	16.04		16.29		23.07		19.01		16
17	19.93		13.76		26.61		13.11		17
18	11.12		11.45		27.88		12.73		18
19	8.82		11.41		17.41		9.75		19
20	12.04		11.57		14.43		9.90		20
21	13.16		10.66		14.41		10.38		21
22	13.53		9.68		14.62		12.50		22
23	15.77		9.72		14.09		13.96		23
24	14.22		9.74		12.80		14.55		24
25	14.22		6.56		79.15		8.24		25
26	13.74		8.24		26.13		9.52		26
27	15.62		9.62		27.17		10.55		27
28	12.93		11.94		20.17		12.02		28
29	10.28		12.93		15.93		11.81		29
30	9.49		14.40		13.91		11.03		30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

VEREDAS	VEREDAS							
ANCHO	2.10m	2.10m	2.10m	2.10m	2.10m	2.10m	2.10m	ANCHO
A	15.56	8.92	6.02	11.23	A			
a	21.26	10.86	10.48	11.07	a			
B	12.69	30.7	21.39	6.38	B			
b	23.22	27.11	16.07	17.64	b			
C	10.44	17.79	10.74	21.58	C			
c	8.72	8.57	22.52	8.82	c			
D	7.26	19.53	9.99	7.35	D			
d	11.24	6.81	12.29	12.56	d			
E	10.18	4.41	24.82	6.03	E			
e	9.30	10.30	27.26	6.71	e			

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

/ FECHA :

OMBRE DE LA VIA :	Av. Collasuyo	PROVINCIA :	
ISTRITO :		TIPO DE VIA :	ANCHO VIA

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

LTURA DE POSTE :	
PO DE LUMINARIA :	
OTENCIA DE LAMPARA :	
PO DE LAMPARA :	
PO DE PASTORAL :	

A	B	C	D	E
18	17	27	26	45
9	17	26	35	43
7	16	25	34	43
6	15	24	33	42
5	14	23	32	41
4	13	22	31	40
3	12	21	30	39
2	11	20	29	38
1	10	19	28	37
a	b	c	d	e

ILUMINACIA

ANO:	4960 - 4961	4961 - 4962	4962 - 4963	4963 - 4964	4964 - 4965	4965 - 4966	4966 - 4967	4967 - 4968	4968 - 4969	VANO:
	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-2	LONGITUD:
1	11.44		10.45		22.90		24.00		6.49	1
2	14.40		10.65		25.48		7.44			2
3	13.97		9.61		25.98		8.50			3
4	13.44		8.82		23.75		9.47			4
5	12.68		8.41		20.56		9.81			5
6	10.53		7.84		17.43		4.92			6
7	13.97		7.15		11.81		7.80			7
8	14.10		9.36		13.23		7.62			8
9	13.02		11.92		12.55		8.78			9
10	11.81		12.26		12.92		8.58			10
11	9.80		13.40		14.79		7.61			11
12	7.86		14.87		12.27		6.62			12
13	7.83		13.61		9.50		5.50			13
14	9.20		13.18		10.19		6.59			14
15	10.89		13.24		10.86		7.61			15
16	12.76		10.24		11.28		9.46			16
17	13.61		8.95		11.18		9.62			17
18	13.65		8.12		10.86		8.60			18
19	10.84		13.69		9.25		12.09			19
20	11.59		12.95		10.72		12.12			20
21	13.01		13.62		11.17		11.88			21
22	12.09		12.92		11.41		10.47			22
23	14.55		15.72		11.86		8.27			23
24	14.52		12.60		11.59		6.71			24
25	12.94		16.22		14.70		8.31			25
26	13.48		18.31		14.46		10.22			26
27	11.54		20.39		12.93		12.48			27
28	12.31		22.81		12.37		13.77			28
29	11.62		23.64		11.14		13.09			29
30	9.33		22.94		9.18		10.44			30
31										31
32										32
33										33
34										34
35										35
36										36
37										37
38										38
39										39
40										40
41										41
42										42
43										43
44										44
45										45

VEREDAS	ANCHO				VEREDAS
	2.10m	2.10m	2.10m	2.10m	ANCHO
A	12.42	7.87	22.10	8.08	A
a	10.29	7.13	15.47	8.71	a
B	11.16	5.64	12.27	7.30	B
b	6.45	16.78	8.93	3.30	b
C	7.54	12.10	7.06	3.06	C
c	9.30	6.42	10.00	6.78	c
D	6.45	8.62	8.44	4.22	D
d	13.92	9.47	10.22	3.68	d
E	11.12	14.38	11.03	3.66	E

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

/FECHA:

NOMBRE DE LA VIA:	Av. Colosseo	PROVINCIA:	
DISTRITO:		TIPO DE VIA:	ANCHO VIA

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

ALTURA DE POSTE:	
TIPO DE LUMINARIA:	
POTENCIA DE LAMPARA:	
TIPO DE LAMPARA:	
TIPO DE PASTORAL:	

A	B	C	D	E
18	17	27	36	45
17	16	26	35	44
16	15	25	34	43
15	14	24	33	42
14	13	23	32	41
13	12	22	31	40
12	11	21	30	39
11	10	20	29	38
10	9	19	28	37
a	b	c	d	e

ILUMINACION

VANO:	4967 - 4966		4968 - 4965		4965 - 4964		4964 - 4963		VANO:
	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	
LONGITUD:	24.30 m		24.40 m		24.40 m		23.40 m		LONGITUD:
1	10.11		13.75		17.04		12.55		1
2	10.45		13.71		21.45		13.93		2
3	10.24		13.81		24.83		15.23		3
4	10.22		11.85		23.22		15.31		4
5	9.24		12.86		22.42		14.50		5
6	7.84		16.40		20.35		12.75		6
7	9.18		8.55		14.97		16.85		7
8	10.60		10.13		18.43		14.12		8
9	11.19		11.60		18.47		15.38		9
10	11.16		12.33		18.25		15.47		10
11	10.30		13.30		16.11		15.20		11
12	8.19		14.68		13.89		14.16		12
13	9.87		16.00		13.37		16.67		13
14	9.58		16.83		15.80		18.97		14
15	10.20		16.37		16.87		20.19		15
16	11.43		14.42		17.64		20.07		16
17	11.13		11.83		17.15		18.59		17
18	12.41		10.23		16.18		16.33		18
19	12.46		15.04		13.71		23.32		19
20	12.68		14.89		15.59		21.24		20
21	13.52		21.74		15.52		21.48		21
22	12.84		23.58		16.66		23.39		22
23	12.48		21.17		15.43		20.80		23
24	12.59		20.43		14.18		18.26		24
25	11.55		27.34		18.83		18.77		25
26	12.92		25.43		20.62		22.05		26
27	13.44		28.43		21.38		25.05		27
28	14.23		28.02		20.53		28.77		28
29	14.53		23.07		18.30		30.4		29
30	15.03		17.54		16.71		28.60		30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

VEREDAS	2.10m		2.10m		2.10m		2.10m		VEREDAS
ANCHO									ANCHO
A	6.13		10.34		10.03		7.37		A
a	5.66		13.84		14.70		8.33		a
B	9.74		8.97		13.64		7.68		B
b	6.21		11.58		9.07		10.45		b
C	5.39		10.81		8.53		17.69		C
c	12.19		7.00		11.40		10.70		c
D	8.22		7.72		1.93		17.89		D
d	9.88		13.36		7.43		11.77		d
E	7.25		13.27		7.41		9.74		E
					3.11		13.25		e

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

/FECHA 3

NOMBRE DE LA VIA :	Av. Callasuyo	PROVINCIA :	
TRITO :		TIPO DE VIA :	ANCHO VIA

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

TURA DE POSTE :	
MODELO DE LUMINARIA :	
POTENCIA DE LAMPARA :	
MODELO DE LAMPARA :	
MODELO DE PASTORAL :	

	A	B	C	D	E
1	18	27	36	45	54
2	17	26	35	44	53
3	16	25	34	43	52
4	15	24	33	42	51
5	14	23	32	41	50
6	13	22	31	40	49
7	12	21	30	39	48
8	11	20	29	38	47
9	10	19	28	37	46

