



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADOS

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE  
MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**Título:**

---

**“Evaluación de la eficiencia del alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Latacunga año 2013. Diseño y evaluación de un sistema de gestión para mejorar la eficiencia energética del sistema de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Cotopaxi”.**

---

Autor: Ing. Carlos Gustavo Cevallos Carvajal

Tutor: Ing. MSc. Gabriel Hernández Ramírez

LATACUNGA – ECUADOR

Diciembre - 2013



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## UNIDAD DE POSGRADOS

Latacunga – Ecuador

---

### APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Cevallos Carvajal Carlos Gustavo, con el título de tesis: **“Evaluación de la eficiencia del alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Latacunga año 2013. Diseño y evaluación de un sistema de gestión para mejorar la eficiencia energética del sistema de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Cotopaxi”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Noviembre 2013

Para constancia firman:

.....  
NOMBRES Y APELLIDOS  
PRESIDENTE

.....  
NOMBRES Y APELLIDOS  
MIEMBRO

.....  
NOMBRES Y APELLIDOS  
PROFESIONAL EXTERNO

.....  
NOMBRES Y APELLIDOS  
OPOSITOR

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

Latacunga, octubre del 2013

En mi calidad de Director de Tesis presentada por el Ing. Cevallos Carvajal Carlos Gustavo, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“Evaluación de la eficiencia del alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Latacunga año 2013. Diseño y evaluación de un sistema de gestión para mejorar la eficiencia energética del sistema de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Cotopaxi”**.

Considero que dicho trabajo reúne trabajo requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente

MSc. Gabriel Hernández Ramírez  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **AUTORIA**

Yo, Carlos Gustavo Cevallos Carvajal, portador del número cédula 0501864441, declaro que la presente Tesis de Grado, es fruto de mi esfuerzo, responsabilidad y disciplina, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

Atentamente,

Ing. Carlos Gustavo Cevallos Carvajal  
C.I. 0501864441



## **AGRADECIMIENTO**

Mi sincero agradecimiento al MSc. Gabriel Hernández Ramírez Director del proyecto por su acertada dirección que ha conducido a la culminación del presente trabajo.

Es digno brindar nuestro agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, en especial al Departamento de Posgrados que han apoyado en la realización del presente proyecto.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado con todo cariño en especial a mi esposa e hijos y a mis padres que gracias a sus consejos y apoyo incondicional han aportado para lograr conseguir una meta anhelada, todo lo cual ha sido gracias a la bendición de Dios.

Carlos Gustavo

## CERTIFICACIÓN DE CREDITOS QUE AVALAN LA TESIS

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**

**PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”**

“Evaluación de la eficiencia del alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Latacunga año 2013. Diseño y evaluación de un sistema de gestión para mejorar la eficiencia energética del sistema de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Cotopaxi”.

Autor: Ing. Carlos Gustavo Cevallos Carvajal

Fecha: Noviembre del 2103

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**

**TITULO: “Evaluación de la eficiencia del alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Latacunga año 2013. Diseño y evaluación de un sistema de gestión para mejorar la eficiencia energética del sistema de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Cotopaxi”.**

**Autor:** Ing. Carlos Gustavo Cevallos Carvajal  
**Tutor:** MSc. Gabriel Hernández Ramírez

**RESUMEN**

Debe tenerse en consideración que, el sistema de iluminación pública, tiene una estructura propia con componentes fuertemente interrelacionados. Además, no se trata de una instalación eléctrica solamente, sino que se instaure como un servicio a la ciudadanía. Debido a que constituye un servicio, no sólo hay que controlar la puesta en funcionamiento, sino que debe programarse cuidadosamente su continuidad en todo el ciclo de vida, que se estima entre 20 y 30 años. Sin criterios de base y políticas no definidas en la gestión del alumbrado urbano, se conducirá al servicio a un desequilibrio, en diversos aspectos. Una Gestión que centre su atención sólo en la puesta en servicio, olvidando su continuidad temporal, conducirá rápidamente a la obsolescencia de las instalaciones con costos elevados. El presente trabajo desarrolla medidas básicas para alcanzar el objetivo de una Gestión de la información para la evaluación del mantenimiento del alumbrado urbano, con la premisa de lograr un servicio de iluminación pública eficiente. Para ello, no es suficiente la calidad técnica sino que, además, debe obtenerse una calidad de prestación que contemple los requerimientos de la ciudadanía. Para lograr lo antedicho, es necesario contar con una estructura que permita controlar la marcha del servicio y la obtención de índices característicos, que permitan lograr eficiencia y tomar medidas correctivas, cuando son necesarias, de manera de consolidar un sistema de mejora continua. Debe entenderse por tal, al conjunto de herramientas, métodos, estrategias y políticas que, combinados de forma armónica dentro de una filosofía de Gestión, facilitan el acceso, de forma consistente, a nuevos y mejores niveles en materia de calidad, servicio y satisfacción, permitiendo así orientar la Gestión de la iluminación pública hacia quienes debe ser dirigida: los ciudadanos.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**

**TITULO: “Evaluación de la eficiencia del alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Latacunga año 2013. Diseño y evaluación de un sistema de gestión para mejorar la eficiencia energética del sistema de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Cotopaxi”.**

**Autor:** Ing. Carlos Gustavo Cevallos Carvajal  
**Tutor:** MSc. Gabriel Hernández Ramírez

**ABSTRACT**

It should be borne in mind that the public lighting system, has a structure very strongly interrelated components. Furthermore, it is not only an electrical installation, but is established as a service to the public. Because it is a service, not only to control the operation but must be carefully planned continuity throughout the life cycle, estimated between 20 and 30 years. Without the basic criteria and policies are not defined in the management of urban lighting, the service will lead to an imbalance in various aspects. A management focus its attention only to the commissioning, forgetting their temporal continuity, will quickly lead to the obsolescence of high-cost facilities. This paper develops basic measures to achieve the target of a management information for evaluating the maintenance of street lighting, on the premise of achieving efficient public lighting service. This is not sufficient technical quality but also should get a quality provision that addresses the requirements of citizenship. To achieve the above, it is necessary to have a structure to monitor the progress of the service and obtaining indices characteristic for achieving efficiency and take corrective action, when necessary, so as to consolidate a system of continuous improvement. It should be understood as such, the set of tools, methods, strategies and policies which, combined in harmony within a philosophy of management, facilitate access, consistently, to new and higher standards in quality, service and satisfaction, allowing management to guide the public enlightenment to those who should be addressed: the citizens.

## INDICE GENERAL

PORTADA .....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS .....	iii
AUTORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
INDICE GENERAL.....	xii
INTRODUCCION.....	1

### CAPITULO I

EL PROBLEMA .....	2
1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	2
1.1.1 ENERGÍA, PRESENTE Y FUTURO .....	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.3 OBJETO DE ESTUDIO.....	4
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.5 OBJETIVOS.....	7
1.5.1 OBJETIVOS GENERALES .....	7
1.5.2 CAMPO DE ACCIÓN .....	7
1.5.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
1.6 HIPÓTESIS .....	8

### CAPITULO II

MARCO TEORICO .....	9
---------------------	---

2.1 ANTECEDENTES .....	9
2.1.1 OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN .....	11
2.2 FUNDAMENTO TEÓRICO .....	12
2.3 MARCO LEGAL VIGENTE .....	12
2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	14
2.5 LÁMPARAS LEDS .....	21
2.6 POSIBLES APLICACIONES DE LEDS EN LA ILUMINACIÓN VIAL ATENDIENDO A SU RENDIMIENTO LUMINOSO.....	23
2.7 CÁLCULO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO .....	25
2.7.1 MÉTODO DE LOS LÚMENES O DEL FACTOR DE UTILIZACIÓN .....	25
2.7.2 CÁLCULO DE LA SEPARACIÓN ENTRE LUMINARIAS.....	29
2.7.3 MÉTODOS NUMÉRICOS .....	30
2.7.4 CÁLCULO DE LUMINANCIAS .....	37
CAPITULO III	
METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	39
3.2 MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN .....	39
3.2.1 INVESTIGACIÓN CUANTI – CUALITATIVA.....	39
3.2.2 DE CAMPO.....	40
3.2.3 DE INTERVENCIÓN SOCIAL.....	41
3.2.4 BIBLIOGRÁFICA DOCUMENTAL .....	41
3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	41
3.3.1 OBSERVACIÓN.....	41
3.3.2 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVO .....	42
3.3.3 INVESTIGACIÓN PROSPECTIVA .....	42
3.3.4 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	42

3.3.5 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL O DE LABORATORIO .....	42
3.3.6 INVESTIGACIÓN EXPLORATIVA .....	43
3.3.7 SIMULACIÓN .....	43
3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	43
3.5 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	45
3.5.1 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	45
3.6 CARACTERÍSTICAS Y DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL CENTRO HISTÓRICO LATACUNGA CON LUMINARIAS DE 150W SODIO ALTA PRESIÓN .....	46
3.7 EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA DEL PROYECTO.....	54

#### CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	55
4.1. ENTREVISTA DIRECTIVOS ELEPCO S.A. ....	55
4.1.1 DIRECTOR TÉCNICO .....	55
4.1.2 JEFE DE ALUMBRADO PÚBLICO .....	57
4.1.3 JEFE DE GRUPO.....	59
4.2 ENCUESTA CLIENTES RESIDENCIALES DEL CENTRO HISTÓRICO .....	61
4.3 TRIANGULACIÓN DE LOS ENCUESTADOS A LOS DIRECTIVOS .....	71
4.4 MODELO DE ILUMINACIÓN (ULYSSE).....	72
4.4.1 ILUMINAR LAS CALLES DE LA CIUDAD .....	77
4.4.2 ILUMINAR PARQUES .....	77
4.5 SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL DEL CENTRO HISTÓRICO .....	79
4.6 CONCLUSIONES DEL CAPITULO .....	85

#### CAPITULO V

LA PROPUESTA.....	87
-------------------	----

5.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA .....	87
5.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA .....	87
5.3 OBJETIVO DE LA PROPUESTA .....	88
5.4 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA .....	88
5.5 DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	88
5.5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA.....	88
5.5.2 PARÁMETROS DE SELECCIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA CLASE DE ILUMINACIÓN.....	91
5.5.3 PARÁMETROS DE ILUMINACIÓN.....	95
5.5.4 DISEÑO DE ILUMINACIÓN .....	96
5.5.5 CÁLCULOS .....	96
5.5.6 RESULTADOS .....	96
5.5.7 GEOMETRÍA DE CÁLCULO .....	101
5.5.8 CONDICIONES DE MONTAJE.....	103
5.5.9 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.....	104
5.5.10 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	115
5.6 IMPLEMENTACIÓN TECNOLÓGICA .....	118
5.6.1 INVERSIÓN ADICIONAL DEL EQUIPAMIENTO PARA EQUIPOS DOBLE NIVEL DE POTENCIA.....	118
5.6.2 MANTENIMIENTO.....	118
5.6.3 AUMENTO DE LA VIDA DE LA LÁMPARA .....	119
5.6.4 AUMENTO DE LA VIDA DEL EQUIPO AUXILIAR Y LA LUMINARIA...	119
5.6.7 AHORRO EN MANTENIMIENTO Y REPOSICIÓN DE LÁMPARAS .....	120
5.7 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	120
5.8 CONCLUSIONES GENERALES .....	121
BIBLIOGRAFIA.....	123

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N°1: COMPARACIÓN DE LUMINARIAS SODIO Y LUMINARIAS LEDS. ....	24
CUADRO N°2: POTENCIA LEDS CON EFICIENCIAS DE 80 Y 100 LM/W.....	24
CUADRO N°3: TIPOS DE VÍA E ILUMINACIÓN .....	26
CUADRO N°4: FLUJOS RECOMENDADOS .....	27
CUADRO N°5: RELACIÓN DE ALTURAS .....	27
CUADRO N°6: CARACTERÍSTICAS DE LUMINARIAS POR VÍAS.....	27
CUADRO N°7: VARIABLE INDEPENDIENTE: .....	43
CUADRO N°8: VARIABLE DEPENDIENTE: .....	45
CUADRO N°9: VIA TIPO DE HASTA 7M (INCLUYE VÍAS PEATONALES): .....	47
CUADRO N°10: VIA TIPO DE HASTA 10M:.....	47
CUADRO N°11: VIA TIPO DE HASTA 15M:.....	48
CUADRO N°12: TABULACIÓN PREGUNTA 1 .....	61
CUADRO N°13: TABULACIÓN PREGUNTA 2.....	62
CUADRO N°13: TABULACIÓN PREGUNTA 3.....	63
CUADRO N°14: TABULACIÓN PREGUNTA 4.....	64
CUADRO N°15: TABULACIÓN PREGUNTA 5.....	65
CUADRO N°16: TABULACIÓN PREGUNTA 1.....	66
CUADRO N°17: TABULACIÓN PREGUNTA 2.....	67
CUADRO N°18: TABULACIÓN PREGUNTA 3.....	68
CUADRO N°19: TABULACIÓN PREGUNTA 4.....	69
CUADRO N°20: TABULACIÓN PREGUNTA 5.....	70
CUADRO N°21: CONFIGURACIÓN DE LA VÍA DE 7M.....	89
CUADRO N°22: CONFIGURACIÓN DE LA VÍA 10M.....	90
CUADRO N°23: CONFIGURACIÓN DE LA VÍA DE 15M.....	91
CUADRO N°24: SELECCIÓN DE LA CLASE DE ILUMINACIÓN TIPO M.....	92
CUADRO N°25: PARÁMETROS SELECCIÓN CLASE DE ILUMINACIÓN TIPO P .....	94
CUADRO N°26: NIVELES VÍAS TIPO M2 .....	95

CUADRO N°27: NIVELES EN VÍAS P1 .....	96
CUADRO N°28: VIA TIPO DE HASTA 7M (INCLUYE VÍAS PEATONALES): .....	100
CUADRO N°29: VIA TIPO DE HASTA 10M:.....	100
CUADRO N°30: VIA TIPO DE HASTA 15M:.....	101
CUADRO N°31: VIA TIPO DE HASTA 7M (INCLUYE VÍAS PEATONALES) .....	103
CUADRO N°32: VIA TIPO DE HASTA 7M (PEATONALES).....	103
CUADRO N°33: VIA TIPO DE HASTA 15M:.....	104
CUADRO N°34: LUMINARIA LED 48LED'S .....	104
CUADRO N° 35: LUMINARIA LED 64LED'S .....	107
CUADRO N° 36: LUMINARIA LED 96LED'S .....	111
CUADRO N°37: ESTUDIO ECONÓMICO AHORRO ENERGÍA LED'S DE 66W .....	115
CUADRO N°38: ESTUDIO ECONÓMICO AHORRO ENERGÍA LED'S DE 96W .....	116
CUADRO N°39: RESULTADOS DE LA INVERSIÓN .....	117