ILUMINANCIA

NO:	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VANO:
1	27.20m		24.15m		24.80m				1
2	20.52		7.12		21.14				2
3	23.67		7.41		23.17				3
4	27.63		7.62		23.63				4
5	21.10		7.58		22.11				5
6	12.81		7.74		20.11				6
7	16.85		6.47		16.60				7
8	12.67		7.77		11.66				8
9	14.72		8.47		13.70				9
10	16.57		7.89		15.01				10
11	10.42		8.26		15.69				11
12	16.11		8.67		15.61				12
13	14.30		7.43		15.80				13
14	8.47		10.77		19.77				14
15	9.71		12.43		20.45				15
16	10.72		12.72		19.90				16
17	10.87		13.19		18.8				17
18	11.09		13.07		16.95				18
19	11.38		12.84		14.68				19
20	10.71		14.03		14.74				20
21	4.42		20.45		21.91				21
22	8.67		21.07		23.72				22
23	7.87		20.52		30.00				23
24	7.07		19.13		32.24				24
25	6.51		17.77		31.8				25
26	6.43		18.23		38.90				26
27	7.77		20.09		35.7				27
28	7.83		22.7		31.8				28
29	8.15		23.88		29.4				29
30	7.35		25.77		27.2				30
31	7.24		23.27		25.70				31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

VEREDAS	2.10m				2.10m				2.10m				VEREDAS																
ANCHO	A	a	B	b	C	c	D	d	E	e	A	a	B	b	C	c	D	d	E	e									
	11.69	7.77	8.07	8.02	5.04	6.64	5.39	4.24	7.77	6.52	4.22	4.52	5.12	6.21	11.01	13.32	10.69	17.84	17.77	20.08	9.55	6.84	13.12	17.42	8.65	11.62	27.80	35.2	18.12

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

FECHA 3-03-08-11

NOMBRE DE LA VIA:	Av. Collasuyo	PROVINCIA:	
STRITO:		TIPO DE VIA:	ANCHO VIA

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

TURA DE POSTE:	
TIPO DE LUMINARIA:	
INTENSIDAD DE LAMPARA:	
TIPO DE LAMPARA:	
TIPO DE PASTORAL:	

A	B	C	D	E
18	17	22.7	36	45
17	16	22.4	35	44
16	15	22.1	34	43
15	14	21.8	33	42
14	13	21.5	32	41
13	12	21.2	31	40
12	11	20.9	30	39
11	10	20.6	29	38
10	9	20.3	28	37

ILUMINACION

NO:	10028 - VIA-1	10027 - VIA-2	10027 - VIA-1	10026 - VIA-2	10025 - VIA-1	10025 - VIA-2	VIA-1	VIA-2	VANO:
ALGUTUD:	25.10m		25m		25m				LONGITUD:
1	23.8		27.0		14.42				1
2	20.9		25.3		17.56				2
3	19.3		23.1		22.40				3
4	15.6		21.0		21.1				4
5	16.0		19.6		20.1				5
6	12.2		18.2		18.83				6
7	15.1		18.4		15.4				7
8	14.4		16.8		16.25				8
9	13.7		16.5		16.69				9
10	13.2		16.3		17.40				10
11	12.1		15.0		16.75				11
12	10.9		13.3		15.28				12
13	11.3		11.4		13.53				13
14	11.4		12.8		14.57				14
15	11.2		12.3		14.69				15
16	11.1		11.8		15.6				16
17	10.7		11.2		14.37				17
18	10.7		13.4		13.38				18
19	11.0		10.3		21.47				19
20	11.3		13.0		18.64				20
21	11.2		12.7		20.22				21
22	11.4		12.5		19.22				22
23	11.8		12.6		17.12				23
24	11.3		12.0		15.31				24
25	18.6		16.17		31.4				25
26	18.1		16.45		30.7				26
27	17.4		16.47		31.2				27
28	16.8		16.40		29.6				28
29	15.5		17.1		29.50				29
30	15.4		21.24		24.31				30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

REDAS							VEREDAS
ANCHO	2.10m	2.10m	2.10m				ANCHO
A	18.4	14.8	10.81				A
a	10.3	11.6	12.1				a
B	14.7	13.4	11.69				B
b	6.31	11.8	9.14				b
C	8.13	6.3	11.58				C
c	7.77	10.8	7.80				c
D	10.7	8.67	17.9				D
d	10.3	11.1	10.12				d
E	13.5	11.77	24.93				E

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

FECHA: 02/08/2011

Ht. 220

NOMBRE DE LA VIA:	AV. ANTONIO LORENA	PROVINCIA:	CUSCO
STRITO:	CUSCO	TIPO DE VIA:	Colectorio
		ANCHO VIA:	7.00

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

TURA DE POSTE:	30m
PO DE LUMINARIA:	SCR - PHILIPS
INTENSIDAD DE LAMPARA:	150W
PO DE LAMPARA:	VAPOR DE SODIO
PO DE PASTORAL:	FLEPPO

	A	B	C	D	E
18	28	27	36	45	45
17	26	26	35	44	44
16	25	25	34	43	43
15	24	24	33	42	42
14	23	23	32	41	41
13	22	22	31	40	40
12	21	21	30	39	39
11	20	20	29	38	38
10	19	19	28	37	37

ANO:	79490 - 79497 ✓	7847 - 7848 ✓	7348 - 7349 ✓	7349 - 7350 ✓	VANO:
------	-----------------	---------------	---------------	---------------	-------

INGITUD:	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	LONGITUD:
1	21.20m	31.20m	23.70m	23.70m	23.00m	33.00m	36.10m	36.10m	1
2	10.2	6.83	22.2	23.7	17.6	17.9	18.1	18.4	2
3	11.6	8.73	22.3	22.7	20.1	23.1	18.4	17.7	3
4	11.4	8.76	21.4	21.00	22.2	24.7	18.7	15.1	4
5	13.7	7.19	22.3	18.3	22.7	25.1	18.6	17.9	5
6	13.8	6.25	20.7	17.8	22.3	24.2	17.6	13.5	6
7	9.29	9.12	11.2	13.1	13.5	14.4	9.28	6.52	7
8	10.08	8.90	12.2	13.5	13.6	14.3	9.17	6.70	8
9	11.04	8.62	12.4	13.2	13.1	13.6	8.10	6.81	9
10	12.05	8.13	12.5	12.9	12.9	12.3	7.73	7.22	10
11	9.72	7.84	12.5	12.6	12.2	11.1	7.65	7.12	11
12	9.10	7.46	12.2	12.5	11.2	9.73	7.16	6.90	12
13	11.9	11.7	12.3	9.7	11.7	10.1	3.96	4.63	13
14	12.5	11.3	13.1	12.9	12.5	10.7	5.37	5.29	14
15	13.2	11.2	13.3	13.7	13.1	11.3	5.98	5.21	15
16	13.3	11.8	12.6	14.00	13.9	12.5	5.93	6.10	16
17	17.3	12.3	11.2	13.7	14.2	13.4	6.23	4.16	17
18	12.8	12.7	11.2	13.2	14.0	13.5	6.54	4.13	18
19	26.5	23.2	19.2	22.1	26.1	24.7	8.94	4.22	19
20	27.6	26.3	18.7	23.3	28.1	23.7	6.97	7.60	20
21	26.9	25.6	20.6	25.3	27.9	23.2	7.25	7.79	21
22	25.4	23.7	22.7	23.0	25.3	21.3	7.53	8.02	22
23	21.3	22.3	24.6	26.3	23.2	20.2	7.88	7.95	23
24	18.4	20.3	24.5	24.9	20.5	18.9	8.13	9.3	24
25	21.2	21.3	33.7	38.1	21.3	20.6	12.8	9.78	25
26	22.1	23.8	35.3	39.4	23.9	23.8	12.6	9.47	26
27	26.6	28.7	33.3	38.2	27.0	26.7	11.2	4.60	27
28	31.2	32.5	26.3	34.1	29.3	31.3	10.00	9.29	28
29	35.3	32.7	22.4	29.2	33.8	33.1	7.71	8.54	29
30	36.1	39.8	26.4	23.3	34.5	34.8	7.54	9.78	30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

VEREDAS	1.70m				VEREDAS
ANCHO	1.70m		1.70m		ANCHO
A	8.16	15.1	15.10	14.3	A
a	5.65	15.5	13.5	10.6	a
B	7.75	10.3	10.3	8.75	B
b	6.97	11.5	8.76	5.48	b
C	8.75	8.22	10.2	6.37	C
c	10.6	11.3	8.07	4.25	c
D	11.2	13.3	13.7	6.04	D
d	16.1	19.8	17.2	6.08	d
E	13.1	17.1	14.7	8.93	E

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

/FECHA:

NOMBRE DE LA VIA:	AV. ANTONIO LORENA	PROVINCIA:	
DISTRITO:		TIPO DE VIA:	

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

ALTURA DE POSTE:	
TIPO DE LUMINARIA:	
POTENCIA DE LAMPARA:	
TIPO DE LAMPARA:	
TIPO DE PASTORAL:	

	A	B	C	D	E
B	18	27	26	26	45
S	17	26	26	35	44
Y	16	25	25	34	43
S	15	24	24	33	42
S	14	23	23	32	41
S	13	22	22	31	40
S	12	21	21	30	39
S	11	20	20	29	38
S	10	19	19	28	37

ILUMINACION

VANO:	7350 - 7346		7346 = 7345		7345 - 9344		7344 - 7343		VANO:
	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	
LONGITUD:	34.70m	34.70m	35.00m	35.00m	40.90m	40.90m	31.30m	31.30m	LONGITUD:
1	11.5	10.4	12.3	11.4	11.2	11.44	13.8	15.3	1
2	11.1	10.05	12.5	12.1	0.63	0.53	33.4	19.8	2
3	10.8	10.2	12.7	13.3	1.64	0.57	31.1	23.8	3
4	10.3	10.7	13.3	14.1	2.54	5.38	30.8	24.3	4
5	10.5	11.7	13.4	14.2	6.63	6.63	23.2	30.9	5
6	10.6	12.7	13.9	14.4	6.02	6.31	27.2	31.8	6
7	5.37	6.63	8.23	8.13	4.11	4.25	13.	19.2	7
8	5.83	6.38	8.17	8.18	3.08	2.95	13.2	18.1	8
9	6.13	6.46	7.93	8.30	3.96	3.72	17.1	17.0	9
10	6.93	6.67	7.67	8.23	2.40	1.22	19.3	15.3	10
11	7.90	6.72	7.63	7.53	3.06	0.53	20.4	11.1	11
12	7.93	7.43	7.05	7.02	1.87	0.90	20.6	12.3	12
13	8.28	6.53	8.28	7.48	0.71	2.42	16.5	14.3	13
14	8.84	6.75	8.62	8.33	3.17	2.70	18.6	15.3	14
15	9.07	6.43	8.93	8.41	1.42	2.94	18.7	15.7	15
16	9.64	6.73	9.20	8.23	3.77	3.06	17.5	16.1	16
17	8.29	6.03	4.62	8.12	2.06	3.64	15.3	15.5	17
18	7.96	6.35	9.57	7.31	3.94	3.69	13.4	14.6	18
19	13.6	11.2	15.00	15.5	12.8	11.4	19.2	25.7	19
20	14.8	12.5	15.2	15.6	13.3	11.4	22.	24.5	20
21	16.3	14.3	14.3	15.4	13.7	11.7	23.7	27.3	21
22	17.2	14.8	13.0	14.2	13.4	11.3	24.4	21.7	22
23	17.5	15.3	11.8	12.8	12.2	12.2	15.4	19.6	23
24	16.1	14.1	10.8	11.4	12.3	12.7	25.7	12.	24
25	24.2	27.6	9.57	13.2	24.3	34.1	36.1	21.00	25
26	27.7	21.8	10.8	14.1	34.8	32.8	30.	27.2	26
27	22.6	19.9	11.7	14.1	33.1	31.2	27.8	27.7	27
28	21.1	19.2	12.3	14.8	29.3	28.7	25.2	31.1	28
29	18.2	15.3	13.8	17.3	25.7	26.4	24.3	35.3	29
30	16.7	12.5	14.2	14.6	22.3	19.6	24.2	38.9	30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

VEREDAS	ANCHO				VEREDAS
	1.70m		1.70m		
A	9.64		11.7		A
a	12.09		8.57		a
B	5.23		7.25		B
b	5.33		6.02		b
C	7.41		7.73		C
c	5.37		7.07		c
D	10.6		9.16		D
d	8.23		10.2		d
E	13.5		8.02		e

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

FECHA: 02/08/2011

H22

NOMBRE DE LA VIA:	AV. ANTONIO LOPEZA	PROVINCIA:	
DISTRITO:		TIPO DE VIA:	
CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO		ANCHO VIA	7.10

ALTURA DE POSTE:		A	B	C	D	E
TIPO DE LUMINARIA:		9	18	27	36	45
POTENCIA DE LAMPARA:		8	17	26	35	44
TIPO DE LAMPARA:		7	16	25	34	43
TIPO DE PASTORAL:		6	15	24	33	42
		5	14	23	32	41
		4	13	22	31	40
		3	12	21	30	39
		2	11	20	29	38
		1	10	19	28	37
		0	9	18	27	36

VANO:		7343 - 7342		7342 - 7341		7341 - 7340		7340 - 7339		VANO:
		VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	
LONGITUD:		34.80m	34.80m	33.70m	33.70m	36.80m	36.80m	33.70m	33.70m	LONGITUD:
1	18.7	27.6	12.6	19.6	24.3	22.9	9.75	14.2	1	
2	19.3	27.2	13.2	21.7	25.3	23.3	9.35	14.5	2	
3	18.2	26.1	13.7	24.1	25.9	22.9	11.12	15.7	3	
4	17.1	24.5	14.2	23.7	24.9	21.8	13.9	15.5	4	
5	16.3	21.8	15.3	27.2	26.9	20.9	12.9	12.1	5	
6	14.1	21.3	17.4	21.5	25.7	18.8	10.5	10.5	6	
7	7.81	15.8	7.73	10.7	10.9	12.4	10.00	8.03	7	
8	7.23	16.7	7.65	12.3	11.2	12.5	9.69	9.69	8	
9	7.61	13.9	7.62	12.1	11.9	12.6	7.73	8.69	9	
10	7.92	13.5	7.53	13.9	12.3	12.5	4.04	10.2	10	
11	7.78	14.	7.69	13.5	12.2	11.5	7.76	10.7	11	
12	8.29	12.3	7.73	11.6	11.3	11.1	5.16	10.6	12	
13	8.40	12.9	13.3	22.5	10.9	11.9	10.9	11.6	13	
14	8.27	12.7	14.2	21.4	11.4	12.4	11.7	11.8	14	
15	8.33	13.9	13.7	21.8	11.3	13.2	11.6	11.9	15	
16	8.44	14.1	13.7	21.00	11.6	13.1	11.3	11.7	16	
17	8.50	13.7	12.5	18.5	11.1	11.9	10.7	11.5	17	
18	7.40	13.8	11.2	17.3	10.7	13.7	10.2	11.00	18	
19	12.9	22.1	24.5	27.6	14.9	21.7	22.2	22.4	19	
20	12.6	24.3	25.1	27.4	15.3	23.7	23.8	22.0	20	
21	14.4	26.5	25.4	30.3	16.7	21.8	23.00	21.7	21	
22	15.1	26.9	24.5	29.5	16.8	22.4	23.1	20.8	22	
23	15.6	26.5	23.5	28.2	18.1	20.4	22.1	19.9	23	
24	17.1	26.3	22.5	25.5	18.3	18.6	22.7	17.5	24	
25	21.5	28.3	26.7	29.4	18.3	19.6	18.1	18.3	25	
26	27.8	37.2	36.2	30.2	21.9	23.7	20.6	20.2	26	
27	25.3	34.3	36.7	33.3	22.1	24.3	24.2	22.5	27	
28	23.4	32.2	31.9	35.5	19.2	21.8	30.8	25.7	28	
29	27.5	28.7	34.2	38.2	16.3	21.1	32.4	28.3	29	
30	20.3	25.5	41.1	24.8	19.2	19.6	36.2	30.00	30	
31									31	
32									32	
33									33	
34									34	
35									35	
36									36	
37									37	
38									38	
39									39	
40									40	
41									41	
42									42	
43									43	
44									44	
45									45	