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°1: DIODOS EMISORES DE LUZ (LED'S) .....	21
FIGURA N°2: LUMINARIAS DE ILUMINACIÓN VIAL LÁMPARAS DE LEDS .....	23
FIGURA N°3: DISTANCIA EN LA VÍA.....	26
FIGURA N°4: CURVAS DE FABRICANTES .....	28
FIGURA N°5: FACTOR DE UTILIZACIÓN .....	28
FIGURA N°6: DISTANCIA ENTRE LUMINARIAS.....	31
FIGURA N°7: DOMINIOS Y PUNTOS .....	31
FIGURA N°8: CALZADA CON CENTROS FOTOMÉTRICOS .....	33
FIGURA N°9: DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS .....	34
FIGURA N°10: CURVA ISOLUX SOBRE LUMINARIAS.....	35
FIGURA N°11: APUNTES VALORES RELATIVOS .....	35
FIGURA N°12: TRASLADO CURVA ISOLUX .....	36
FIGURA N°13: VISTA DE LA CALZADA .....	37
FIGURA N°14: INVESTIGACIÓN DE CAMPO .....	41
FIGURA N°15: INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL .....	43
FIGURA N°16: VERIFICACIÓN DE VALORES DE LUMINARIAS EXISTENTES.....	47
FIGURA N°17: TRABAJO DEL GRUPO DE MANTENIMIENTO .....	50
FIGURA N°18: RELACIÓN PORCENTUAL ENTRE ALTERNATIVAS.....	61
FIGURA N°19: RELACIÓN PORCENTUAL .....	62
FIGURA N°20: RELACIÓN PORCENTUAL TIPOS DE MANTENIMIENTOS.....	63
FIGURA N°21: RELACIÓN PORCENTUAL ACTIVIDADES PROGRAMADAS.....	64
FIGURA N°22: RELACIÓN PORCENTUAL ALTERNATIVAS CAMBIO.....	65
FIGURA N°23: RELACIÓN PORCENTUAL SISTEMA EFECTIVO.....	66
FIGURA N°24: RELACIÓN PORCENTUAL ALTERNATIVAS PLANTEADAS.....	67
FIGURA N°25: RELACIÓN PORCENTUAL ALTERNATIVAS PRESENTADAS.....	68
FIGURA N°26: RELACIÓN PORCENTUAL ALTERNATIVAS PLANTEADAS.....	69
FIGURA N°27: RELACIÓN PORCENTUAL OPCIONES PLANTEADAS .....	70

FIGURA N°28: ABRIR EL SISTEMA, APARECE LA SIGUIENTE PANTALLA .....	72
FIGURA N° 29: OPCIÓN ALUMBRADO PÚBLICO .....	73
FIGURA N°30: OPCIONES DE SENTIDO DE VÍAS Y POSICIÓN DE LUMINARIAS .....	73
FIGURA N° 31: OPCIONES DE UBICACIÓN DE LUMINARIAS .....	74
FIGURA N° 32: SELECCIÓN DE TIPOS DE LUMINARIAS.....	74
FIGURA N° 33: SELECCIÓN DE FLUJOS, WATIOS Y GRADOS DE ILUMINACIÓN .....	75
FIGURA N°34: PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN .....	75
FIGURA N° 35: RESUMEN DE LUMINANCIA.....	76
FIGURA N°36: RESULTADOS MALLAS EL FLUJO LUMINOSO DE LA LÁMPARA.....	78
FIGURA N°37: DIAGRAMA POLAR /CARTESIANO.....	78
FIGURA N°38: GUARDAR EL PROYECTO .....	79
FIGURA N°39: VÍAS DE 7M .....	89
FIGURA N°40: VÍAS DE 10M .....	90
FIGURA N°41: VÍAS DE 15M .....	91
FIGURA N°42: ILUMINACIÓN CALLE QUITO, LÁMPARAS V SODIO 150W .....	97
FIGURA N°43: ILUMINACIÓN CALLE QUITO, LUMINARIA LED´S .....	97
FIGURA N°44: ILUMINACIÓN CALLE QUITO, LÁMPARAS VAPOR DE SODIO 150W .....	97
FIGURA N°45: ILUMINACIÓN CALLE QUITO, LUMINARIA LED´S .....	98
FIGURA N°46: ILUMINACIÓN CALLE QUITO, LÁMPARAS VAPOR DE SODIO 150W .....	99
FIGURA N°47: ILUMINACIÓN CALLE QUITO, LUMINARIA LED´S .....	99
FIGURA N°48: VIA TIPO DE HASTA 7M (INCLUYE VÍAS PEATONALES) .....	101
FIGURA N°49: VIA TIPO DE HASTA 10M:.....	102
FIGURA N° 50: VIA TIPO DE HASTA 15M:.....	102

## INTRODUCCION

El presente trabajo tiene como propósito caracterizar la eficiencia energética, la eficacia luminosa y el ahorro de energía eléctrica del Centro Histórico de la ciudad de Latacunga; basándose en la utilización de una nueva tecnología como es la LED, misma que permite reducir los niveles de contaminación al medio ambiente, y de esta manera contribuir a aprovechar eficientemente la energía eléctrica.

En cuanto a la estructura de la tesis, los capítulos están estructurados de la siguiente manera:

El Capítulo I, se hace un análisis de la problemática de la investigación; se realiza la conceptualización de los niveles macro, meso y micro; se determina el objeto y campo de la investigación, la justificación y se determinan los objetivos.

En el Capítulo II, contiene la base teórica de los antecedentes investigativos que indican las opiniones y explicaciones del problema planteado en la investigación.

En el Capítulo III, se presenta la metodología que se utilizó para elaborar la investigación, el enfoque metodológico, la modalidad, el tipo de investigación, el nivel, las técnicas e instrumentos a utilizar para la recolección de información; así como se declara la población o universo, se determina la muestra para la aplicación de los instrumentos a utilizar.

En el Capítulo IV, se plantea la propuesta, el diseño de iluminación vial pública del centro histórico de la ciudad de Latacunga, con el correspondiente análisis técnico económico y de impacto ambiental, que aprovechara la energía eléctrica con equipos de iluminación más eficientes y eficaces y que representará un ahorro energético y a la vez sin contaminar el medio ambiente.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Antecedentes del problema**

En el centro histórico del cantón Latacunga, ELEPCO S.A. ha implementado algunos procedimientos de mantenimiento del sistema de iluminación, enfocados solamente hacia al ámbito correctivo; es así que en un determinado período de tiempo se encargó a determinados grupos de trabajo la realización de estos procedimientos a tres áreas definidas, estas labores incluyeron el cambio de elementos dañados, limpiezas de difusores, etc., sin que de los mismos se haya llevado un adecuado seguimiento o control de arreglo por luminaria, ni una oportuna evaluación, dificultando una adecuada planificación y conllevando a gastos innecesarios, por cambios repetitivos de elementos que todavía se encuentran dentro de su vida útil

Sin embargo, hasta la presente fecha no se considerado la implementación de procedimientos apropiados de mantenimiento preventivo; todo esto por la falta de una política general de mantenimiento de dicho sistema.

En cuanto a la energía consumida por las luminarias, por la tecnología disponible hasta hace algunos años en el país, ELEPCO S.A. tiene instaladas en su sistema de iluminación luminarias de mercurio de 125W, 175W, 150W y en algunos casos luminarias con un sistema de potencia constante durante su funcionamiento, sin que estas nos hayan permitido discriminar momentos en los cuales es posible reducir la potencia de las luminarias sin afectar los niveles de uniformidad requeridos, conllevando a un desperdicio de energía y a una ineficiencia luminosa por lo por lo que son consideradas de tecnología obsoleta y totalmente ineficiente.

De otro lado, durante la expansión del centro histórico de la ciudad de Latacunga, esta fue consolidando sus vías, plazas, obras de sanidad, obras eléctricas, etc. Pero no necesariamente sus obras de alumbrado público por lo que se puede observar varios puntos en las zonas definidas con falta de este servicio, restando uniformidad al alumbrado existente; es por esto que durante el cambio de las luminarias existentes en

las diferentes sectores y en coordinación con la Ilustre Municipalidad de Latacunga se proveerá de servicio de alumbrado a avenidas, calles, caminos públicos y plazas y en donde falte alumbrado dentro de las zonas consideradas.

El ahorro energético, el cambio de tecnología antigua por tecnología Led's y la eficiencia lumínica dará como resultado la aplicación de la reducción de carbono, al dejar de emitir CO<sub>2</sub> por la generación térmica de energía eléctrica en iluminación pública, contribuyendo con la preservación del medio ambiente.

### **1.1.1 Energía, presente y futuro**

Actualmente, expresiones como “cambio climático”, “Protocolo de Kyoto”, etc... son cada vez más frecuentes en medios de comunicación y en la sociedad en general. También forman parte del discurso de los políticos de muchas naciones. Efectivamente, la sociedad está cada vez más preocupada por el cambio climático que nos está afectando y, sobre todo, por sus consecuencias directas; períodos de extrema sequía, seguidos de grandes inundaciones, huracanes,... y otras catástrofes de origen climático.

El cambio climático está directamente relacionado con el “efecto invernadero”, provocado por las altas tasas de emisión de determinados gases a la atmósfera, principalmente de CO<sub>2</sub>, relacionado directamente con la generación y consumo de energía eléctrica en gran medida.

En países industrializados, se estima que el 35% de los recursos energéticos primarios se utilizan en la producción de energía eléctrica y esto es la causa directa del 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Hay que resaltar que el 15% del consumo energético en estos países se utiliza en iluminación.

Por otra parte, el desarrollo del bienestar social está directamente relacionado con el consumo energético y, al ritmo de crecimiento actual, se plantean dudas acerca de la posibilidad de abastecimiento de energía en un futuro no muy lejano.

Se hace necesario pues, el desarrollo de legislaciones y actuaciones que limiten o inviertan estas tendencias para conseguir un desarrollo sostenible: La búsqueda de fuentes de energía limpias y el uso racional y eficiente de la energía.

La iluminación en general y el alumbrado público en particular, nos proporcionan la oportunidad de adoptar medidas para el ahorro y eficiencia energética, aplicando técnicas simples que describiremos más adelante.

Haciendo referencia al alumbrado público, nos podemos apoyar en el siguiente argumento: a determinadas horas de la noche, disminuye el tráfico rodado de vehículos y de peatones en las vías públicas. En esta situación, disminuyen también las necesidades de unos determinados niveles de iluminación preservando los requisitos de seguridad vial establecidos a condición de mantener la uniformidad del alumbrado.

## **1.2 Formulación del Problema**

El servicio de alumbrado público en el centro urbano del cantón Latacunga, es deficiente, lo que conlleva inseguridad en los transeúntes, pérdidas económicas para la EMPRESA ELECTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. por la baja eficiencia energética y sus costos de mantenimiento.

## **1.3 Objeto de estudio**

Sistema de alumbrado público centro histórico

## **1.4 Justificación de la investigación**

El GAD Municipal del cantón Latacunga no presenta métodos de control, solamente presenta fundamentos teóricos basados en las características de los componentes de la iluminación y técnicas de evaluación sobre costos y beneficios, pero no hay desarrollos sistemas de control del mantenimiento y la evaluación de la calidad del servicio. Temas

como el desarrollo de metodologías de relevamiento para realizar el inventario, sistemas de reclamos y obtención de índices de calidad del servicio, se presentan como los menos investigados.

El presente proyecto tiene un alto nivel de factibilidad para su realización porque abarca los siguientes aspectos:

- Técnico, ya que los equipos se encuentran disponibles y tienen las capacidades técnicas requeridas por la alternativa de solución que se está considerando, también tiene la disponibilidad de tecnología y considera la interfaz entre la situación actual y la nueva mejora
- Operativo, porque al implementar la alternativa de solución y practicar los procesos como corresponden, existe una operación garantizada y efectiva.
- Económico, en razón de que al comparar todos los costos/beneficios de la alternativa del proyecto, se observa un importante ahorro.
- Social, al contribuir con el cumplimiento de la misión y visión institucional a través del cumplimiento de los objetivos y los beneficiarios directos serán la ciudadanía, ELEPCO S.A. y el país en general.

Se considera que para cumplir los objetivos propuestos, se deben realizar las siguientes instalaciones, según zonas definidas dentro del proyecto:

- Sustitución de luminarias por otras de alta eficiencia y bajo índice de contaminación lumínica (equipado con lámparas halogenuros metálicos) e instalación de sistemas de regulación del flujo luminoso.
- Sustitución de lámparas de vapor de mercurio y equipo auxiliar por otras de halogenuros metálicos y equipo auxiliar (reutilizando la luminaria).
- Sustitución de lámparas de vapor de mercurio y equipo auxiliar por otras de tecnología LED. En base al punto anterior, se han realizado las siguientes

actuaciones. Se renovará el equipo y lámpara actuales en varias calles del municipio de Vapor de Mercurio de 125 W., por equipos nuevos de lámpara de halogenuros metálicos de 70 W; ya que esta acción reduce el consumo de energía eléctrica a la mitad y sin embargo se incrementa un 20% aproximadamente el flujo luminoso.

- Se ha observado que en lo que se refiere a la lámpara y el equipo que es compatible con la luminaria existente, no es necesario su cambio, tan solo su limpieza y revisión. Una parte de los báculos actuales tienen aproximadamente unos 11 metros de altura, por lo que para su manipulación y renovación de luminarias es necesario contar con los medios de seguridad apropiados para trabajar en ellos. El resto de ellos, también se disponen mediante brazos murales a fachada, con una altura aproximada de 6 metros.
- Renovación en varias calles de la población de las luminarias existentes alimentadas por equipo y lámpara de vapor de mercurio de 125 W. que se disponen en las fachadas de los edificios mediante un báculo horizontal de 2 metros de longitud, siendo esta luminaria de tipo abierto sin protección en su parte inferior, por lo tanto su grado de ensuciamiento y deterioro es muy elevado, con el consiguiente acusado descenso del rendimiento de la luminaria.
- Renovación en la denominada zona del “Centro Histórico Latacunga”, las luminarias existentes alimentadas por equipo y lámpara de vapor de mercurio de 125 W. que se disponen en las fachadas de los edificios mediante un báculo horizontal de 2 metros de longitud, siendo esta luminaria de tipo abierto sin protección en su parte inferior, por lo tanto su grado de ensuciamiento y deterioro es muy elevado, con el consiguiente acusado descenso del rendimiento de la luminaria e incluso de modelos antiguos con bombilla incandescente.
- Renovación en tres calles emblemáticas de la población de las luminarias existentes alimentadas por equipo y lámpara de vapor de mercurio de 125 W. que se disponen en las fachadas de los edificios mediante un báculo horizontal de 2 metros de longitud, siendo esta luminaria de tipo abierto sin protección en su parte inferior, por

lo tanto su grado de ensuciamiento y deterioro es muy elevado, con el consiguiente acusado descenso del rendimiento de la luminaria.

- Estas luminarias se cambiarán por Luminaria tipo PHILIPS de potencia 69W LEDS, con equipo integrado con óptica para calle estrecha. Construida con marco y carcasa de fundición de aluminio, clips, tornillos, abrazaderas de acero inoxidable. Con cierre de policarbonato mateado con lentes transparentes. Disipador de calor interno de aluminio inyectado alta presión, resistente a la corrosión, con certificado de vida útil de 50.000 horas.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivos Generales**

1. Diagnosticar la calidad del mantenimiento y la eficiencia energética en las luminarias de alumbrado público del centro urbano de la ciudad de Latacunga en el año 2013.
2. Proponer un sistema de iluminación para elevar la eficiencia y reducir costos de mantenimiento en el sistema alumbrado público centro urbano de la ciudad de Latacunga.

### **1.5.2 Campo de acción**

La eficiencia energética y costos de mantenimiento del sistema de alumbrado público.

### **1.5.3 Objetivos Específicos**

1. Analizar los estados del arte de sistema de iluminación pública y su eficiencia, que sirvan de base teórica para la investigación.
2. Determinar los niveles de iluminación del sistema de alumbrado público del centro urbano Latacunga y comparar los niveles con la Normas Ecuatoriana vigentes.

3. Evaluar el estado actual del sistema de mantenimiento y sus costos de operación anual
4. Realizar un análisis de la contribución de los componentes a la insuficiencia del sistema de alumbrado público del centro urbano Latacunga.
5. Proponer una mejor alternativa tecnológica para lograr un mayor nivel de iluminación al existente con la máxima eficiencia y un mínimo costo operativo.

### **1.6 Hipótesis**

Si se logra caracterizar el sistema de iluminación pública teniendo en cuenta la eficiencia, eficacia y efectividad, se podrá proponer alternativas tecnológicas que cumplan con las normas de iluminación y que reduzcan los costos de operación y mantenimiento.

## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1 Antecedentes

Cuando se habla de la seguridad que el servicio de alumbrado público debe prestar, rápidamente lo asociamos a la reducción o incremento de actos delictivos sobre las personas o sus bienes en función de la cantidad de puntos de luz o niveles de iluminación. Aquí hay que diferenciar muy bien dos tipos de cuestiones, una es la seguridad propiamente dicha y la otra es la sensación de seguridad del usuario

La seguridad propiamente dicha se refiere a la cantidad real de actos delictivos denunciados o detectados mediante encuestas (en aquellos casos donde exista el miedo a la denuncia) que se cometen en zonas con mayor o menor nivel de iluminación. Queda demostrado, por distintos estudios que se vienen realizando desde la década del 70' hasta la actualidad y ejecutados a lo largo de todo el mundo que los niveles de iluminación o el incremento de puntos de luz no tienen incidencia alguna sobre la cantidad de actos delictivos

Un claro ejemplo de proyecto de gran envergadura fue realizado en Canadá, con el objetivo de disminuir la polución ambiental producida por los sistemas de generación de energía por combustión de hidrocarburos. Basado en la reducción de las potencias en los puntos de luz (250 a 100W en calles residenciales locales y 250 a 150W en vías principales) en un total de 37.500 luminarias, el programa obtuvo resultados más allá de los esperados. Con un minucioso análisis por parte de la compañía contratada sumada al informe de la Policía quedó demostrado que no se ha experimentado un aumento en la cantidad de actos delictivos cometidos.

La reducción de emisión de gases tóxicos a la atmósfera (medida en toneladas / año) alcanzó el 22,5% después del proyecto. El ratio de ahorro monetario asciende a 1.7 millones de dólares por año. Otros estudios recientes realizados por el departamento de criminología de la Universidad de Cambridge en Inglaterra (Smart, 2006) estiman una

reducción de un 20% en actos delictivos por la mejora en sistemas de iluminación, los autores concluyen que las mejoras sólo fueron detectadas en sitios experimentales y se deben acompañar con proyectos sociales de parte del estado.

Ahora, enfocándonos al entorno del Ecuador, si bien es cierto que la percepción en las personas es muy importante políticamente hablando, nuestro país atraviesa una crisis energética que recién ahora comienza a plasmar consecuencias concretas: suspensión de actividad industrial, aumento de suspensiones de personal vinculado a la producción, restricciones en el uso de la energía, falta de gas para abastecer a los domicilios particulares (gas que se necesita para generar energía eléctrica). Eso sin contar que se transita por un período estacionario donde la demanda eléctrica es menor. Cuando estalle el uso de acondicionadores de aire, se programen cortes de luz o recortes energéticos en la actividad industrial y los niveles de desocupación se incrementen, se provocará un retroceso en el crecimiento del país, entonces ahí seguramente la percepción será diferente.

A pesar que en la bibliografía consultada existen algunos referentes relacionados con el estudio de eficiencia energética de sistemas de alumbrado público, en Ecuador y específicamente en la ciudad de Latacunga no se reportan resultados de investigaciones relacionadas con el tema.

Se presenta una metodología de relevamiento y reconocimiento de las instalaciones de alumbrado público con el fin de integrarlas a un sistema computarizado que permitirá conformar una base de datos de las instalaciones o Inventario Físico. La realización de una metodología de relevamiento es de fundamental importancia para identificar de forma simple y única los puntos de iluminación con que cuenta un municipio, más allá de quién se encargue de realizarlo y orientado para ser tratado por software informático a los fines de su procesamiento. El relevamiento se propone sobre los elementos que constituyen un punto de iluminación que permita tener un conocimiento detallado del mismo, por tanto, se considerarán por punto de luz, una serie de datos a relevar que permitirán realizar consultas por una gran cantidad de criterios. Cabe aquí mencionar, la importancia que tiene un sistema computarizado de inventario para toda Gestión de la iluminación pública. También es útil aclarar que, tanto el relevamiento como su traspaso a un sistema informático, debe ser realizado con personal con altos conocimientos en el

tema. Es recomendable que este procedimiento sea realizado y mantenido en el tiempo por personal municipal, por lo cual, si un municipio no cuenta con personal idóneo en las áreas de luminotecnia e informática, el primer paso a cumplir será la capacitación del personal que se asignará a las tareas de inventario.

### **2.1.1 Objeto de la Investigación**

El sector donde se realiza el estudio para el proyecto es el Centro Histórico de la ciudad de Latacunga, que tiene las características que se detallan a continuación:

Nombre: Centro Histórico de Latacunga

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Ubicación: Casco colonial de la cabecera cantonal

Área de Influencia: 2750m<sup>2</sup>

Cuadras: 35

Luminarias Instaladas: 600

Tipo de luminaria: Sodio de alta presión 150W

Potencia instalada: 90.00 KW

## **2.2 Fundamento Teórico**

Este trabajo hace referencia al ahorro de energía y eficiencia en el alumbrado público, por lo que se necesita definir las variables de estudio que se interrelacionan en este; de esta manera, en el marco general del proyecto se considera la variable dependiente como: Eficiencia del sistema de alumbrado público y la variable independiente Calidad del Mantenimiento de luminarias, que se realizará en el centro urbano de la ciudad de Latacunga.

## **2.3 Marco Legal Vigente**

Según la Regulación No. CONELEC 008/11, el Directorio del Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC, considerando:

Que, los artículos 30 y 31 de la Constitución de la República del Ecuador, preceptúan que las personas tienen derecho a un hábitat seguro y al disfrute pleno de la ciudad y sus espacios públicos;

Que, el segundo inciso del Artículo 3 del Mandato Constituyente No. 15 dispone: "El Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal -FERUM, se financiará con recursos del Presupuesto General del Estado, por lo que a partir de la expedición del presente Mandato, el Ministerio de Finanzas entregará al Fondo de Solidaridad, los recursos necesarios, de conformidad con los planes de inversión aprobados de conformidad con el procedimiento previsto en el Mandato No. 9."En los planes de inversión se incluirá el alumbrado público»;

Que, el señor Procurador General del Estado mediante Oficio No. 026202, de 14 de julio de 2006, absuelve la consulta formulada por el CONELEC señalando que «... las Administraciones Municipales carecen de facultad legal para regular y controlar la prestación del servicio de alumbrado público, por corresponder dicha competencia al Consejo Nacional de Electricidad, CONELEC»;

Que, el alumbrado público es un servicio de importancia para la colectividad que permite la movilidad de las personas, de los vehículos por las vías públicas y provee seguridad a los ciudadanos;

Que, por las características especiales del alumbrado público, se deben normar los aspectos técnicos, económicos y financieros para la prestación del servicio a fin de que este se lo preste con calidad y a un precio justo;

Que, la Comisión Internacional de Iluminación – CIE ha emitido normas a través de las cuales ha determinado niveles de calidad de los parámetros fotométricos, metodología para la medición y diseño del alumbrado que se utiliza en vías peatonales y vehiculares;

Que, de conformidad con la absolución de la Procuraduría General del Estado, le corresponde al CONELEC emitir una Regulación que contenga normas relacionados con aspectos técnicos, en las que se especifiquen las responsabilidades y el alcance de la prestación del servicio de alumbrado, por parte de las diferentes instituciones y empresas involucradas.

Le corresponde al CONELEC:

- Emitir la(s) regulación(es) necesaria(s) de acuerdo con la política energética nacional para la prestación del SAPG por parte de las Distribuidoras dentro de sus áreas de servicio.
- Determinar los costos requeridos por las Empresas Eléctricas para la prestación del SAPG.
- Supervisar y controlar que las Distribuidoras cumplan con los parámetros e índices establecidos en la normativa respecto a:
  - Especificaciones de calidad y continuidad del alumbrado público general (APG)
  - Cálculo del consumo de energía y aplicación tarifaria.

## **2.4 Definición de términos básicos**

Para un mejor entendimiento de la investigación es necesario definir algunos términos y palabras claves que permitirán al lector comprender la necesidad de la investigación, el estudio realizado y la prospectiva que se espera alcanzar en aras de una mejor calidad de vida en el sector de estudio.

### **CRITERIOS PARA UN EFICIENTE ALUMBRADO PÚBLICO**

Las características de luminancia de una instalación de alumbrado público para un eficiente servicio contemplan los siguientes aspectos (SHEREDER, 2012):

#### **UNIFORMIDAD GLOBAL DE LUMINANCIAS**

Variación de luminancias en la calzada que indica la visibilidad de la superficie de la calzada que sirve de fondo para las marcas viales, obstáculos y otros usuarios, la cual se expresa como la relación entre la Luminancia mínima y la Luminancia media de la superficie de la calzada.

#### **UNIFORMIDAD LONGITUDINAL DE LUMINANCIAS**

Relación entre la Luminancia mínima y la Luminancia máxima en el mismo eje longitudinal de las vías de circulación de la calzada, adoptando el valor más desfavorable.

#### **UNIFORMIDAD MEDIA DE ILUMINANCIAS (UM)**

Relación entre la Iluminancia mínima ( $E_{mín}$ ) y la Iluminancia media ( $E_m$ ). de la superficie de la calzada.

#### **UNIFORMIDAD EXTREMA DE ILUMINANCIAS (UE)**

Relación entre la Iluminancia máxima ( $E_{max}$ ) de la calza y la Iluminancia mínima ( $E_{mín}$ ).

## **CANDELA (CD)**

La unidad internacional (SI) de intensidad luminosa. El término se ha conservado desde los primeros días de la iluminación cuando se utilizaba una vela normal de un tamaño y composición fija con base para evaluar la intensidad de las otras fuentes de luz.

## **LÚMEN**

La unidad internacional (SI) para medir el flujo luminoso o cantidad de luz. Por ejemplo, la vela de un candelabro proporciona cerca de 12 lúmenes. Una lámpara incandescente de 60 watts proporciona 725 lúmenes.

## **LUX (LX)**

La unidad SI (internacional) de iluminancia. Un lux es igual a 1 lúmen por metro cuadrado.

## **INTENSIDAD LUMÍNICA**

La intensidad de la iluminación expresada en candelas. Los planos gráficos de la intensidad de la iluminación, llamadas curvas de distribución de intensidad luminosa, se utilizan para indicar las características de la distribución de intensidad en las lámparas tipo reflector.

## **LUMINANCIA**

Anteriormente era la medida del brillo fotométrico. La luminancia tiene una definición matemática bastante complicada que involucra la intensidad y dirección de la luz. Se debe expresar en candelas por pulgada cuadrada o candelas por metro cuadrado, aunque algunas veces todavía se utiliza la unidad antigua “pie- lambert”. La luminancia es una cantidad medible, mientras que el brillo es una sensación subjetiva.

## **DESLUMBRAMIENTO**

Sensación producida dentro del campo visual por una luminancia que es suficientemente mayor o menor que la luminancia a la cual los ojos se habían adaptado y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad. Existe deslumbramiento cegador, directo, indirecto, incómodo e incapacitivo. La magnitud de la sensación del deslumbramiento depende de factores como el tamaño, la posición y la luminancia de la fuente, el número fuentes y la luminancia a la cual estaba adaptado el ojo.

## **TEMPERATURA DE COLOR**

Originalmente, era un término empleado para describir la “blancura” de la luz en las lámparas incandescentes. La temperatura de color está directamente relacionado con la temperatura física del filamento dentro de las lámparas incandescentes, por eso se utiliza la escala de temperatura en grados Kelvin (absoluta) para describir la temperatura de color.

## **UNIFORMIDAD**

*Uniformidad Global de Luminancias ( $U_0$ )*, Variación de luminancias en la calzada que indica la visibilidad de la superficie de la calzada que sirve de fondo para las marcas viales, obstáculos y otros usuarios, la cual se expresa como la relación entre la Luminancia mínima y la Luminancia media de la superficie de la calzada.

*Uniformidad Longitudinal de Luminancias ( $U_L$ )*, Relación entre la Luminancia mínima y la Luminancia máxima en el mismo eje longitudinal de las vías de circulación de la calzada, adoptando el valor más desfavorable.

*Uniformidad media de Iluminancias ( $U_m$ )*. Relación entre la Iluminancia mínima ( $E_{mín}$ ) y la Iluminancia media ( $E_m$ ). de la superficie de la calzada.

*Uniformidad extrema de Iluminancias ( $U_e$ )*, Relación entre la Iluminancia máxima ( $E_{max}$ ) de la calza y la Iluminancia mínima ( $E_{mín}$ ).

## **LÁMPARAS INCANDESCENTES CONVENCIONALES**

La lámpara incandescente produce luz por medio del calentamiento eléctrico de un alambre (el filamento) a una temperatura alta que emite de esta forma radiación dentro del campo visible del espectro. Las partes principales de una lámpara incandescente son: el filamento, los soportes del filamento, la ampolla, el gas de relleno y el casquillo.

*Filamento*, El utilizado en las lámparas modernas está hecho de wolframio (alto punto de fusión y bajo grado de evaporación). Se logró mayor eficiencia lumínica enrollando el filamento en forma de espiral.

*Ampolla*, Es una cubierta de vidrio sellado que encierra al filamento y evita que tome contacto con el aire exterior (para que no se quemé).

*Gas de relleno*, La evaporación del filamento se reduce relleno la ampolla con un gas inerte. Los gases que comúnmente se utilizan son argón y nitrógeno.

## **LÁMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD (HID)**

Las lámparas de descarga de alta intensidad ofrecen una eficacia, una fiabilidad y una versatilidad extraordinarias, con la ventaja adicional de un bajo costo de funcionamiento. La gama HID puede clasificarse en cuatro categorías principales: halogenuro metálico, sodio a alta presión, mercurio y sodio a baja presión.

## **LÁMPARAS DE SODIO ALTA PRESIÓN**

Físicamente, la lámpara de sodio alta presión es bastante diferente de la lámpara de sodio baja presión, debido a que la presión de vapor es más alta en la primera. Este factor de presión también es causa de muchas otras diferencias entre las dos lámparas, incluyendo las propiedades de la luz emitida. El tubo de descarga en una lámpara de sodio de alta presión contiene un exceso de sodio para dar condiciones de vapor saturado cuando la lámpara está en funcionamiento. Además posee un exceso de mercurio para proporcionar un gas amortiguador, y se incluye xenón, para facilitar el encendido y limitar la conducción de calor del arco de descarga a la pared del tubo. El tubo de descarga se aloja en una envoltura de vidrio protector vacía. Las lámparas de sodio de alta presión irradian energía a través de una buena parte del espectro visible.

Por lo tanto, en comparación con la lámpara de sodio baja presión, ofrecen una reproducción de color bastante aceptable.

## **PARTES COMPONENTES**

*Tubo de descarga*, el tubo de descarga está hecho de cerámica, las reacciones químicas con el vapor de sodio.

*Electrodo*, Los electrodos, cubiertos por una capa de material emisor, una serpentina de wolframio enroscada alrededor de la misma.

*Relleno*, En el interior del tubo de descarga se encuentran sodio, mercurio y un gas nobles (xenón o argón) de los cuales es el sodio el principal productor de luz.

*Ampolla externa*, Esta ampolla está generalmente vacía. La forma puede ser tanto ovoidal como tubular. La primera posee un revestimiento interno. Sin embargo, ya que el tubo de descarga de la lámpara de sodio alta presión no produce, prácticamente, ninguna radiación ultra violeta, el revestimiento es simplemente una capa difusa de polvo blanco, para disminuir el elevado brillo del tubo de descarga. La ampolla tubular es siempre de vidrio claro.

*Arrancadores y arrancadores auxiliares*, Muchas de las lámparas de sodio de alta presión poseen un arrancador auxiliar incorporado, el cual ayuda a reducir la medida del voltaje pico de encendido que se necesita para encender la lámpara. A veces ambos, el arrancador incorporado y el arrancador auxiliar, se encuentran en la misma lámpara.