VEREDAS	1.80 m		1.70 m		1.70 m		1.70 m		VEREDAS
ANCHO	1.70		1.70 m		1.70 m		1.70 m		ANCHO
A	12.1		13.2		25.3		10.2	A	
a	14.2		16.7		16.8		11.00	a	
B	8.00		8.05		11.7		8.54	B	
b	16.7		11.3		11.5		9.77	b	
C	10.5		14.2		7.14		10.5	C	
c	12.7		21.8		12.3		10.9	c	
D	20.1		15.7		12.2		10.2	D	
d	17.7		21.6		18.5		13.4	d	
E	25.1		40.3		11.2		14.4	E	
e	20.5		22.5		14.7		13.2	e	

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

/FECHA :

OMBRE DE LA VIA :	AV. ANTONIO LORENA	PROVINCIA :	
ISTRITO :		TIPO DE VIA :	ANCHO VIA

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

LTURA DE POSTE :	
IPO DE LUMINARIA :	
OTENCIA DE LAMPARA :	
IPO DE LAMPARA :	
IPO DE PASTORAL :	

A	B	C	D	E
18	27	36	45	
17	26	35	44	
16	25	34	43	
15	24	33	42	
14	23	32	41	
13	22	31	40	
12	21	30	39	
11	20	29	38	
10	19	28	37	
a	b	c	d	e

ILUMINACIA

ANO:	37074 - VIA-1	37075 VIA-2	37075 - VIA-1	37076 VIA-2	37076 - VIA-1	37077 VIA-2	VIA-1	VIA-2	VANO:
ONGITUD:	30.90m	30.90m	30.20m	30.20m	29.40m	29.40m			LONGITUD:
1	22.7	21.4	17.4	18.3	10.4	12.6			1
2	23.6	21.5	19.2	17.5	10.8	13.2			2
3	24.2	20.2	20.1	18.4	11.3	13.3			3
4	20.1	19.2	22.2	18.6	12.5	10.7			4
5	19.3	18.3	22.5	17.4	6.63	12.3			5
6	16.1	16.3	23.1	8.20	7.46	13.3			6
7	16.2	12.7	13.3	9.28	8.72	21.7			7
8	10.8	11.3	14.5	9.19	8.73	21.8			8
9	10.2	10.3	14.0	8.10	9.90	19.5			9
10	10.4	10.6	12.5	9.73	8.28	17.3			10
11	10.1	11.3	11.9	9.76	9.07	27.6			11
12	11.2	10.4	12.7	8.33	8.74	27.6			12
13	6.44	11.2	12.5	8.78	13.1	7.81			13
14	6.45	12.7	13.1	8.69	14.8	7.36			14
15	8.29	14.5	13.9	8.21	16.3	6.84			15
16	6.40	14.4	14.0	13.5	17.2	8.25			16
17	9.93	14.1	20.2	12.3	17.5	8.70			17
18	10.2	13.8	21.7	10.1	16.1	7.61			18
19	13.5	16.2	23.3	9.75	24.2	13.30			19
20	14.2	18.9	20.3	11.1	21.1	11.12			20
21	15.5	21.4	27.	8.33	14.3	12.10			21
22	15.3	23.4	29.6	6.77	13.3	12.70			22
23	16.7	27.3	33.1	9.78	16.1	11.00			23
24	16.2	20.9	37.6	9.60	15.5	12.50			24
25	19.9	28.7	33.3	8.54	14.1	11.80			25
26	20.5	27.3	20.4	12.5	21.7	14.10			26
27	20.3	28.5	22.5	13.2	19.1	18.60			27
28	17.4	24.7	21.8	12.1	21.2	20.10			28
29	14.8	21.6	18.4	11.9	22.5	21.10			29
30	12.7	18.9	21.3	10.8	25.7	21.70			30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

VEREDAS	ANCHO	1.70	1.70m	1.40 m	VEREDAS	ANCHO
A	11.7		12.5	10.00	A	
a	11.9		15.3	12.80	a	
B	9.15		7.03	9.10	B	
b	10.8		10.3	11.00	b	
C	9.25		14.5	11.10	C	
c	13.1		21.9	10.90	c	
D	10.9		12.7	12.55	D	
d	25.1		20.7	14.50	d	
E	9.9		40.8	11.5	E	
e	12.0		20.1	12.2	e	

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

NOMBRE DE LA VIA :	Av. cultura	PROVINCIA :	Cusco
STIPIO :	Wanchaga	TIPO DE VIA :	colectora -1- ANCHO VIA 11.00 m
CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO			
TURA DE POSTE :	10 m		
PO DE LUMINARIA :	SCO PHILIPS		
INTENSIDAD DE LAMPARA :	250 W		
PO DE LAMPARA :	VAPOR de Sodio		
PO DE PASTORAL :	Hierro		
ILUMINANCIA			

A	B	C	D	E
2.8	2.7	2.6	2.5	2.4
2.3	2.2	2.1	2.0	1.9
1.8	1.7	1.6	1.5	1.4
1.3	1.2	1.1	1.0	0.9
0.8	0.7	0.6	0.5	0.4
0.3	0.2	0.1	0.0	0.0

VANO:	3356 - 2425		2425 - 2426		2426 - 2432		VIA - 1,	VIA - 2	VANO:
	VIA - 1	VIA - 2	VIA - 1	VIA - 2	VIA - 1	VIA - 2			
1	33.00m	33.00m	40.70m	40.70m	29.20m	29.20m			1
2	11.54	1.23	12.74	24.70	16.02	7.62			2
3	14.25	4.16	16.12	22.40	20.24	10.60			3
4	15.87	29.50	19.67	20.40	23.71	7.39			4
5	19.68	44.50	22.61	17.60	30.2	6.74			5
6	21.87	38.10	24.00	14.80	35.9	10.30			6
7	23.69	31.80	34.4	12.90	40.7	5.10			7
8	25.44	26.20	38.8	10.60	42.9	4.98			8
9	24.42	21.26	41.2	8.72	47.00	14.20			9
10	21.62	16.97	42.9	7.22	16.05	10.20			10
11	11.72	12.02	11.45	9.42	16.56	25.20			11
12	8.90	13.42	13.94	11.80	19.38	24.90			12
13	15.69	31.20	16.40	12.50	24.91	22.10			13
14	20.29	30.90	19.25	12.70	25.11	22.00			14
15	24.19	30.20	21.12	10.20	29.12	19.20			15
16	21.92	25.20	25.04	8.67	33.2	15.80			16
17	19.98	19.87	27.56	7.52	34.00	13.40			17
18	16.31	15.49	28.48	7.23	26.64	13.70			18
19	10.8	13.19	28.82	5.40	13.89	8.72			19
20	8.52	10.92	7.11	5.86	15.54	23.20			20
21	10.29	9.78	7.47	7.90	17.02	24.50			21
22	12.98	20.26	8.74	10.90	20.10	22.80			22
23	13.95	19.62	9.97	10.30	22.86	19.80			23
24	15.38	16.18	11.81	10.30	26.24	16.20			24
25	16.84	14.83	13.02	8.84	28.05	19.90			25
26	15.05	10.98	12.48	7.62	28.96	9.80			26
27	8.46	8.88	13.68	6.63	27.18	8.50			27
28	2.35	8.70	10.81	6.70	26.48	2.24			28
29	8.12	11.58	6.55	7.92	10.26	8.98			29
30	9.71	19.09	7.42	16.02	12.41	10.70			30
31	11.90	20.26	8.59	25.30	13.55	35.80			31
32	13.81	18.31	9.51	22.10	15.68	33.20			32
33	15.46	15.37	10.47	18.70	18.27	25.50			33
34	16.49	12.98	11.60	15.40	20.09	21.60			34
35	14.18	11.56	12.52	12.40	21.52	16.10			35
36	6.84	11.58	11.91	9.15	22.58	12.40			36
37	5.56	8.36	8.29	7.12	21.90	10.50			37
38	11.52	34.60	11.82	28.30	12.67	60.60			38
39	13.85	28.50	14.52	31.00	16.10	57.70			39
40	17.16	25.10	16.82	29.50	21.64	30.10			40
41	21.12	7.76	19.08	32.80	26.05	50.70			41
42	24.58	4.03	23.55	28.20	24.4	44.70			42
43	29.79	3.46	31.4	23.30	37.8	33.80			43
44	26.1	14.78	24.89	18.30	39.8	26.30			44
45	25.01	12.56	19.16	14.60	54.5	19.20			45
46	23.20	10.20	1.62	11.00	60.2	14.40			46

VEREDAS	ANCHO					
VEREDAS	2.80m	2.80m	2.90m			
A	5.10	4.54	5.60			A
a	15.16	5.21	8.03			a
B	4.42	8.64	8.58			B
b	10.88	3.62	7.42			b
C	4.58	5.94	5.87			C
c	6.91	5.14	6.71			c
D	4.28	3.72	5.82			D
d	7.58	6.05	5.43			d
E	4.64	4.19	4.11			E
e	7.21	8.39	9.54			e

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

FECHA: 01/08/2001/4.