## **LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN**

En un sistema de iluminación que utilice lámparas de vapor de sodio a alta presión (SAP) hay que contar con distintas variables que afectan el rendimiento. Además de las normales de fabricación en la tensión de la lámpara y en la impedancia de los balastos, es necesario tener en cuenta otros factores tales como: las variaciones en la tensión luminaria debido a la reflexión de la energía radiante sobre el propio tubo de descarga (OSRAM, 2010)

## **ALGUNAS NORMAS DE REFERENCIA**

Las normas que regulan la seguridad y el funcionamiento de las reactancias para lámparas de alta intensidad de descarga, son (INEN, 2013)

IEC-60922: Reactancias para lámparas de descarga (excepto lámparas tubulares fluorescentes). Prescripciones generales y de seguridad.

IEC-60923: Reactancias para lámparas de descarga (excepto lámparas tubulares fluorescentes). Prescripciones de funcionamiento.

ANSI C82.4: Reactancias para lámparas de alta intensidad de descarga y sodio baja presión. IEC-60662: lámparas de vapor de sodio a alta presión.

IEC-61167: Lámparas de halogenuros metálicos

IEC-60188: Lámparas de vapor de mercurio a alta presión. IEC-60192: Lámparas de vapor de sodio a baja presión. IEC-60598: Luminarias.

## **BALASTOS ELECTROMAGNÉTICOS**

Los balastos electromagnéticos están compuestos, principalmente, por un gran número de bobinas de cobre sobre un núcleo de hierro laminado. En ellas se produce una pérdida de calor que ocurre a través de la resistencia óhmica de las bobinas y la histéresis en el núcleo, y que depende mucho de la construcción mecánica de los balastos y del diámetro del alambre de cobre (OSRAM, SYLVANIA, 2012)

## **BALASTOS O REACTANCIAS DE DOBLE NIVEL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA**

En los sistemas de alumbrado público con lámparas de descarga puede reducirse el consumo energético en las horas de madrugada o en circunstancias de menor exigencia visual mediante la reducción de la iluminancia en cada punto o en la mayoría de los puntos luminosos correspondientes. El sistema de doble nivel que se describe puede emplearse con lámparas de mercurio a alta presión y en lámparas de vapor de sodio de alta presión.

## **BALASTOS ELECTRÓNICOS**

Los balastos electrónicos de doble nivel son una alternativa más entre los dispositivos para el ahorro de energía en el alumbrado público. Esta técnica de control de lámparas HID, aporta una gran ventaja respecto a los sistemas anteriores: la eficiencia. Los sistemas descritos anteriormente, se basan en balastos electromagnéticos como elementos de control inmediato de las lámparas, y ello implica pérdidas de potencia relativamente importantes. Haciendo una ponderación estimativa en función del tipo de alumbrado, potencia utilizada y componentes del equipo asociado, el consumo real de potencia en la red se incrementa entre un 9,3% y un 27,5% sobre la potencia nominal de la lámpara (OSRAM, SYLVANIA, 2012)

## **LUMINARIA PARA ALUMBRADO PÚBLICO**

Es un aparato de iluminación que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de las lámparas, excluyendo las propias lámparas, y en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación. Puede ser abierta o cerrada.

## **FOTOCONTROLES.**

Los controles fotoeléctricos o fotocontroles, son una clase especial de interruptores automáticos utilizados ampliamente en alumbrado público, para la conexión y desconexión de fuentes de luz, ya sea en forma individual, o efectuando un control múltiple mediante la utilización de un contactor. En la actualidad se conocen tres clases de fotocontroles: Térmicos, electromagnéticos y electrónicos.

## **FOTOCONTROLES TÉRMICOS**

Existen dos diferentes tecnologías para el mecanismo de operación de los fotocontroles térmicos. La primera de ellas utiliza contactos NC con un elemento bimetálico que se reflexiona cuando experimenta un nivel de temperatura suficientemente alto, producido por una resistencia de calentamiento enrollada sobre dicho bimetálico.

## CONTAMINACIÓN LUMÍNICA

La contaminación lumínica es la luminosidad producida en el cielo nocturno por la difusión y reflexión de la luz en los gases, aerosoles y partículas en suspensión en la atmósfera, procedente, entre otros orígenes, de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas, Se clasifican las diferentes zonas en función de su protección contra la contaminación luminosa, según el tipo de actividad a desarrollar en cada una de las zonas.

## LIMITACIONES DE LAS EMISIONES LUMINOSAS

Se limitarán las emisiones luminosas hacia el cielo en las instalaciones de alumbrado exterior, con excepción de las de alumbrado festivo y navideño. La luminosidad del cielo producida por las instalaciones de alumbrado exterior depende del flujo hemisférico superior instalado y es directamente proporcional a la superficie iluminada y a su nivel de iluminancia, e inversamente proporcional a los factores de utilización y mantenimiento de la instalación.

### 2.5 Lámparas Led's

Los diodos emisores de luz (Light-emitting diodes, Led's, Figura 1 son dispositivos semiconductores que tienen su origen en la década de los 60 del siglo pasado y suponen una novedosa forma de obtener luz artificial, muy diferente de los tipos de lámparas existentes hasta ese momento y con cualidades técnicas que propiciaron su perfeccionamiento hasta nuestros días (GENRAL ELECTRIC, 2010)

Figura N°1: Diodos emisores de luz (Led's)



Los Led's actualmente comercializados en lámparas y luminarias presentan una eficiencia luminosa de hasta 90 lm/Watt para potencias de Led's desde 1 hasta 10 Watt, pero ya en los primeros meses del 2010 se han obtenido valores de hasta 200 lm/Watt a nivel de laboratorio y se espera llegar en poco tiempo hasta 300 lm/Watt. Las principales ventajas de los Led's pueden ser resumidas en los siguientes aspectos:

- Vida útil mayor de 50 000 horas.
- Alta eficiencia en la producción de luz artificial (> 80%) y por tanto reducción de los costos de electricidad.
- Muy buena reproducción de color y temperaturas de color desde los 2700 °K y hasta 7000 °K para los de luz blanca.
- No emiten radiación infrarroja ni ultravioleta.
- Encendido instantáneo.
- Eliminación de efecto estroboscópico.
- Alto factor de potencia (> 0.95 ind).
- Tiene una fiabilidad del 95%.
- Mínimo mantenimiento.
- Son resistentes a choques y vibraciones.
- Operan a baja tensión (no mayor de 48 volt de corriente directa).

En un futuro cercano, la utilización luminarias con Led's en la iluminación vial se presenta como una alternativa interesante para reemplazar en muchos lugares las que emplean lámparas de Sodio de Alta Presión o Mercurio. El ahorro energético, su larga vida y sus menores gastos de explotación son ventajas que compensan sus relativos costos de inversión elevados ya que la recuperación de esta ocurre en tiempos razonables.

No obstante lo anterior debe señalarse que hasta el momento la mayoría de estas luminarias de iluminación vial no emplean propiamente "lámparas de Led's", es decir, tienen diseños específicos que los diferentes fabricantes obtienen con una determinada cantidad y distribución de los LED individuales para lograr una potencia y fotometría específica para cada modelo. Esto hace imposible hoy hablar de una estandarización de "lámparas Led's" para estas luminarias y por lo tanto se sustituye la

opción de “reemplazo de lámparas” por la de “reemplazo de luminarias” (PHILIPS,2013).

Figura N°2: Luminarias de iluminación vial que emplean lámparas de Led’s



En la actualidad no resulta posible, al menos en la iluminación vial, hablar de una sustitución exacta de lámparas de Sodio Alta Presión y de Mercurio de diferentes potencias por lámparas a Led’s. En realidad lo que se hace es, a partir de una iluminación vial existente con luminarias y lámparas tradicionales, realizar la sustitución de dicha luminaria por una de Led’s que emita un flujo luminoso igual al de la lámpara existente o garantice un nivel de iluminancia igual al normado para la vía, con una fotometría similar pero con menor consumo de energía eléctrica.

## **2.6 Posibles aplicaciones de Led’s en la Iluminación vial atendiendo a su rendimiento luminoso**

Las luminarias y lámparas a Led’s, existentes en el mercado para aplicaciones de iluminación vial, reportan eficiencias de más de 80 lm/w y hasta 100 lm/W. Se puede observar en el Cuadro N°1 que, excepto las lámparas de SAP de 250 W y 400 W, los valores de la eficiencia de las lámparas y luminarias a Led’s son iguales o

mayores que la mayoría de las lámparas actualmente empleadas en la iluminación vial, lo cual permite contar con otra opción técnica a considerar. El empleo de los Led's, siempre requerirá de un análisis técnico- económico que lo justifique con respecto a las lámparas tradicionales.

Cuadro N°1: Comparación de luminarias de Sodio Alta Presión y luminarias Led's.

Tipo de lámpara	Eficiencia de la lámpara	Horas máximas de vida (catálogo)	Horas de vida (real)	Recambio (anual)
	Lm/W	horas	horas	
<u>LEDs</u>	80-100	50 000	50 000	0.08
SAP (70-100-150 W)	69-90	24 000	20 000	0.2
HM (125-250-400 W)	46-52	24 000	20 000	0.2
HMM (160-250-500 W)	19-30	12 000	6 000	0.7
Incandescentes (100-500 W)	18-20	1 000	750-1 000	5

Teóricamente los ahorros energéticos posibles a obtener, suponiendo que sea posible sustituir las luminarias existentes por las de Led's que satisfagan los requisitos fotométricos y luminotécnicos de la vía, son los mostrados en el Cuadro N°2. Así las cosas, una lámpara incandescente de 100 W, puede ser sustituida por una de Led's de 17 Watt, si existiera en el mercado, y obtenerse un ahorro del 83% de la energía consumida.

Cuadro N°2: Potencia de Led's con eficiencias de 80 y 100 lm/W requeridas para la sustitución de lámparas de incandescencia y mercurio y porcentos de ahorros incluyendo pérdidas del balasto.

Tipo de	Potencia total	Potencia y ahorro con		Potencia y ahorro con	
	W	W	Aho	W	Aho
Sodio Alta P.	100	17	<b>83</b>	14	<b>86</b>
Sodio Alta P.	150	28	<b>82</b>	22	<b>85</b>
Sodio Alta P.	200	39	<b>81</b>	31	<b>85</b>
Sodio Alta P.	300	78	<b>74</b>	62	<b>79</b>

Sodio Alta P.	500	113	<b>77</b>	91	<b>82</b>
HMM	160	39	<b>76</b>	31	<b>81</b>
HMM	250	69	<b>73</b>	55	<b>78</b>
HMM	500	171	<b>66</b>	137	<b>73</b>
HM 125	137	78	<b>43</b>	63	<b>54</b>
HM 250	266	162	<b>39</b>	129	<b>51</b>
HM 400	425	277	<b>35</b>	221	<b>48</b>

## 2.7 Cálculo de instalaciones de alumbrado

Debido a la gran cantidad de factores que intervienen en la iluminación de vías públicas (deslumbramiento, características de los pavimentos, condiciones meteorológicas, etc.) y en la percepción de estas, el cálculo del alumbrado público ha sido siempre una tarea muy compleja. Por ello, en un principio los cálculos se enfocaron a determinar unas condiciones de iluminancia sobre la calzada que proporcionaran una buena visibilidad dentro de los márgenes establecidos por los organismos competentes. A medida que se fue desarrollando la informática y aumentaron las capacidades de procesamiento de datos, los cálculos se fueron orientando hacia la determinación de luminancias. Esto no hubiera sido posible sin la existencia de ordenadores que permiten ejecutar y aplicar los métodos de cálculo numérico en un tiempo razonable.

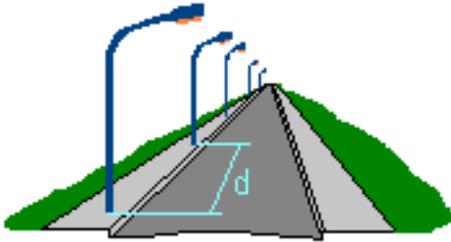
Así pues, podemos agrupar los métodos en:

- Cálculo de iluminancias
- Método de los lúmenes o del factor de utilización
- Métodos numéricos. El método de los nueve puntos
- Cálculo de luminancias

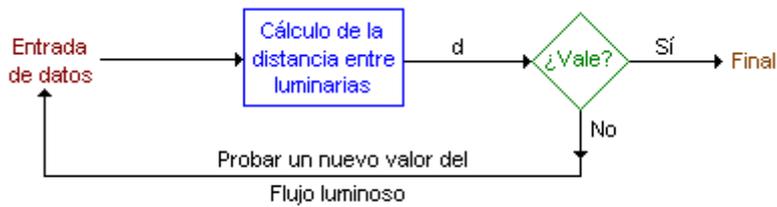
### 2.7.1 Método de los lúmenes o del factor de utilización

La finalidad de este método es calcular la distancia de separación adecuada entre las luminarias que garantice un nivel de iluminancia medio determinado. Mediante un proceso iterativo, sencillo y práctico, se consiguen unos valores que aunque no son muy precisos, sí sirven de referencia para empezar a aplicar otros métodos (SCHRÉDER GROUP, 2012)

Figura N°3: Distancia en la vía



El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:



### Datos de entrada

- Determinar el nivel de iluminancia media ( $E_m$ ). Este valor depende de las características y clase de pavimento, clase de vía, intensidad del tráfico, etc. Como valores orientativos podemos usar:

Cuadro N°3: Tipos de vía e Iluminación

Tipo de vía	Iluminancia media (lx)	Luminancia media (cd/m <sup>2</sup> )
A	35	2
B	35	2
C	30	1.9
D	28	1.7
E	25	1.4

- Escoger el tipo de lámpara (vapor de mercurio, sodio...) y la altura de montaje necesarias sin exceder el flujo máximo recomendado en cada intervalo.

Cuadro N°4: Flujos recomendados

<b>Flujo de la lámpara (lm)</b>	<b>Altura (m)</b>
$3000 \leq \Phi_L < 10000$	$6 \leq H < 8$
$10000 \leq \Phi_L < 20000$	$8 \leq H < 10$
$20000 \leq \Phi_L < 40000$	$10 \leq H < 12$
$\geq 40000$	$\geq 12$

- Elegir la disposición de luminarias más adecuada según la relación entre la anchura de la calzada y la altura de las luminarias.

Cuadro N°5: Relación de alturas

<b>Disposición</b>	<b>Relación anchura/altura</b>
Unilateral	$\leq 1$
Tresbolillo	$1 < A/H \leq 1.5$
Pareada	$> 1.5$

- Determinar el factor de mantenimiento ( $f_m$ ) dependiendo de las características de la zona (contaminación, tráfico, mantenimiento...). Normalmente esto es difícil de evaluar y se recomienda tomar un valor no superior a 0.8 (habitualmente 0.7).

Cuadro N°6: Características de luminarias por vías

<b>Características de la vía</b>	<b>Luminaria abierta</b>	<b>Luminaria cerrada</b>
Limpia	0.75	0.80
Media	0.68	0.70
Sucia	0.65	0.68

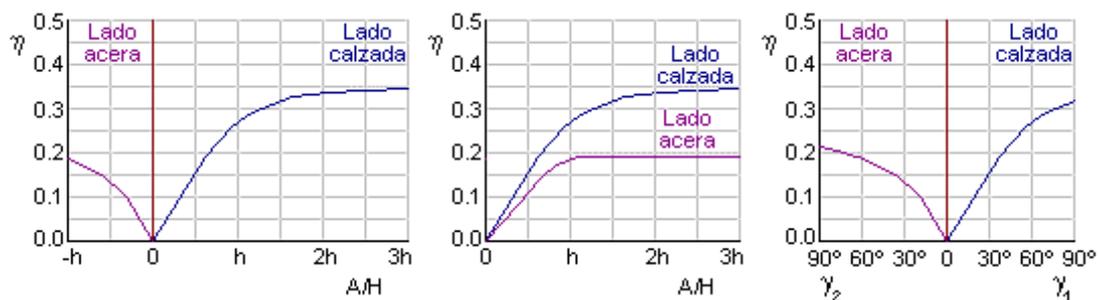
- Calcular el factor de utilización ( $\eta$ ).

El **factor de utilización** es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y se define como el cociente entre el flujo útil, el que llega a la calzada, y el emitido por la lámpara.

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{útil}}}{\Phi_L}$$

Normalmente se representa mediante curvas que suministran los fabricantes con las luminarias. Estas curvas podemos encontrarlas en función del cociente anchura de la calle/altura (A/H), la más habitual, o de los ángulos  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  en el lado calzada y acera respectivamente.

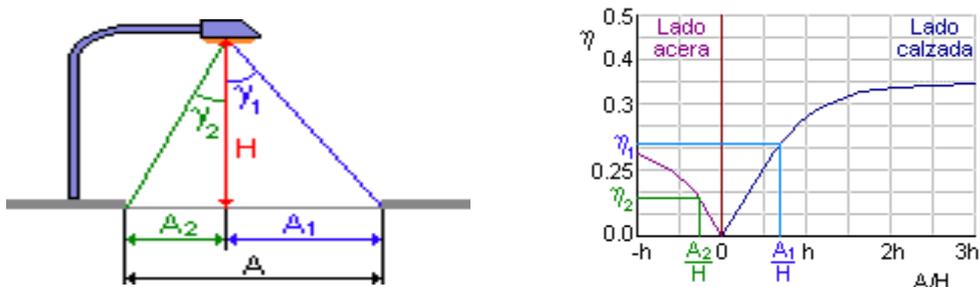
Figura N°4: Curvas de Fabricantes



### Curvas del factor de utilización

De los gráficos se puede observar que hay dos valores posibles, uno para el lado acera y otro para el lado calzada, que se obtienen de las curvas.

Figura N°5: Factor de utilización



$$A = A_1 + A_2$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

Por tanto, para obtener el factor de utilización total de la sección transversal de la calle habrá que sumar los coeficientes del lado acera y del lado calzada, aunque en otros casos la cosa puede ser diferente.

### 2.7.2 Cálculo de la separación entre luminarias

Una vez fijados los datos de entrada, podemos proceder al cálculo de la separación ( $d$ ) entre las luminarias utilizando la expresión de la iluminancia media (SCHRÉDER GROUP, 2012)

$$E_m = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_L}{A \cdot d}$$

donde:

- $E_m$  es la iluminancia media sobre la calzada que queremos conseguir.
- $\eta$  es el factor de utilización de la instalación.
- $f_m$  es el factor de mantenimiento.
- $\Phi_L$  es el flujo luminoso de la lámpara.
- $A$  es la anchura a iluminar de la calzada que en disposición bilateral pareada es la mitad ( $A/2$ ) y toda ( $A$ ) en disposiciones unilateral y tresbolillo.
- $d$  es la separación entre las luminarias.

### Comprobación

Finalmente, tras las fases anteriores, entrada de datos y cálculo, solo queda comprobar si el resultado está dentro de los límites. Si es así habremos acabado y si no variaremos los datos de entrada y volveremos a empezar. Si la divergencia es grande es recomendable cambiar el flujo de la lámpara. A modo orientativo podemos usar la siguiente tabla que da la relación entre la separación y la altura para algunos valores de la iluminancia media.

**$E_m$  (lux)    separación / altura**

$$2 \leq E_m < 7 \quad 5 \leq d/h < 4$$

$$7 \leq E_m < 15 \quad 4 \leq d/h < 3.5$$

$$15 \leq E_m \leq 30 \quad 3.5 \leq d/h < 2$$

### **2.7.3 Métodos numéricos**

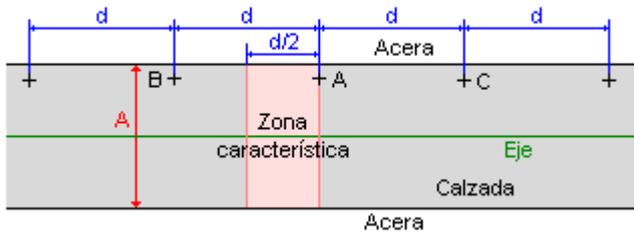
Los métodos numéricos se basan en la idea de que no es preciso calcular la iluminancia en todos los puntos de la calzada para tener una idea exacta de la distribución luminosa, sino que basta con hacerlo en unos cuantos puntos representativos llamados nodos. Para ello, dividiremos la zona a estudiar en pequeñas parcelas llamadas dominios, cada una con su correspondiente nodo, en las cuales supondremos la iluminancia uniforme. La iluminancia total de la calzada se calculará como una media ponderada de las iluminancias de cada dominio. El número de particiones que hagamos dependerá de la precisión que queramos obtener. En nuestro caso trabajaremos con el criterio de los nueve puntos que es el más sencillo, aunque la mecánica de trabajo es la misma siempre independientemente del número de dominios que tengamos (SCHRÉDER GROUP, 2012)

Los métodos numéricos son herramientas de cálculo muy potentes pero que requieren mucho tiempo para su ejecución. Por ello es imprescindible el concurso de ordenadores para aplicarlos.

#### **Método de los nueve puntos**

Supongamos un tramo de vía recta con disposición unilateral de las luminarias y separadas una distancia  $d$ .

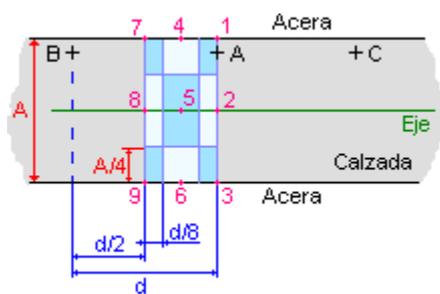
Figura N°6: Distancia entre luminarias



Debido a las simetrías existentes en la figura, bastará con calcular las iluminancias en la zona señalada. En el resto de la calzada estos valores se irán repitiendo periódicamente.

Para hacer los cálculos, la zona se divide en nueve dominios con otros tantos puntos.

Figura N°7: Dominios y puntos



Distribución de puntos en una disposición unilateral

El valor medio de las iluminancias será para este caso:

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

con:

$$S_1 = S_3 = S_7 = S_9 = \frac{A}{4} \cdot \frac{d}{8} = \frac{A \cdot d}{32} = S_1$$

$$S_2 = S_8 = \frac{A}{2} \cdot \frac{d}{8} = \frac{A \cdot d}{16} = 2S_1$$

$$S_4 = S_6 = \frac{A}{4} \cdot \frac{d}{4} = \frac{A \cdot d}{16} = 2S_1$$

$$S_5 = \frac{A}{2} \cdot \frac{d}{4} = \frac{A \cdot d}{8} = 4S_1$$

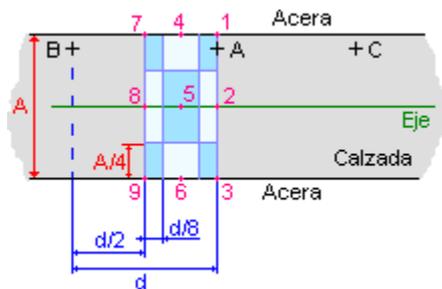
Se puede demostrar fácilmente que la expresión anterior de  $E_m$  es también válida para las disposiciones tresbolillo y bilateral pareada.

Para calcular las iluminancias sobre cada nodo sólo consideraremos la contribución de las luminarias más próximas despreciándose el resto por tener una influencia pequeña.

La iluminancia en cada punto vale entonces:

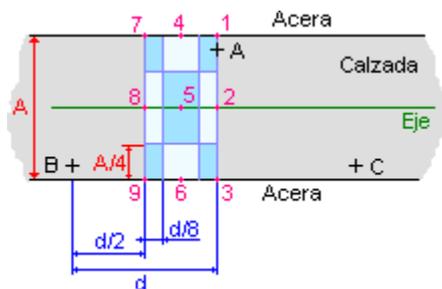
$$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$$

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$



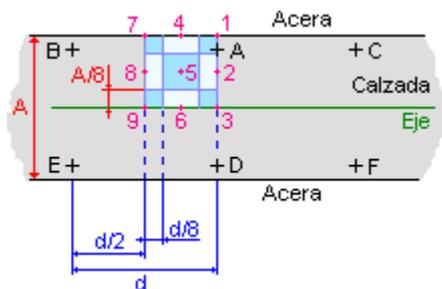
$$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$$

Distribución de puntos en una disposición unilateral



$$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$$

Distribución de puntos en una disposición tresbolillo



$$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC} + E_{iD} + E_{iE} + E_{iF}$$

Distribución de puntos en una disposición bilateral pareada

Además de  $E_m$  podemos calcular los coeficientes de uniformidad media y extrema de las iluminancias

$$\text{Uniformidad media} = E_{\min} / E_m$$

$$\text{Uniformidad extrema} = E_{\min} / E_{\max}$$

Para calcular las iluminancias podemos proceder de dos maneras:

En primer lugar podemos calcularlas usando la fórmula:

$$E_H = \frac{I(C_i, \gamma_i)}{h_i^2} \cdot \cos^3 \gamma_i$$

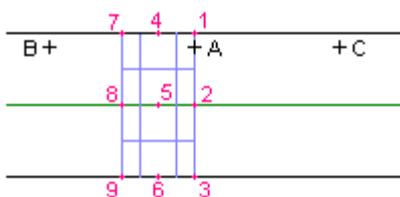
donde I se puede obtener de los gráficos polares o de la matriz de intensidades.

La otra posibilidad es recurrir a un método gráfico. En él, los valores de las iluminancias se obtienen por lectura directa de las curvas isolux. Para ello necesitaremos:

1. Las curvas isolux de la luminaria (fotocopiadas sobre papel vegetal o transparencias)
2. La planta de la calle dibujada en la misma escala que la curva isolux.
3. Una tabla para apuntar los valores leídos.

El procedimiento de cálculo es el siguiente. Sobre el plano de la planta situamos los nueve puntos y las proyecciones de los centros fotométricos de las luminarias sobre la calzada.

Figura N°8: Calzada con centros fotométricos



A continuación se superpone sucesivamente la curva isolux sobre el plano de manera que su origen quede situado sobre la luminaria y los ejes estén correctamente orientados (0-180° paralelo al eje de la calzada y 90°-270° perpendicular al mismo). Se leen los valores de la luminancia en cada punto y se apuntan en la tabla. a continuación se suman los valores relativos para cada punto y se calculan los valores reales. Finalmente calculamos la iluminancia media y los factores de uniformidad media y extrema.

Veámoslo mejor con un ejemplo sencillo. Supongamos una calle con luminarias de 2000 lm situadas a una altura de 8 m.

Figura N°9: Disposición de luminarias

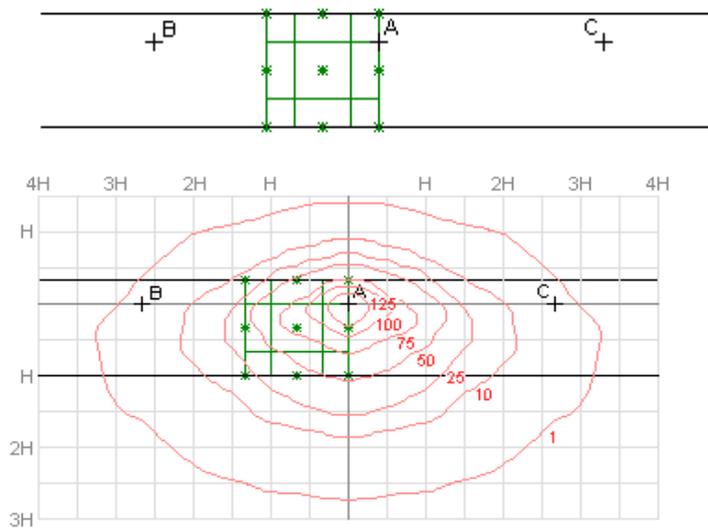


	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
$\Sigma E_{i,c}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$E_{i,real}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>A</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>B</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>C</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Los pasos a seguir son:

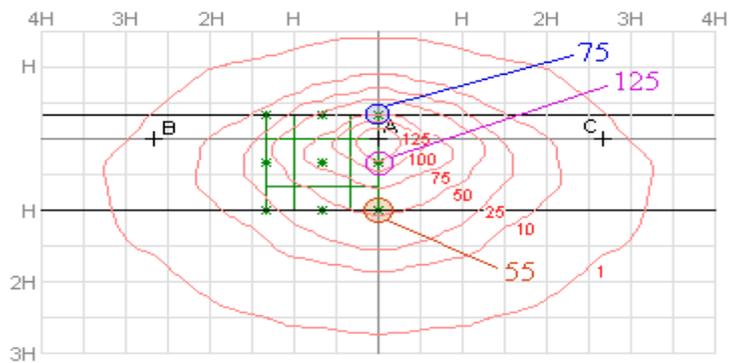
1. Sobre el plano de la calle superponemos la curva isolux sobre una de las luminarias.

Figura N°10: Curva isolux sobre luminarias



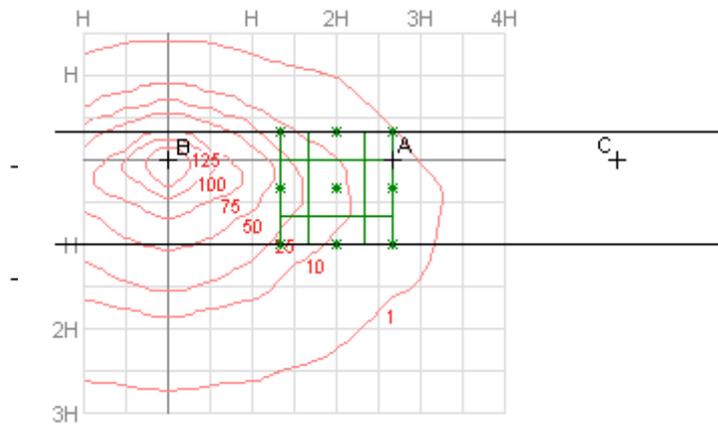
2. A continuación leemos los valores relativos de la iluminancia en cada punto y los anotamos en la tabla.

Figura N°11: Apuntes valores relativos



3. Una vez terminado, trasladamos la curva isolux a otra luminaria y repetimos el proceso.

Figura N°12: Traslado curva isolux



4. Finalmente, sumamos las contribuciones individuales de cada luminaria sobre cada uno de los puntos, y obtenemos sus iluminancias relativas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Sigma E_{i_c}$	77	135	63	57	96	53	33	90	40
$E_{i_{real}}$	24.1	42.2	19.7	17.8	30	16.6	10.3	28.1	12.5
<b>A</b>	75	125	55	50	80	45	15	45	20
<b>B</b>	1	5	4	7	15	8	18	45	20
<b>C</b>	1	5	4	0	1	0	0	0	0

Los valores reales de las iluminancias en cada punto se calculan a partir de los relativos aplicando la fórmula:

Finalmente, calculamos la iluminancia media y los factores de uniformidad:

$$E_m = \frac{24.1 + 2 \cdot 42.2 + 19.7 + 2 \cdot 17.8 + 4 \cdot 30 + 2 \cdot 16.6 + 10.3 + 2 \cdot 28.1 + 12.5}{16} = 24.75 \text{ lx}$$

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_m} = \frac{10.3}{24.75} = 0.42$$

$$U_{ext} = \frac{E_{min}}{E_{max}} = \frac{10.3}{42.2} = 0.24$$

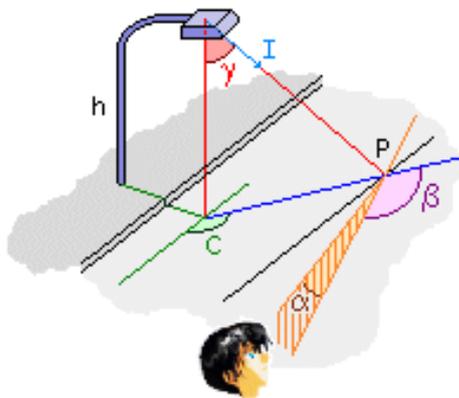
Existen otros métodos de cálculo más potentes y fiables orientados a su empleo en aplicaciones informáticas, pero los principios en que se basa su funcionamiento son los que acabamos de exponer.