NOMBRE DE LA VIA:		AV. CULTORA		PROVINCIA:		CUSCO	
DISTRITO:		CUSCO		TIPO DE VIA:		COLECTORA 1 ANCHO VIA 10-60	
CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO							
ALTURA DE POSTE:		10m		A		B	
TIPO DE LUMINARIA:		SCR PHILIPS		C		D	
CAPACIDAD DE LAMPARA:		280		E			
TIPO DE LAMPARA:		VAPOR DE SODIO					
TIPO DE PASTORAL:		FIERRO					
ILUMINANCIA							
ANO:	2439-2442	2442-2446	2446-2448	2448-2448	2448-2448	2448-2448	2448-2448
LONGITUD:	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VANO:
1	35.70 m	35.70 m	37.00 m	31.00	36.00	36.00	LONGITUD:
2	27.3	12.2	5.16	66.8	32.4	43.5	1
3	32.1	12.3	5.43	47.9	30.2	41.4	2
4	36.9	12.4	9.15	55.4	26.3	40.4	3
5	41.8	16.5	26.7	50.4	24.2	38.0	4
6	40.7	19.1	23.9	43.3	22.1	37.6	5
7	44.	22.5	20.7	32.8	17.6	28.4	6
8	47.7	24.3	18.3	31.3	15.9	35.2	7
9	49.6	25.7	17.3	27.1	12.2	32.5	8
10	51.2	28.2	14.5	23.7	11.6	30.2	9
11	15.7	6.57	9.06	13.5	10.	18.8	10
12	18.6	10.2	11.3	16.5	10.2	16.8	11
13	21.6	13.2	12.4	18.4	16.6	12.3	12
14	24.7	12.4	16.4	19.5	11.3	13.7	13
15	28.5	17.2	12.6	19.8	12.3	16.0	14
16	29.1	16.1	12.5	21.5	13.0	19.9	15
17	29.6	10.3	13.00	16.7	13.4	20.3	16
18	29.3	8.53	5.3	5.17	13.13	20.2	17
19	7.53	7.50	2.10	8.28	16.1	26.6	18
20	1.42	7.31	10.6	3.63	16.2	21.1	19
21	3.07	9.61	10.5	8.42	18.3	20.4	20
22	4.37	9.71	12.4	13.4	14.7	19.3	21
23	10.7	8.53	14.1	12.9	13.5	18.2	22
24	11.6	9.55	15.7	11.9	12.3	17.9	23
25	10.5	9.51	16.4	10.7	11.1	17.3	24
26	10.2	11.3	17.6	10.8	9.36	16.6	25
27	10.1	8.95	17.2	11.7	9.31	14.7	26
28	9.54	9.42	12.5	10.9	8.96	13.3	27
29	9.28	14.6	17.00	9.65	9.4	17.3	28
30	10.2	16.3	23.4	7.09	12.3	19.3	29
31	9.52	22.7	22.3	7.82	15.00	21.6	30
32	10.8	20.5	27.2	8.15	19.2	30.1	31
33	16.2	18.9	24.7	8.16	23.1	30.8	32
34	10.5	17.2	21.2	5.73	26.7	29.9	33
35	13.6	16.4	18.5	5.14	30.7	35.7	34
36	9.60	13.3	14.7	5.05	35.2	35.8	35
37	7.13	12.8	12.7	0.63	35.5	40.6	36
38	16.5	12.2	15.7	2.37	38.4	41.5	37
39	16.3	14.7	17.5	7.3	36.9	39.7	38
40	16.9	17.1	20.7	6.31	34.7	38.4	39
41	22.6	20.2	24.2	14.7	30.1	34.6	40
42	21.5	22.4	27.5	11.7	25.7	30.5	41
43	19.9	27.4	29.6	12.1	22.1	27.2	42
44	18.0	32.9	34.9	12.5	20.4	22.9	43
45	16.5	40.2	35.3	11.8	15.3	19.3	44
46	14.5	46.4	28.2	10.4	12.8	16.2	45
VEREDAS							VEREDAS
ANCHO	2.80 m		2.80 m		2.80 m		ANCHO.
A	4.15		4.3		4.54		A
B	8.67		14.7		19.2		a
C	2.63		126.08		10.3		B
D	6.79		10.3		10.2		b
E	2.92		5.31		4.09		C
F	9.73		4.18		10.5		c
G	3.58		4.21		4.76		D
H	9.34		7.39		12.3		d
I	7.89		5.32		4.69		E
J	16.2		7.16		16.6		e

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

NOMBRE DE LA VIA : Av. Cul 705 ca PROVINCIA :
 DISTRITO : TIPO DE VIA : ANCHO VIA :

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

ALTURA DE POSTE :
 TIPO DE LUMINARIA :
 POTENCIA DE LAMPARA :
 TIPO DE LAMPARA :
 TIPO DE PASTORAL :

A	B	C	D	E
27	27	27	26	25
25	25	25	24	23
23	23	23	22	21
21	21	21	20	19
19	19	19	18	17
17	17	17	16	15
15	15	15	14	13
13	13	13	12	11
11	11	11	10	9
9	9	9	8	7
7	7	7	6	5
5	5	5	4	3
3	3	3	2	1

ILUMINACION

VANO:	33137 - VIA-1	10227 - VIA-2	10177 - VIA-1	10226 - VIA-2	10226 - VIA-1	10225 - VIA-2	10225 - VIA-1	10233 - VIA-2	VANO:
LONGITUD:	29.40		25.50		23.10		24.10		LONGITUD:
1	21.11		33.2		21.94		44.2		1
2	22.26		33.3		22.20		41.4		2
3	23.15		31.1		21.15		43.4		3
4	23.16		27.1		17.79		33.1		4
5	22.14		23.21		15.63		27.7		5
6	20.12		20.39		13.19		23.72		6
7	18.86		22.80		23.42		23.33		7
8	22.55		23.11		23.48		23.79		8
9	23.57		22.84		21.01		34.08		9
10	22.96		20.26		21.00		21.2		10
11	20.40		18.17		17.76		21.34		11
12	17.04		15.54		15.66		18.04		12
13	29.38		18.79		13.54		24.53		13
14	32.5		19.24		32.3		40.4		14
15	28.6		19.34		32.9		34.3		15
16	24.16		18.54		31.4		21.5		16
17	20.44		16.32		28.5		22.49		17
18	17.77		14.14		22.44		16.36		18
19	41.4		20.67		47.6		52.8		19
20	40.9		20.28		43.		32.5		20
21	37.4		19.41		39.6		47.		21
22	31.4		18.00		35.5		39.7		22
23	27.16		16.72		31.		37.3		23
24	24.40		14.66		27.2		30.2		24
25	44.		16.68		43.8		53		25
26	42.80		15.80		47.7		32		26
27	34.1		19.39		46.6		43.7		27
28	37.80		18.33		37.7		33		28
29	30.5		15.13		34.		31.1		29
30	26.3		17.32		21.6		26.34		30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

REDAS

NCHO	220	2.20	2.20	2.20	2.20	ANCHO
A	14.44	18.54	13.16	30.1	A	
a	15.51	12.73	7.94	13.51	a	
B	13.00	9.37	13.28	21.13	B	
b	11.017	8.61	8.06	10.96	b	
C	14.317	11.24	16.87	26.08	C	
c	10.32	11.17	11.52	16.48	c	
D	23.97	12.67	26.81	31.44	D	
d	13.04	3.30	14.92	41.01	d	
E	26.45	12.84	34.9	56.5	E	
e	13.44	7.34	15	35.92	e	