#### 2.7.4 Cálculo de luminancias

La luminancia de un punto de la calzada que percibe un observador depende básicamente de la iluminancia recibida en dicho punto proveniente de las luminarias de la calle, de las características reflectantes del pavimento y de la posición del observador. Visto esto, y en especial teniendo en cuenta que los observadores, los usuarios de la vía, van variando su posición, resulta fácil comprender la dificultad de determinar las luminancias. Por ello, en la actualidad, el cálculo de luminancias está orientado al empleo de métodos numéricos ejecutados por ordenador (SCHRÉDER GROUP, 2012).

Como ya sabemos, la luminancia de un punto de la calzada vista por un observador e iluminado por más de una luminaria se puede expresar como:

Figura N°13: Vista de la calzada



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

Luminancia de un punto de la calzada

Donde  $r(\beta, \gamma)$  es un factor que depende de las características reflectivas del pavimento.

Para efectuar los cálculos, el observador se sitúa 60 metros, en el sentido de la marcha, por delante de la primera fila de puntos que forman la partición que se ha realizado en la vía y a una altura de 1.5 m sobre el suelo.

Los métodos consisten en determinar las luminancias de los puntos de la calzada previamente escogidos. Una vez determinadas podremos calcular la luminancia media y los factores de uniformidad de la calzada. Así comprobaremos si se cumplen los criterios especificados en las recomendaciones.

Existen métodos manuales para el cálculo de la iluminancia por el método del punto por punto aplicando gráficos (con diagramas iso-r e isocandela o con diagramas iso-q e isolux) pero están en desuso por ser métodos lentos, tediosos y poco fiables debido a que es fácil equivocarse durante su empleo.

## CAPITULO III

### METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Diseño de la investigación

En la realización del presente trabajo se basa en el paradigma crítico propositivo, ya que presenta alternativas coherentes de investigación, cuestionando los esquemas tradicionales de la investigación y planteando alternativas de solución en un espacio proactivo. Además se determinan como tipos de investigación la cuantitativa, porque recoge datos estadísticos del centro urbano de Latacunga y cualitativo, porque la información procesada será sometida a análisis e interpretaciones (INEN, 2013)

#### 3.2 Modalidad de investigación

Se recurrirá a una modalidad de investigación de campo, fuentes de información válida y confiable del Centro histórico Latacunga casco colonial, sitio donde se visualiza la implementación de tecnología Leds, eficiencia luminosa y eficacia lumínica.

De acuerdo al Orgánico Funcional de la ELEPCO S.A., dentro de la Gerencia de Operaciones y Mantenimiento, y bajo la administración del CENACE y CONELEC, se nos ha encomendado la tarea de organizar, planificar y ejecutar un sistema de iluminación para alumbrado público.

##### 3.2.1 Investigación Cuanti – Cualitativa

En la investigación realizada se debe determinar los tipos de investigación a aplicar ya sea cuantitativa a la población de Centro Histórico Latacunga de encuestados y cualitativa la cual tenga que ver mucho con los parámetros de investigación.

*CUANTITATIVA:* Se considera la investigación a los Directivos y Personal técnico la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A.

*CUALITATIVA:* Con relación a este tipo de investigación estará sustentada por la toma de datos de calidad, eficacia y veracidad de los hechos los mismos que son analizados por datos históricos reales como apoyados en marcos teóricos .

No existe un esquema de las clases de investigación que haya sido de un modo general. No obstante, haciendo un análisis de los diferentes estudios realizados en el campo de la investigación, nos lleva a integrarlos en una de las siguientes clases de investigación.

### **3.2.2 De campo**

Se recurre a esta modalidad porque el trabajo se desarrollará en el lugar donde se producen los hechos, es decir el Centro Urbano de Latacunga donde se recabará la información necesaria y pertinente. En primer lugar deberá establecerse el nivel de iluminación idóneo, atendiendo a las necesidades de las actividades y personas que vayan a utilizarlo, así como a la reglamentación aplicable de todo tipo, estatal, autonómica y local. Para ello, se utilizarán las tablas establecidas en dicha normativa, según la particularidad del proyecto. No sólo deberá tenerse en cuenta el nivel mínimo, sino también evitar la fatiga de las personas que estarán sometidas a la luz artificial.

Para calcular la altura de los postes o columnas se usan nomogramas. La idea es evitar el deslumbramiento directo. Con alturas excesivas el costo de los postes para el montaje de las luminarias es mayor, pero con postes bajos, aumentan el número de postes y de luminarias.

Cuando existen construcciones altas dentro del área a iluminar, se pueden emplear alturas de montaje menores para evitar sombreado sobre el área. La iluminación urbana reviste gran importancia para el desplazamiento seguro y confortable de vehículos y personas, para la seguridad vial y ciudadana y para crear un ambiente atractivo que favorezca el comercio, el turismo, la industria y produzca un entorno de bienestar general.

Todas estas prestaciones conforman un servicio a la comunidad que debe ser provisto con calidad y continuidad, produciendo a la vez el menor impacto ambiental posible.

Figura N° 14: Investigación de campo



### **3.2.3 De intervención social**

Porque el proyecto no solo presentará las conclusiones sino que además planteará una propuesta de solución al problema investigado.

### **3.2.4 Bibliográfica Documental**

El presente trabajo recoge criterios de fuentes primarias y secundarias como textos, módulos, documentos, páginas del internet; relacionados al tema de estudio, mismos que han servido para manera teórica - científica el proceso investigativo.

## **3.3 Métodos de investigación**

### **3.3.1 Observación**

Es necesario determinar el estado del sistema de iluminación de alumbrado público vial del Centro Histórico de Latacunga, identificando los tipos de lámparas existentes, el tipo

de vía que se dispone en el sitio y la calidad del servicio de iluminación; mediante la observación del sitio.

### **3.3.2 Investigación Descriptivo**

Porque permite acceder a un nivel de interés y acción social económico, comparando modelos de comportamiento según ciertos criterios.

### **3.3.3 Investigación Prospectiva**

Porque sigue un perfil de presente proyectándose hacia el futuro; la dirección que sigue el investigador es manipular la variable independiente y se miden los cambios o consecuencias en la variable dependiente.

### **3.3.4 Investigación bibliográfica**

Se basa en datos bibliográficos, esto es buscar los datos en libros, revistas folletos, artículos técnicos, diarios, etc. no es una simple transcripción de texto. La investigación se basa en datos proporcionados por el material escrito, debidamente comentado analizado e interpretado. Se formula una hipótesis, para demostrarla. No hace falta una prueba estadística para verificarla.

### **3.3.5 Investigación experimental o de laboratorio**

Consiste en manipular ciertos factores, estímulos condiciones ambientales para observar como resulta afectado el sujeto hecho o fenómeno que se investiga. Utiliza aparatos e instrumentos de laboratorio y de precisión. El enfoque de la investigación se ubica en la planificación estratégica de mantenimiento alumbrado público diseccionado al proyecto del trabajo de grado.

Figura N°15: Investigación Experimental



### 3.3.6 Investigación Explorativa

La investigación explorativa constituye el nivel inferior de la investigación y está orientado a poner al investigador en contacto a la realidad, auscultando una determinada problemática y plantear líneas generales para una investigación profunda y sistemática.

### 3.3.7 Simulación

Se realizará la simulación del sistema de alumbrado público por zonas del centro histórico de Latacunga 2013; con la utilización del software ULYSSE, proceso que arrojó resultados que fueron comparadas con las mediciones realizadas en el campo de estudio.

### 3.4 Operacionalización de variables

Cuadro N°7: Variable Independiente: Calidad del Mantenimiento de luminarias

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Calidad del conjunto de operaciones	Tipo de mantenimiento aplicado	Efectividad	¿Los procedimientos del mantenimiento aplicados	Encuesta	Cuestionario

predictivas o preventivas que garantizan el funcionamiento de la luminaria			actualmente al alumbrado público son adecuados para obtener una buena eficiencia energética?		
	Tecnología utilizada actualmente	Eficacia	¿Considera usted que el cambio de luminarias y accesorios eléctricos existentes por luminarias de sodio de alta presión reportarán beneficios dese el punto de vista económico, social y energético?	Encuesta	Cuestionario
	Niveles de Iluminación actuales	Intensidad Luminosa	cd/m <sup>2</sup>	Medición	Luxómetro
		Flujo Luminoso	Lm	Medición	Luxómetro
		Eficiencia Luminosa	lm/W	Medición	Luxómetro
	Posición de luminarias actuales	Altura	M	Medición	Cinta métrica, GPS
		Interdistancia	M	Medición	Cinta métrica, GPS
	Prefactibilidad	Costos	\$	Cálculo	Ecuaciones

Cuadro N°8: **Variable Dependiente:** Eficiencia del sistema de alumbrado público

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Relación entre la potencia luminosa que entrega una lámpara de alumbrado público respecto a la potencia que consume.	Niveles de Iluminación propuestos	Intensidad Luminosa	cd/m <sup>2</sup>	Cálculo	Ecuaciones
		Flujo Luminoso	Lm	Cálculo	Ecuaciones
	Posición de luminarias propuestas	Altura	m	Medición	Cinta métrica, GPS
		Interdistancia	M	Medición	Cinta métrica, GPS
	Eficiencia luminosa	Potencia luminosa	lm/W	Cálculo	Ecuaciones

### 3.5 Población y muestra

El centro histórico de la ciudad la Latacunga se cuenta con 100 clientes comerciales que junto con 5 personas del departamento administrativo de ELEPCO S.A. y 15 trabajadores como personal técnico; conforman la población en estudio para la realización del presente proyecto, en su primera etapa.

El enfoque con el cual se recolectará la información será: al personal administrativo se le aplicará una entrevista elaborada con preguntas cerradas; y al resto de la población se empleará encuestas.

#### 3.5.1 Delimitación de la zona de estudio

El centro histórico de la ciudad de Latacunga se encuentra ubicado en el punto referencial X=38,640°, Y=72°, Z=2890W, datos tomados mediante el sistema GPS, ver Anexo N°9

### **3.6 Características y determinación del sistema de iluminación del centro histórico Latacunga con luminarias de 150W sodio alta presión**

Con la finalidad de realizar mantenimiento preventivo y ahorrar energía en el sistema de alumbrado de la ciudad de Latacunga, se ha propuesto la división geográfica del área urbana del cantón en 12 zonas, en estas se reemplazará programadamente las luminarias existentes con luminarias nuevas y en cada zona con luminarias del mismo tipo, marca y procedencia y en determinadas zonas con luminarias de doble nivel de potencia.

La finalidad de este cambio es que desde la fecha de la misma se programe anualmente el reemplazo de los diferentes elementos de las luminarias según su tiempo de vida útil nominal disminuyendo de esta manera el costo por mantenimiento de cada luminaria.

Con el propósito de ahorrar energía desde un 30 a 40 % por luminaria, también se ha programado reemplazar en determinadas zonas las luminarias existentes por luminarias nuevas y de doble nivel de potencia

Por estar el área urbana del cantón Latacunga ya consolidada en lo que respecta a vías, veredas y retiros domiciliarios, dentro de este programa se iluminará todas las calles, parques y demás espacios que se encuentren sin alumbrado con la finalidad de proveer totalmente de obras de iluminación a todos los espacios oscuros de cada zona.

Con estos antecedentes, se ha realizado un cálculo económico del costo actual por mantenimiento de luminaria y un cálculo del costo previsto por mantenimiento por luminaria luego de reemplazar las luminarias y emprender con un programa de mantenimiento preventivo. Se ha realizado una evaluación de las luminarias de doble nivel de potencia para verificar los valores nominales de las mismas.

Figura N°16: Verificación de valores de luminarias existentes



Cuadro N°9: VIA TIPO de hasta 7m (incluye vías peatonales):

DESCRIPCION	Lav (cd/m2)	Uniformidad Uo(global)	TI	Uniformidad Ul(Long)	Eav (Luxes)	Emin (Luxes)	Uo
Vía	<b>1,75</b>	<b>33,12</b>	<b>9,2</b>	<b>42,00</b>	N/A	N/A	N/A
Parqueadero	N/A	N/A	N/A	N/A	25,5	<b>18,20</b>	<b>30,5</b>
Acera Der	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>25,8</b>	<b>9,60</b>	<b>30,4</b>
Acera Izq	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>24,00</b>	<b>8,20</b>	<b>30,5</b>

**PEATONAL:**

DESCRIPCION	Lav (cd/m2)	Uniformidad Uo(global)	TI	Uniformidad Ul(Long)	Eav (Luxes)	Emin (Luxes)	Uo
Caminería	N/A	N/A	---	N/A	<b>24,4</b>	<b>12,0</b>	<b>30,4</b>

Cuadro N°10: VIA TIPO de hasta 10m:

DESCRIPCION	Lav (cd/m2)	Uniformidad Uo(global)	TI	Uniformidad Ul(Long)	Eav (Luxes)	Emin (Luxes)	Uo
Vía	<b>1,6</b>	<b>52,4</b>	<b>8,5</b>	<b>42,6</b>	N/A	N/A	N/A
Parqueadero	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>28,8</b>	<b>13,3</b>	<b>40,1</b>
Acera Derecha	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>20,1</b>	<b>12,9</b>	<b>39,5</b>
Acera Izquierda	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>20,0</b>	<b>10,7</b>	<b>39,0</b>

Cuadro N°11: VIA TIPO de hasta 15m:

<b>DESCRIPCION</b>	Lav (cd/m2)	Uniformidad Uo(global)	TI	Uniformidad UI(Long)	Eav (Luxes)	Emin (Luxes)	Uo
<b>Vía</b>	<b>1,6</b>	<b>42,6</b>	<b>8,2</b>	<b>45,7</b>	N/A	N/A	N/A
<b>Parqueadero</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>31,3</b>	<b>18,7</b>	<b>41,6</b>
<b>Acera en Edificación</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>26,8</b>	<b>14,1</b>	<b>42,8</b>
<b>Acera en Parque</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>21,4</b>	<b>14,5</b>	<b>49,2</b>

De los análisis económicos y la evaluación de las luminarias de doble nivel de potencia se ha determinado la conveniencia de realizar los cambios propuestos.

Los criterios que se expondrán en este trabajo son aplicables a todas las zonas donde haya una concentración significativa de luminarias y áreas urbanas consolidadas con vías definidas y obras eléctricas existentes, pero este proyecto inicial está previsto para el área urbana de la ciudad de Latacunga, donde podemos tener un control más adecuado del desarrollo y resultados de su aplicación.

Hasta la presente fecha no se ha implementado un adecuado sistema de mantenimiento preventivo para el sistema de iluminación del Centro Histórico de Latacunga

En particular en el área urbana Centro Histórico de Latacunga, la Empresa implementó algunos métodos de mantenimiento más enfocados al mantenimiento correctivo que preventivo, sin que de los mismos se haya realizado una adecuada evaluación por la falta de una política general de mantenimiento del sistema de iluminación, es así como en un determinado período se encargó tres áreas definidas a grupos determinados de la Empresa para que se realice mantenimiento correctivo así como algo de preventivo, estos incluyeron el cambio de elementos dañados, limpiezas de difusores, etc., sin que de los mismos se haya llevado un adecuado control de los arreglos por luminarias realizados.