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

NOMBRE DE LA VIA :	Av. cultura	PROVINCIA :	
DISTRITO :		TIPO DE VIA :	ANCHO VIA

CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO

ALTURA DE POSTE :	
TIPO DE LUMINARIA :	
POTENCIA DE LAMPARA :	
TIPO DE LAMPARA :	
TIPO DE PASTORAL :	

A	B	C	D	E
1	2	3	4	5
2	3	4	5	6
3	4	5	6	7
4	5	6	7	8
5	6	7	8	9
6	7	8	9	10
7	8	9	10	11
8	9	10	11	12
9	10	11	12	13
10	11	12	13	14
11	12	13	14	15
12	13	14	15	16
13	14	15	16	17
14	15	16	17	18
15	16	17	18	19
16	17	18	19	20
17	18	19	20	21
18	19	20	21	22
19	20	21	22	23
20	21	22	23	24
21	22	23	24	25
22	23	24	25	26
23	24	25	26	27
24	25	26	27	28
25	26	27	28	29
26	27	28	29	30
27	28	29	30	31
28	29	30	31	32
29	30	31	32	33
30	31	32	33	34
31	32	33	34	35
32	33	34	35	36
33	34	35	36	37
34	35	36	37	38
35	36	37	38	39
36	37	38	39	40
37	38	39	40	41
38	39	40	41	42
39	40	41	42	43
40	41	42	43	44
41	42	43	44	45
42	43	44	45	46
43	44	45	46	47
44	45	46	47	48
45	46	47	48	49
46	47	48	49	50
47	48	49	50	51
48	49	50	51	52
49	50	51	52	53
50	51	52	53	54
51	52	53	54	55
52	53	54	55	56
53	54	55	56	57
54	55	56	57	58
55	56	57	58	59
56	57	58	59	60
57	58	59	60	61
58	59	60	61	62
59	60	61	62	63
60	61	62	63	64
61	62	63	64	65
62	63	64	65	66
63	64	65	66	67
64	65	66	67	68
65	66	67	68	69
66	67	68	69	70
67	68	69	70	71
68	69	70	71	72
69	70	71	72	73
70	71	72	73	74
71	72	73	74	75
72	73	74	75	76
73	74	75	76	77
74	75	76	77	78
75	76	77	78	79
76	77	78	79	80
77	78	79	80	81
78	79	80	81	82
79	80	81	82	83
80	81	82	83	84
81	82	83	84	85
82	83	84	85	86
83	84	85	86	87
84	85	86	87	88
85	86	87	88	89
86	87	88	89	90
87	88	89	90	91
88	89	90	91	92
89	90	91	92	93
90	91	92	93	94
91	92	93	94	95
92	93	94	95	96
93	94	95	96	97
94	95	96	97	98
95	96	97	98	99
96	97	98	99	100

VANO:	ILUMINACIA				10.12.3		10.22.5		VANO:
	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	VIA-1	VIA-2	
LONGITUD:	23.70		24.60		24.20		28.80		LONGITUD:
1	40.5		34.2		40.5		30.1		1
2	46.1		33.7		47.0		40.6		2
3	34.6		37.7		43.5		42.6		3
4	33.1		32		36.6		37.2		4
5	24		28.5		31.2		23.1		5
6	23.9		23.9		26.40		25.19		6
7	34.4		18.94		31.9		30		7
8	31.1		31.7		33.8		24.2		8
9	32		32		31.1		23.80		9
10	25.81		24.4		26.4		21.59		10
11	27.30		23.4		22.7		13.21		11
12	19.93		22.21		19.51		14.43		12
13	39.2		33.4		37		14.30		13
14	31.1		32.6		36.1		12.06		14
15	31.2		20.1		33.2		17.24		15
16	26.8		26.7		27.6		17.76		16
17	21.85		22.42		22.43		17.37		17
18	14.41		20.76		20.20		14.25		18
19	47.4		45.7		52.2		12.88		19
20	46.4		44		53.4		10.78		20
21	41.9		41		48.3		12.59		21
22	37.3		34.9		41.5		11.42		22
23	31.9		30.6		34.2		4.38		23
24	28.3		26.30		29.1		5.88		24
25	24.50		22.5		26.6		16.20		25
26	46.1		53		34.2		10.16		26
27	45.4		48.2		30.2		9.53		27
28	41.7		42.7		43.4		8.33		28
29	36.1		32.6		35.5		7.76		29
30	31.6		30.6		30.6		7.00		30
31									31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45

VEREDAS					VEREDAS				
ANCHO	2.20	2.20	2.20	2.20	ANCHO	2.20	2.20	2.20	ANCHO
A	32.13	21.20	24.45	21.85	A	32.13	21.20	24.45	21.85
a	14.61	19.44	15.16	13.20	a	14.61	19.44	15.16	13.20
B	26	15.24	12.17	13.57	B	26	15.24	12.17	13.57
b	10.47	11.26	10.86	8.81	b	10.47	11.26	10.86	8.81
C	21.41	21.53	13.74	10.17	C	21.41	21.53	13.74	10.17
c	13.98	11.39	11.43	6.01	c	13.98	11.39	11.43	6.01
D	32.9	24.4	35.5	6.46	D	32.9	24.4	35.5	6.46
d	20.63	14.13	14.01	5.32	d	20.63	14.13	14.01	5.32
E	30.6	40.6	38.5	7.45	E	30.6	40.6	38.5	7.45
e	21.31	16.94	13.20	2.13	e	21.31	16.94	13.20	2.13

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

NOMBRE DE LA VIA :		Av. cultura		PROVINCIA :			ANCHO VIA		
CARRITO :				TIPO DE VIA :					
CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO									
ALTURA DE POSTE :									
TIPO DE LUMINARIA :									
POTENCIA DE LAMPARA :									
TIPO DE LAMPARA :									
TIPO DE PASTORAL :									
		ILUMINANCIA							
VANO :	10210 VIA 1	10210 VIA 2	10216 VIA 1	10216 VIA 2	10216 VIA 1	862 VIA 1	562 VIA 1	567 VIA 1	VANO
LONGITUD :									LONGITUD
1	8.56		28.6		34.70		2.9		1
2	8.56		17.93		16.83		14.41		2
3	8.56		13.47		17.78		19.27		3
4	7.95		13.49		17.68		17.54		4
5	7.23		13.22		16.29		15.28		5
6	6.46		11.82		14.79		13.85		6
7	8.59		10.68		13.63		11.94		7
8	8.56		11.09		11.87		16.64		8
9	8.25		14.46		12.16		15.83		9
10	7.83		13.81		12.13		14.85		10
11	7.33		12.75		11.74		13.63		11
12	6.67		10.91		10.68		11.96		12
13	10.35		9.47		9.18		11.64		13
14	10.76		14.85		15.10		14.67		14
15	10.53		15.44		14.89		13.61		15
16	10.40		14.40		13.99		13.51		16
17	10.19		12.90		17.34		12.12		17
18	9.17		12.14		11.15		11.09		18
19	15.33		10.80		9.89		9.99		19
20	15.14		21.76		21.22		16.45		20
21	14.42		22.68		20.15		15.70		21
22	14.11		20.80		17.41		13.83		22
23	13.16		19.53		14.65		11.46		23
24	11.43		16.73		13.06		11.35		24
25	16.45		13.54		11.03		10.03		25
26	18.22		13.30		22.67		15.12		26
27	17.93		18.64		26.16		15.90		27
28	15.62		18.65		24.48		15.17		28
29	12.79		18.44		21.28		14.23		29
30	16.65		15.31		18.13		12.26		30
31			13.95		15.03		11.13		31
32									32
33									33
34									34
35									35
36									36
37									37
38									38
39									39
40									40
41									41
42									42
43									43
44									44
45									45
VEREDAS									VEREDAS
ANCHO	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	ANCHO	
A	6.23	11.63	11.90	17.72	A				
a	4.23	7.01	7.14	9.80	a				
B	5.58	7.50	7.55	16.50	B				
b	4.44	6.24	5.86	7.40	b				
C	6.53	11.12	10.31	12.40	C				
c	5.65	6.72	6.10	8.48	c				
D	10.44	7.49	17.59	10.57	D				
d	6.35	9.32	7.80	8.27	d				
E	12.24	13.89	21.15	10.30	E				
e	7.70	8.96	8.37	9.23	e				

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

NOMBRE DE LA VIA :		AU. Cultura				PROVINCIA :			
DISTRITO :						TIPO DE VIA :		ANCHO VIA :	
CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO									
ALTURA DE POSTE :									
TIPO DE LUMINARIA :									
POTENCIA DE LAMPARA :									
TIPO DE LAMPARA :									
TIPO DE PASTORAL :									
ILUMINANCIA									
VANO:	567 - VIA 1	569 - VIA 2	569 - VIA 1	570 - VIA 2	570 - VIA 1	577 - VIA 1	577 - VIA 2	577 - VIA 1	577 - VIA 2
LONGITUD	3.2		31.20		55.3		25.4		25.4
1	14.40		22.56		15.30		15.25		15.25
2	14.43		23.19		12.59		15.06		15.06
3	13.63		22.66		14.01		13.77		13.77
4	17.01		20.64		13.34		12.44		12.44
5	10.72		13.57		12.34		10.69		10.69
6	10.10		16.85		11.02		9.32		9.32
7	13.67		14.01		10.67		16.02		16.02
8	13.97		14.51		9.33		15.77		15.77
9	13.41		14.09		8.04		15.11		15.11
10	11.63		13.35		7.17		13.76		13.76
11	10.41		13.40		7.30		12.76		12.76
12	9.17		12.83		6.66		11.34		11.34
13	13.81		14.50		5.21		17.22		17.22
14	15.04		14.65		5.02		16.49		16.49
15	14.62		14.40		5.45		14.93		14.93
16	14.33		13.52		5.03		13.14		13.14
17	13.47		11.64		4.85		11.46		11.46
18	13.20		10.70		4.26		13.21		13.21
19	14.84		18.10		9.38		20.86		20.86
20	24.87		13.29		7.50		19.47		19.47
21	24.79		17.45		8.13		18.28		18.28
22	23.44		15.44		8.31		16.84		16.84
23	20.29		13.56		7.70		14.64		14.64
24	18.69		11.51		6.63		12.78		12.78
25	30.2		19.17		19.50		28.04		28.04
26	31		20.50		17.80		26.42		26.42
27	30		19.89		17.44		24.36		24.36
28	27		18.28		15.36		21.79		21.79
29	23.42		15.94		13.09		18.12		18.12
30	20.71		14.02		10.85		15.20		15.20
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
VEREDAS	2-20		2-20		2-20		2-20		VEREDAS
ANCHO	2-20		2-20		2-20		2-20		ANCHO
A	12.53		15.22		15.64		13.62		A
a	9.15		11.44		10.15		6.71		a
B	8.91		11.28		15.07		13.20		B
b	8.33		7.70		4.64		4.70		b
C	17.78		4.64		2.79		14.44		C
c	8.81		4.35		3.17		3.67		c
D	21.65		13.28		7.50		17.46		D
d	12.78		10.56		4.54		4.02		d
E	26.1		15.35		15.55		17.44		E
e	11.30		11.25		7.26		3.45		e

MEDICIONES DE ALUMBRADO PUBLICO

NOMBRE DE LA VIA :		AV. CULLIUA		PROVINCIA		ANCHO VIA	
DISTRITO :				FECHA DE VIA			
CARACTERISTICAS DEL VANO MEDIDO							
ALFURA DE POSTE :							
TIPO DE LUMINARIA :							
POTENCIA DE LAMPARA :							
TIPO DE LAMPARA :							
TIPO DE PASTORAL :							
ILUMINANCIA							
VANO :	576 - 575	575 - 574	574 - 573	VIA - 1	VIA - 2	VIA - 1	VIA - 2
LONGITUD :	VIA - 1	VIA - 2	VIA - 1	VIA - 2	VIA - 1	VIA - 2	LONGITUD :
1	24.8	21.20	28.9				
2	24.42	22.57	21.9				
3	23.95	23.30	21.3				
4	21.53	25.45	19.1				
5	18.64	21.03	16.7				
6	15.25	17.69	14.9				
7	12.73	15.81	7.24				
8	21.18	13.57	15.7				
9	21.75	24.63	15.1				
10	14.80	22.89	14.7				
11	18	19.92	13.4				
12	15.66	17.28	12				
13	13.65	16.10	11.4				
14	19.61	15.4	11.3				
15	19.01	24.8	11.2				
16	12.55	23.7	10.6				
17	15.11	21.4	9.9				
18	13.13	19.9	8.96				
19	12.78	16.2	7.7				
20	21.83	20.8	9.04				
21	21.44	25.8	8.81				
22	20.15	24.7	8.42				
23	17.28	22.6	7.87				
24	15.63	20	7.15				
25	13.82	17.3	6.24				
26	24.76	22.8	9.83				
27	24.81	25.7	9.68				
28	22.57	24.5	8.09				
29	14.15	23.5	8.06				
30	13.71	17.1	7.37				
31	17.30	15.5	6.77				
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							
VEREDAS							VEREDAS
ANCHO	2.20	2.20	2.20				ANCHO
A	10.40	18.65	15.3				A
a	5.77	3.34	6.96				a
B	16.49	18.89	11.5				B
b	5.36	5.32	6.42				b
C	15.36	19.20	7.6				C
c	7.25	7.4	4.50				c
D	19.05	18.23	7.81				D
d	4.70	6.6	5.36				d
E	18.12	19.6	7.28				E
e	4.34	7.4	5.46				e



ANEXO III
(COSTOS UNITARIOS)



ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

DESCRIPCION : SUBIDA Y DESCENSO A ESTRUCTURA					
FECHA : 14/12/2012		RENDIMIENTO: 32		UNIDAD /DIA	
COSTO POR : UNIDAD					
INSUMOS					
IT	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO S/.	PARCIAL S/.
IN1					0.00
IN2					0.00
IN3					0.00
IN4					0.00
IN5					0.00
SUB TOTAL INSUMOS					0.00
ACTIVIDADES COMPONENTES					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD		C.U. S/.	PARCIAL S/.
AC1					0.00
AC2					0.00
AC3					0.00
AC4					0.00
AC5					0.00
AC6					0.00
AC7					0.00
SUB TOTAL ACTIVIDADES COMPONENTES					0.00
MANO DE OBRA					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD	APORTE H.H.	COSTO H.H. S/.	PARCIAL S/.
RH1	Capataz	0	0	10.41	0.00
RH2	Operario	0	0	9.16	0.00
RH3	Oficial	1	0.25	8.33	2.08
RH4	Peón	0	0	3.75	0.00
RH5	Topógrafo	0	0	6.25	0.00
RH6	Dibujante	0	0	5.00	0.00
RH7	Ingeniero	0	0	16.66	0.00
SUB TOTAL MANO DE OBRA					2.08
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD	REND. H.M.	ALQUILER S/.	PARCIAL S/.
EH1		0	0	0.00	0.00
EH2		0	0	0.00	0.00
EH3		0	0	0.00	0.00
EH4		0	0	0.00	0.00
EH5	Herramientas (Porcentaje de M.O.)				0.00
EH6	Equipos de Seguridad (Porcentaje MO)				0.00
EH7	Transporte (Porcentaje de M.O.)				0.00
SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.00
COSTO UNITARIO FINAL					
SUBIDA Y DESCENSO A ESTRUCTURA				2.08	