Este sistema con el tiempo fue descartado y actualmente únicamente se realiza mantenimiento correctivo, sin que de igual manera se realice un seguimiento del

mantenimiento correctivo por luminaria realizado, dificultando una adecuada planificación y conllevando a gastos innecesarios por cambios repetitivos de elementos que todavía se encuentran dentro de su vida útil.

En cuanto a la energía consumida por las luminarias, por la tecnología disponible hasta hace algunos años en el país, la ELEPCO S.A. tiene instaladas en su sistema de iluminación únicamente luminarias con un sistema de potencia constante durante su funcionamiento sin que estas nos hayan permitido discriminar momentos en los cuales es posible reducir la potencia de las luminarias sin afectar los niveles de uniformidad requeridos conllevando a un desperdicio de energía.

De otro lado, durante la expansión del Centro Histórico de Latacunga, esta fue consolidando sus vías, plazas, obras de sanidad, obras eléctricas, etc. Pero no necesariamente sus obras de alumbrado público por lo que se puede observar varios puntos en las zonas definidas con falta de este servicio, restando uniformidad al alumbrado existente, por lo tanto durante el cambio de las luminarias existentes en las diferentes zonas, en coordinación con la Ilustre Municipalidad de Latacunga se proveerá de servicio de alumbrado a avenidas, calles, caminos públicos y plazas y en donde falte alumbrado dentro de las zonas consideradas.

ELEPCO S.A. dispone de dos grupos para reparaciones del sistema de alumbrado público; el mismo que está conformado por un inspector y un electricista, teniendo como herramienta principal un vehículo con una canastilla (carro canasta), entre los dos grupos laboran en turnos diarios y rotativos de 8 horas durante cuatro días seguidos y dos de descanso, ininterrumpidamente los 365 días del año cubriendo la jornada de 7h00 a 15h00 y de 14h00 a 22h00.

Figura N°17: Trabajo del grupo de mantenimiento



El mantenimiento realizado hasta ahora es solamente mantenimiento correctivo, en determinada época, un día a la semana un inspector únicamente ha estado identificando luminarias dañadas realizando un recorrido de las redes en la zona urbana, a fin de mejorar la ruta de los carros canasta. El resultado ha sido un incremento notable del rendimiento de los grupos de reparaciones de alumbrado público. Esta forma de trabajo, si bien trae consigo una mejora de los tiempos de atención, no permite establecer un programa de mantenimiento preventivo, puesto que lo único que se estaba haciendo es determinar los puntos deficientes para realizar mantenimiento correctivo.

Se trata de aprovechar en el corto plazo la división de la zona urbana en 12 zonas y las principales avenidas (aproximadamente unas 15), con lo cual estaríamos hablando de 12 zonas, cada una de ellas con un promedio de 242 luminarias.

El cronograma del mantenimiento preventivo se presenta en el Anexo N°1. Por cada una de las cuatro intervenciones los dos grupos emplearán 10 días.

De esta forma, estaríamos reduciendo tanto el número de intervenciones como el tiempo empleado en ellas. En ambos casos se puede traducir a términos económicos.

Tomando una a una las zonas, se haría un mantenimiento preventivo completo: iniciando con un cambio total de los accesorios como son: Balasto, ignitor, capacitor de las luminarias por un solo equipo como es el Balasto Electrónico doble nivel de potencia, Esto tomaría 10 días/zona los dos grupos. La información será levantada por tipos de luminarias en esa zona, y se iniciará el calendario de mantenimiento preventivo pero por zona, no aisladamente a cada luminaria.

Se realiza dos análisis independientes; en función de los rendimientos actuales de los grupos de mantenimiento tomados de los registros de reparaciones y sin tasas de crecimiento y en función de rendimientos obtenidos en sitio en el cambio de elementos y con tasas de crecimiento anual; para los dos casos se realiza las siguientes consideraciones:

- Costo Hora Grupos de Mantenimiento, ver Anexo N°2, costos que incluyen el valor del vehículo y de las herramientas utilizadas por un grupo tipo de mantenimiento de la ELEPCO S.A., como se indica a continuación:
- Costo de los elementos, se consideran todos los accesorios de las luminarias como bombilla, balasto, ignitor, capacitor, fotocélula y también el cambio de conductor de cobre a conductor de aluminio con conexión directa a la red
- Cambio de accesorios, los mismos se consideran para el caso del mantenimiento no programado en función de las estadísticas de la sección de reclamos de ELEPCO S.A, y para el mantenimiento programado en función de la vida útil de los equipos y de la programación anual de los mismos, como se muestra en el Anexo N°3. En esta evaluación se considera únicamente los costos actuales de materiales como de mano de obra tanto para el cálculo actual y proyectado de mantenimiento.

Los datos de los informes mensuales sobre este tema indican que con un carro canasta, trabajando 8 horas / día en los turnos establecidos, se pueden atender 350 reclamos / mes. Si consideramos 30 días al mes se habrán laborado 240 horas, y si descontamos el tiempo de trabajos de apoyo a otras labores, digamos que quedan 400 horas / mes laboradas.

De todo lo expuesto anteriormente se deduce que por cada reparación se emplean  $400/350 = 1,14$  horas. A un costo de 31.36 \$/h el grupo, nos da un costo de 35.57 \$/reparación. El sistema actual permite que si un día x un grupo cambió el foco de una luminaria, y en el siguiente turno se averiara el ignitor de esa misma, el nuevo grupo cambiará el ignitor por uno bueno y también cambiará el foco por otro, desechando el primero.

En el Anexo N°4 se han recopilado algunos datos. Se ve que actualmente se visita unas 13 veces a cada luminaria a lo largo de su vida útil. Si tuviéramos un programa de mantenimiento preventivo, este número se reduciría a 4, como se explica ahora:

No. De zonas	12
Promedio de luminarias	242
Luminarias en la zona urbana	600
Costo de la luminaria	142,6
Vida útil del porta lámpara	10
Costo del grupo	31,36

Con el sistema actual, se cambian: la luminaria completa y el balasto una vez, el ignitor y el capacitor dos veces, la lámpara tres veces y la fotocélula cuatro veces, requiriendo para cada cambio una intervención del grupo.

Con un programa de mantenimiento preventivo, y agrupando convenientemente los accesorios a cambiar, se pueden reducir a cuatro las intervenciones: Luminaria completa una vez; lámpara y fotocélula dos veces; y lámpara, ignitor, balasto, capacitor y fotocélula una vez.

La naturaleza de los proyectos de inversión es tal que sus beneficios y costos normalmente ocurren en diferentes periodos de la vida del proyecto, con lo cual el mayor valor actual de beneficios y costos no se da por el efecto de la inflación la misma que disminuye el poder adquisitivo futuro, sino porque hoy se puede realizar con el dinero una inversión que proporcione cierto rendimiento, el mismo que se debe analizar y considerar en función de indicadores tales como:

- Valor Presente [**P**], valor actual del proyecto.
- Valor Futuro [**F**], valor deseado de la inversión en el tiempo

$$F = P * (1+d) ^ n$$

$$P = F / (1+d) ^ n$$

n = periodo de tiempo en años

- Tasa de descuento [**d**], que es el porcentaje de rentabilidad del proyecto la misma que refleja el costo de oportunidad de la inversión. Para las inversiones del sector privado, la tasa de descuento más apropiada se obtiene de los costos de los fondos que la empresa debe de pagar para financiar las nuevas inversiones. En esta evaluación financiera se considera una tasa de descuento constante durante la vida útil del proyecto debido a la dolarización del mismo.
- Tasa de crecimiento de materiales [**5%**], en función de los costos de compra del año 2013 en la empresa y considerando con la inflación acumulada anual del país la misma que no excedió del 6.82%.
- Tasa de crecimiento de la Mano de Obra [**7%**], dato tomado del incremento de los valores de mano obra del año 2013 para obras de distribución de la empresa.
- Tasa de crecimiento de Demanda y de Energía [3 %], para sistemas de alumbrado, no se considera el porcentaje de incremento del año 2014 de acuerdo al pliego Tarifario aplicado por la Dirección de Tarifas del CONELEC, debido a que los costos de energía están en los techos máximos.

- Valor Actual Neto [VAN], es el mejor indicador para medir la rentabilidad de un proyecto el mismo que expresa el monto monetario exceso o disminución obtenido en el proyecto, en relación con la mejor alternativa de inversión que se tenga.

### **3.7 Evaluación económica financiera del proyecto**

Después del análisis de los resultados que muestran los ANEXOS del 5 al 8, se puede evidenciar que el cambio de luminarias y sus correspondientes componentes, presentaría ahorro, en los ámbitos económico y de tiempo; siendo por consiguiente amables con el medio ambiente.

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se considerará e interpretará los datos conseguidos al aplicar los instrumentos de recolección de datos señalados en la metodología de la investigación. Los resultados se encaminarán a conseguir los detalles de la percepción de la población de la zona de estudio y su influencia en el trabajo a desarrollar

El objetivo de las entrevistas realizadas a los directivos y personal técnico de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A. sirvieron para determinar los planes y tipos de mantenimiento adoptados por estos para evaluar su funcionalidad en el sistema de iluminación actual

#### **4.1. Entrevista realizada a los directivos de la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A.**

##### **4.1.1 Director Técnico**

**1. - Considera UD que la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A, debería implementar nuevas tecnologías, para el mejoramiento del Sistema de Iluminación vial y que tipo de iluminación eficiente?**

La Empresa Eléctrica esta implementado nuevas tecnologías para mejorar la calidad de iluminación justamente en lo que hemos venido haciendo a principios de este año que es lo relacionado con la instalación de luminarias de alta tecnología, pero sobre todo lo fundamental de esta tecnología es de que nos permita satisfacer a los usuarios, en el Centro Histórico de Latacunga no se ha realizado ningún cambio de tecnología.

#### **Análisis del investigador**

La Empresa Eléctrica Cotopaxi en el ámbito de la modernización se encuentra implementadas nuevas tecnologías como plan pilotos la remodelación de parques en

diferentes parroquias y un conjunto de equipos destinados a la investigación y al avance del desarrollo propio de empresa. Las interrupciones de servicio de iluminación a nivel del Centro Histórico Latacunga tienen un porcentaje medio debido a que las interrupciones en mayor porcentaje se destinan a las luminarias obsoletas y la distribución de las mismas no abastece en zonas específicas.

## **2.- Cree usted importante poner énfasis al problema de calidad de servicio en el sistema de iluminación del Centro Histórico Latacunga?**

En el Centro Histórico de la Ciudad de Latacunga se requiere una iluminación de las vías eficiente, eficaz y efectivo por cuanto es el centro del turismo de la ciudad y constituye una fuente económica para los habitantes de la misma, y adicionalmente contribuir con el ornato de la ciudad y garantizando la seguridad ciudadana que se considera como un principal problema.

### **Análisis del Investigador**

La zona comercial de la ciudad de Latacunga se ubica especialmente en el Centro Histórico principalmente en el parque central que es un patrimonio intangible de la humanidad y provisto de una arquitectura única de la ciudad se debe poner énfasis en realizar un estudio adecuado de iluminación vial pública aplicando nuevas tecnologías para garantizar un sistema de iluminación confiable y eficaz dando realce al confort visual y a la seguridad ciudadana; y como empresa eléctrica reducir los costos de mantenimiento y operación y como estado reducir los índices de consumo eléctrico contribuyendo de esta manera con el medio ambiente.

## **3.- Cree usted que el sistema de mantenimiento de alumbrado público es adecuado y planificado que contribuirá mejorar la calidad de servicio?**

Es importante tener un mantenimiento programado de alumbrado público, actualmente se cuenta con un cronograma de mantenimientos del sistema de alumbrado planificado por el área de alumbrado que coordina las actividades con el COE que se

encarga de la planificación de trabajos diarios y reportes de los clientes dando prioridad a la atención al cliente y contribuyendo con la seguridad ciudadana.

### **Análisis del Investigador**

La jefatura de alumbrado público cuenta con un organigrama de actividades planificado para la operación y mantenimiento del sistema de iluminación de todo el sistema de la Empresa Eléctrico Cotopaxi S.A. con el fin de cumplir con los requerimientos y reglamentos del CENACE, Con relación a la propuesta planteada por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi en la investigación desarrollada en las instalaciones de la Empresa Eléctrica Cotopaxi como es el caso de implementar un sistema iluminación Led's programado es de primordial importancia para la empresa y estoy totalmente de acuerdo con este estudio por lo que se estará prestando todas las facilidades y recursos que se requiera para dicha investigación.

#### **4.1.2 Jefe de Alumbrado Público**

**1.- Considera UD que la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A, debería implementar nuevas tecnologías, para el mejoramiento de la Calidad de alumbrado público del Centro Histórico Latacunga?**

Creo importante que no solamente la Empresa Eléctrica de Cotopaxi, si no todas las empresas encargadas de distribuir la energía eléctrica deben cumplir con ciertos parámetros como es la calidad de servicio y la calidad de producto en lo que tiene ver a iluminación pública y alumbrado vial, por lo que implementar tecnologías como es el caso de iluminación Led's considero muy acertado este tipo de iluminación contribuyendo al desarrollo de la ciudad y mejorando el confort visual de los transeúntes.

### **Análisis del Investigador**

A nivel de la jefatura de alumbrado Público se tiene un cronograma de actividades programadas para el desarrollo de tecnologías y aplicaciones no solo en lo referente a

la calidad de servicio eléctrico si no a las diferentes actividades que involucra el desarrollo de la Empresa Eléctrica Cotopaxi. En este sentido es importante la contribución de los diseños de iluminación con nuevas tecnologías para el Centro Histórico de la ciudad de Latacunga, y de manera especial si con este proyecto se puedes reducir los niveles de consumo de energía y ayudar a conservar el medio ambiente y desarrollar una alternativa de iluminación vial acorde de los usuarios y su confort visual.

**2.- Cree usted importante poner énfasis al problema de alumbrado público deficiente del Centro Histórico Latacunga?**

Considero que la calidad de servicio debe estar encaminada a todos nuestros clientes y usuarios por lo que es importante adoptar un sistema de iluminación eficiente provisto de nuevas tecnologías y avances tecnológicos del mercado eléctrico dando como resultado un alumbrado público adecuado.

**Análisis del Investigador**

En los últimos años de servicio de alumbrado público no se ha invertido en el cambio de luminarias obsoletas por luminarias nuevas por lo que ha generado unos espacios sin iluminación y en otros casos no existe iluminación, es primordial tener alguna alternativa de solución para mejorar el alumbrado público en el centro de la ciudad.

**3.- Cree usted que el sistema de mantenimiento de alumbrado público es adecuado y planificado que contribuirá mejorar la calidad de servicio?**

Estoy seguro que es importante no solamente en la ciudad de Latacunga sino en todas las ciudades céntricas de la provincia de Cotopaxi implementar este tipo de tecnologías desarrollado por los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **Análisis del Investigador**

Se ha analizado las expectativas de los estudiantes que se encuentran desarrollando un sistema de iluminación programado en la Empresa Eléctrica Cotopaxi, dando como resultado que es una investigación adecuada para el desarrollo de las nuevas tecnologías de la empresa

### **4.1.3 Jefe de Grupo**

**1.- Considera UD que la Empresa Eléctrica Cotopaxi ELEPCO S.A, debería implementar nuevas tecnologías, para el mejoramiento de la Calidad de alumbrado público del Centro Histórico Latacunga?**

Considero que la Empresa Eléctrica está haciendo un gran esfuerzo en servir al cliente de la mejor manera y dentro de este campo la utilización de nuevas tecnologías de diferente naturaleza son muy bienvenidas, ELEPCO está capacitada para sobrellevar todo este tipo de nuevas tecnologías y poder reflejar en beneficio de los consumidores.

## **Análisis del Investigador**

Se considera apropiado que en toda empresa realice el cambio de equipos y accesorios para dar un buen servicio mejorando el alumbrado público. El tipo de interrupciones de alumbrado público son con frecuencia de varios sectores de la ciudad, sin dejar a un lado los equipos instalados en la misma que tienen que darse un mantenimiento adecuado y oportuno.