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

DESCRIPCION : MONTAJE/DESMONTAJE LAMPARA					
FECHA : 14/12/2012		RENDIMIENTO: 26		LAMPARA /DIA	
COSTO POR : LAMPARA					
INSUMOS					
IT	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO S/.	PARCIAL S/.
IN1					0.00
IN2					0.00
IN3					0.00
IN4					0.00
IN5					0.00
SUB TOTAL INSUMOS					0.00
ACTIVIDADES COMPONENTES					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD		C.U. S/.	PARCIAL S/.
AC1					0.00
AC2					0.00
AC3					0.00
AC4					0.00
AC5					0.00
AC6					0.00
AC7					0.00
SUB TOTAL ACTIVIDADES COMPONENTES					0.00
MANO DE OBRA					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD	APORTE H.H.	COSTO H.H S/.	PARCIAL S/.
RH1	Capataz	0	0	10.41	0.00
RH2	Operario	0	0	9.16	0.00
RH3	Oficial	1	0.31	8.33	2.58
RH4	Peón	0	0	3.75	0.00
RH5	Topógrafo	0	0	6.25	0.00
RH6	Dibujante	0	0	5.00	0.00
RH7	Ingeniero	0	0	16.66	0.00
SUB TOTAL MANO DE OBRA					2.58
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD	REND. H.M.	ALQUILER S/.	PARCIAL S/.
EH1		0	0	0.00	0.00
EH2		0	0	0.00	0.00
EH3		0	0	0.00	0.00
EH4		0	0	0.00	0.00
EH5	Herramientas (Porcentaje de M.O.)				0.00
EH6	Equipos de Seguridad (Porcentaje MO)				0.00
EH7	Transporte (Porcentaje de M.O.)				0.00
SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.00
COSTO UNITARIO FINAL					
MONTAJE/DESMONTAJE LAMPARA				2.58	

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

DESCRIPCION : LIMPIEZA DE DIFUSOR					
FECHA : 14/12/2012		RENDIMIENTO: 48		LUMINARIA /DIA	
COSTO POR : LUMINARIA					
INSUMOS					
IT	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO S/.	PARCIAL S/.
IN1					0.00
IN2					0.00
IN3					0.00
IN4					0.00
IN5					0.00
SUB TOTAL INSUMOS					0.00
ACTIVIDADES COMPONENTES					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD		C.U. S/.	PARCIAL S/.
AC1					0.00
AC2					0.00
AC3					0.00
AC4					0.00
AC5					0.00
AC6					0.00
AC7					0.00
SUB TOTAL ACTIVIDADES COMPONENTES					0.00
MANO DE OBRA					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD	APORTE H.H.	COSTO H.H. S/.	PARCIAL S/.
RH1	Capataz	0	0	10.41	0.00
RH2	Operario	0	0	9.16	0.00
RH3	Oficial	1	0.17	8.33	1.42
RH4	Peón	0	0	3.75	0.00
RH5	Topógrafo	0	0	6.25	0.00
RH6	Dibujante	0	0	5.00	0.00
RH7	Ingeniero	0	0	16.66	0.00
SUB TOTAL MANO DE OBRA					1.42
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD	REND. H.M.	ALQUILER S/.	PARCIAL S/.
EH1		0	0	0.00	0.00
EH2		0	0	0.00	0.00
EH3		0	0	0.00	0.00
EH4		0	0	0.00	0.00
EH5	Herramientas (Porcentaje de M.O.)				0.00
EH6	Equipos de Seguridad (Porcentaje MO)				0.00
EH7	Transporte (Porcentaje de M.O.)				0.00
SUB TOTAL EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					0.00
COSTO UNITARIO FINAL					
LIMPIEZA DE DIFUSOR				1.42	

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

DESCRIPCION : CAMBIO DE LAMPARA					
FECHA :		14/12/2012	RENDIMIENTO:		15 LAMPARA /DIA
COSTO POR :		LAMPARA			
INSUMOS					
IT	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO S/.	PARCIAL S/.
IN1					0.00
IN2					0.00
IN3					0.00
IN4					0.00
IN5					0.00
SUB TOTAL INSUMOS					0.00
ACTIVIDADES COMPONENTES					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD		C.U. S/.	PARCIAL S/.
AC1	Subida y Descenso a Estructura	1.00		2.08	2.08
AC2	Instalación/Retiro de Pastoral	0.00		3.51	0.00
AC3	Instalación/Retiro de Luminaria	0.00		2.06	0.00
AC4	Instalación/Retiro de Equipo Auxiliar	0.00		2.75	0.00
AC5	Instalación/Retiro de Lampara	2.00		2.58	5.16
AC6	Limpieza de Difusor	1.00		1.42	1.42
AC7	Instalación/Retiro de Equipo de Control/Mando	0.00		5.77	0.00
SUB TOTAL ACTIVIDADES COMPONENTES					8.66
MANO DE OBRA					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD	APORTE H.H.	COSTO H.H S/.	PARCIAL S/.
RH1	Capataz	0.00	0.00	10.41	0.00
RH2	Operario	0.00	0.00	9.16	0.00
RH3	Oficial	0.00	0.00	8.33	0.00
RH4	Peón	0.00	0.00	3.75	0.00
RH5	Topógrafo	0.00	0.00	6.25	0.00
RH6	Dibujante	0.00	0.00	5.00	0.00
RH7	Ingeniero	0.00	0.00	16.66	0.00
SUB TOTAL PERSONAL					0.00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD	REND. H.M.	ALQUILER S/.	PARCIAL S/.
EH1		0.00	0.00	0.00	0.00
EH2		0.00	0.00	0.00	0.00
EH3		0.00	0.00	0.00	0.00
EH4		0.00	0.00	0.00	0.00
EH5	Herramientas (Porcentaje de M.O.)	5%			0.43
EH6	Equipos de Seguridad (Porcentaje MO)	3%			0.26
EH7	G.G. Y utilidades (Porcentaje de M.O.)	15%			1.30
SUB TOTAL GG Y UTILIDADES					1.99
SUB TOTAL					10.65
IGV		18%			1.92
COSTO UNITARIO FINAL CAMBIO DE LAMPARA				12.57	

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

DESCRIPCION : CAMBIO O LIMPIEZA DE DIFUSOR					
FECHA : 14/12/2012		RENDIMIENTO: 20		UNIDAD /DIA	
COSTO POR : UNIDAD					
INSUMOS					
IT	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO S/.	PARCIAL S/.
IN1					0.00
IN2					0.00
IN3					0.00
IN4					0.00
IN5					0.00
SUB TOTAL INSUMOS					0.00
ACTIVIDADES COMPONENTES					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD		C.U. S/.	PARCIAL S/.
AC1	Subida y Descenso a Estructura	1.00		2.08	2.08
AC2	Instalación/Retiro de Pastoral	0.00		3.51	0.00
AC3	Instalación/Retiro de Luminaria	0.00		2.06	0.00
AC4	Instalación/Retiro de Equipo Auxiliar	0.00		2.75	0.00
AC5	Instalación/Retiro de Lampara	0.00		2.58	0.00
AC6	Cambio o Limpieza de Difusor	1.00		1.42	1.42
AC7	Instalación/Retiro de Equipo de Control/Mando	0.00		5.77	0.00
SUB TOTAL ACTIVIDADES COMPONENTES					3.50
MANO DE OBRA					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD	APORTE H.H.	COSTO H.H. S/.	PARCIAL S/.
RH1	Capataz	0.00	0.00	10.41	0.00
RH2	Operario	0.00	0.00	9.16	0.00
RH3	Oficial	0.00	0.00	8.33	0.00
RH4	Peón	0.00	0.00	3.75	0.00
RH5	Topógrafo	0.00	0.00	6.25	0.00
RH6	Dibujante	0.00	0.00	5.00	0.00
RH7	Ingeniero	0.00	0.00	16.66	0.00
SUB TOTAL PERSONAL					0.00
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS					
IT	DESCRIPCION	CANTIDAD	REND. H.M.	ALQUILER S/.	PARCIAL S/.
EH1		0.00	0.00	0.00	0.00
EH2		0.00	0.00	0.00	0.00
EH3		0.00	0.00	0.00	0.00
EH4		0.00	0.00	0.00	0.00
EH5	Herramientas (Porcentaje de M.O.)	5%			0.18
EH6	Equipos de Seguridad (Porcentaje MO)	3%			0.11
EH7	G.G. Y utilidades (Porcentaje de M.O.)	15%			0.53
SUB TOTAL GG Y UTILIDADES					0.82
SUB TOTAL					4.32
IGV					18%
IGV					0.78
COSTO UNITARIO FINAL					
CAMBIO O LIMPIEZA DE DIFUSOR				5.10	



ANEXO IV

(PLANOS)