**2.- Cree usted importante poner énfasis al problema de alumbrado público deficiente del Centro Histórico Latacunga?**

En toda la zona de concepción de ELEPCO S.A. está trabajando en la calidad de energía especialmente en la interrupción de alumbrado público a problemas internos que afectan directamente a los consumidores.

### **Análisis del Investigador**

Es preciso dar atención a los clientes y usuarios que generan fuentes de trabajo y el desarrollo del país.

### **3.- Cree usted que el sistema de mantenimiento de alumbrado público es adecuado y planificado que contribuirá mejorar la calidad de servicio?**

Totalmente de acuerdo y no solamente en la ciudad de Latacunga en particular en el Centro Histórico sino en todas las cabeceras cantonales de toda la provincia, esto va a ayudar a mejorar notablemente los índices de alumbrado público, ahorrar dinero, vamos a mantener nuestros equipos en óptimo estado y vamos a cumplir con la prestación de servicios de acuerdo a normas y reglamentos que establece el CENACE y el CONELEC.

### **Análisis del Investigador**

Toda empresa eléctrica tiene como objetivo principal desarrollar sistemas de iluminación adecuados, tomando en cuenta que el estudio que se desarrolla con los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi y el apoyo mismo de la empresa eléctrica ayuda a solventar todos los inconvenientes que se viene desarrollando en los sistemas de iluminación.

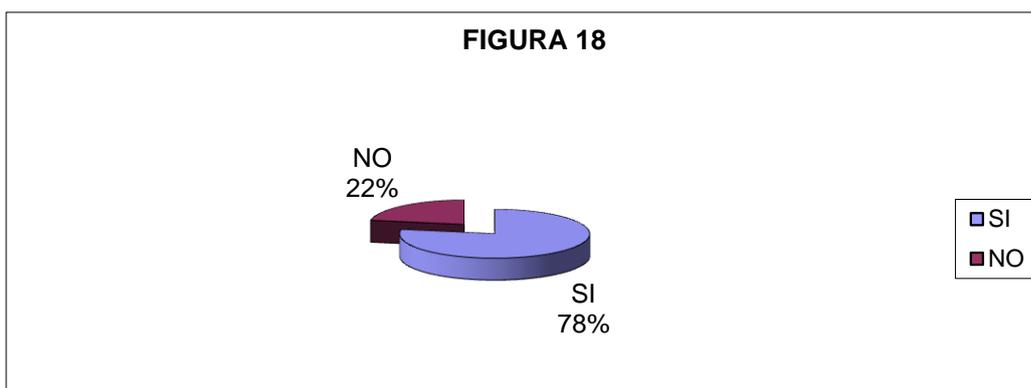
## 4.2 Encuesta a los clientes residenciales del centro histórico

1. - Considera usted que EL Centro histórico de la ciudad de Latacunga cuenta con un servicio de iluminación óptimo prestado por ELEPCO S.A.

Cuadro N°12: Tabulación pregunta 1

ALTERNATIVAS	NUMERO	PORCENTAJE
SÍ	7	78%
NO	2	22%
TOTAL	9	100%

Figura N°18: Relación porcentual entre dos alternativas puntuales tiene una relación aceptable.



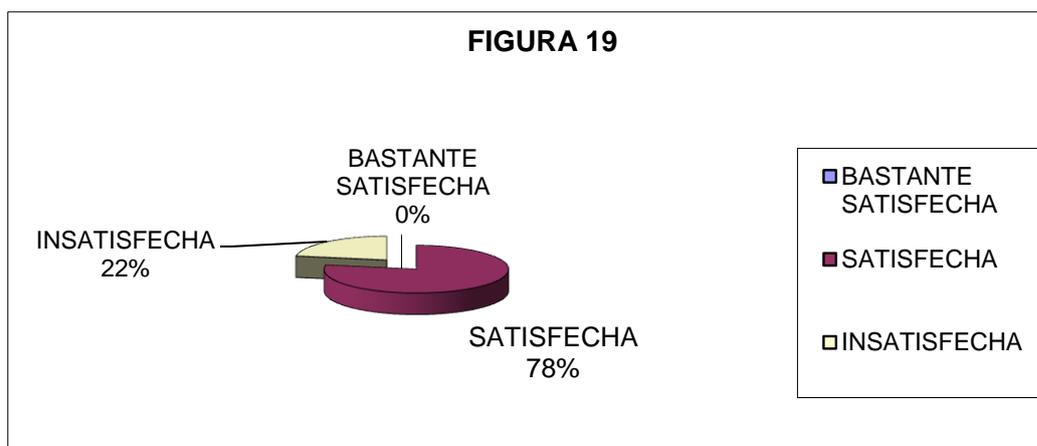
**Análisis.-** Tabulando los datos encontrados en la pregunta sobre la calidad de servicio que presta la Empresa Eléctrica se deduce como un servicio aceptable tomando en cuenta que son clientes residenciales y necesitan un servicio de alumbrado público óptimo.

**2. - ¿Cuán satisfecho está con el servicio que presta el Área Técnica de ELEPCO S.A.?**

Cuadro N°13: Tabulación pregunta 2

ALTERNATIVAS	NUMERO	PORCENTAJE
BASTANTE SATISFECHA		
SATISFECHA	7	78%
INSATISFECHA	2	22%
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>

Figura N°19: La relación porcentual en Bastante satisfecha, insatisfecha y satisfecha.



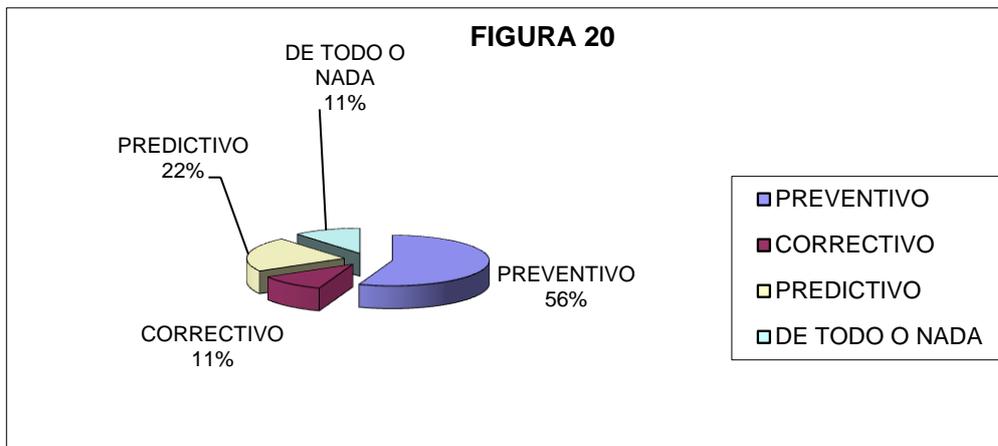
**Análisis.-** Tabulado los resultados se concluye que la Dirección Técnica está prestando todas las facilidades tener un servicio de iluminación eficiente a nivel de toda la empresa.

**3. - Considera necesario implementar nuevas tecnologías de iluminación y programas de mantenimiento alumbrado público para mejorar la calidad de alumbrado público:**

Cuadro N°13: Tabulación pregunta 3

ALTERNATIVAS	NUMERO	PORCENTAJE
PREVENTIVO	5	56%
CORRECTIVO	1	11%
PREDICTIVO	2	22%
DE TODO O NADA	1	11
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>

Figura N°20: Relación porcentual entre los tipos de mantenimientos que se requiere implantar en las Subestaciones.



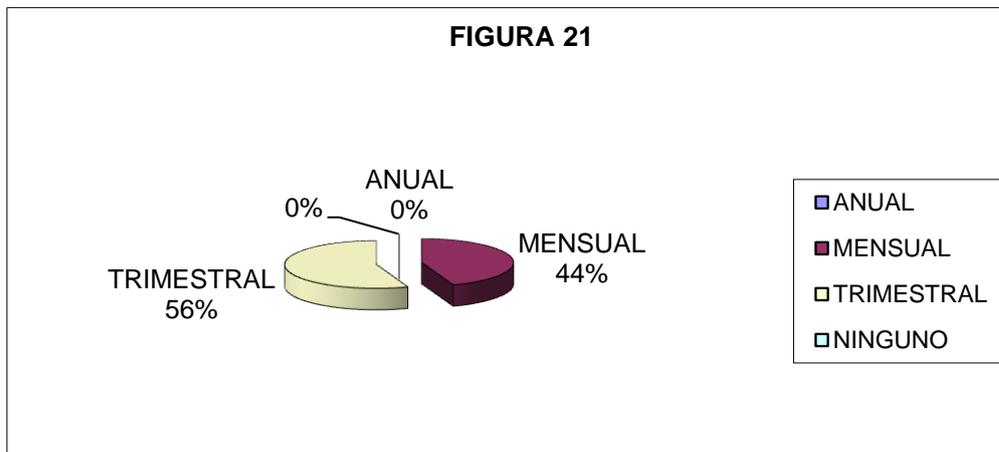
**Análisis.-** Realizando un análisis del porcentaje de los tipos de mantenimiento se puede recalcar que es preciso realizar un programa de mantenimiento programado.

**4. - Cual programa considera usted que sería el adecuado para las actividades de mantenimiento que no afecten la producción de su empresa?**

Cuadro N°14: Tabulación pregunta 4

ALTERNATIVAS	NUMERO	PORCENTAJE
ANUAL		
MENSUAL	4	44%
TRIMESTRAL	5	66%
NINGUNO		
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>

Figura N°21: Relación porcentual entre las actividades programadas de mantenimiento aplicables al alumbrado público.



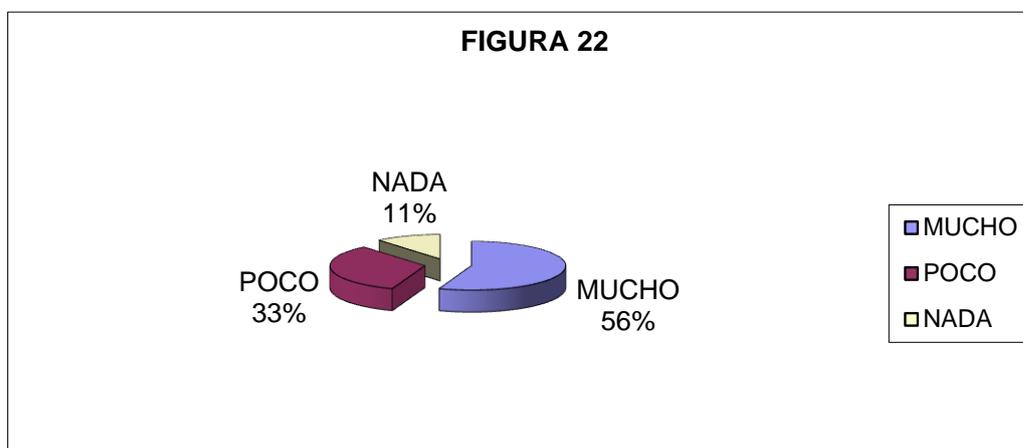
**Análisis.-** Tabulando los datos correspondientes a esta pregunta se concluye que los clientes y usuarios sugieren dar mayor control a un mantenimiento programado trimestralmente y de ser el caso optar por tecnologías de iluminación donde se requiera mínimo mantenimiento como es el caso de la utilización de Balastos electrónicos o el cambio de iluminación por tecnología Led´s cuya luminaria no requiere mantenimiento.

**5. - Considera usted importante el cambio de luminarias sodio alta presión por luminarias Led's de baja consumo eléctrico para centro Histórico Latacunga para mejorar sus niveles de iluminación, confort visual y contribuir con el medio ambiente.**

Cuadro N°15: Tabulación pregunta 5

ALTERNATIVAS	NUMERO	PORCENTAJE
MUCHO	5	56%
POCO	3	33%
NADA	1	11%
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>

Figura N°22: Relación porcentual entre las alternativas del cambio de luminarias sodio alta presión por luminarias Led's para mejorar los sistemas de iluminación.



**Análisis.-** Es importante conocer sobre las nuevas tecnologías de iluminación y su incidencia en el ahorro energético y para mejorar el estatus de vida de los clientes y usuarios beneficiados por este nuevo sistema de iluminación.

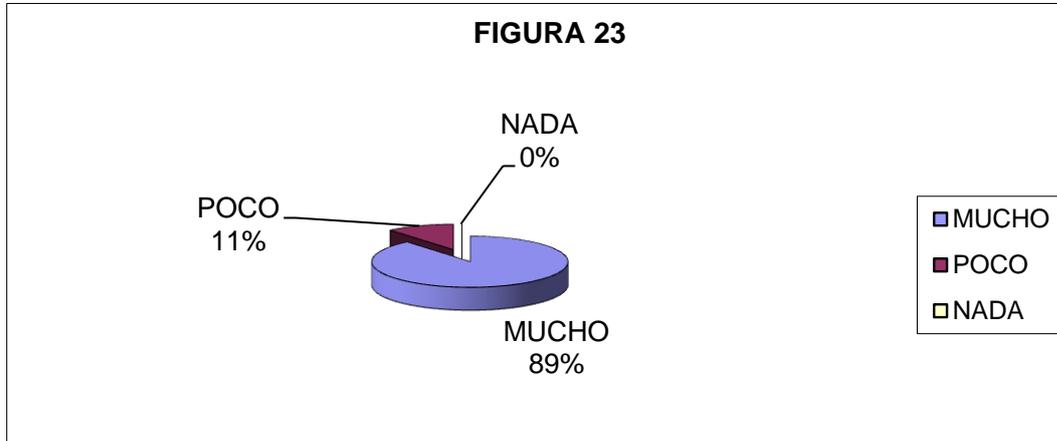
### 4.3 Encuesta a los usuarios comerciales del centro histórico

1. -Cree usted que la ejecución de un sistema de iluminación eficiente y eficaz mejoraría la calidad del servicio de alumbrado público?

Cuadro N°16: Tabulación pregunta 1

ALTERNATIVAS	NUMERO	PORCENTAJE
MUCHO	8	89%
POCO	1	11%
NADA	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>

Figura N°23: La relación porcentual entre los nueve encuestados define como la opción de un sistema de iluminación efectivo y con nuevas tecnologías.



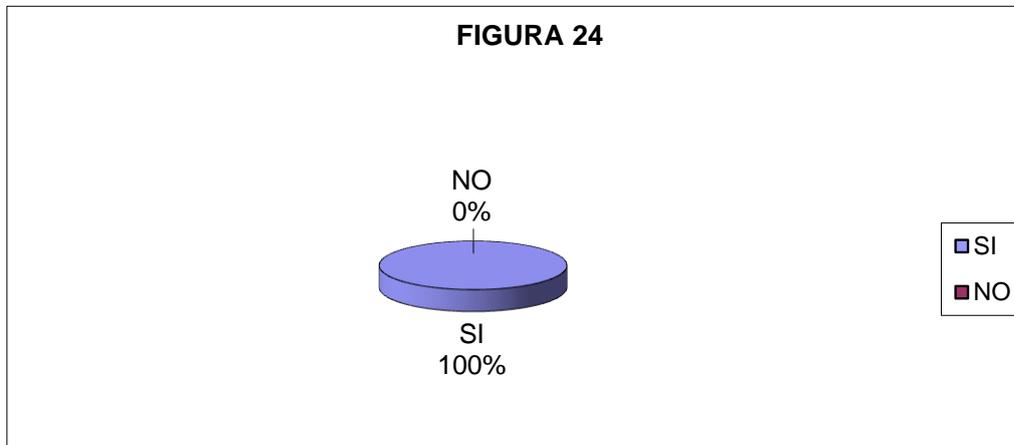
**Análisis.-** Tabulando los datos correspondientes a esta pregunta se concluye que los turistas nacionales y extranjeros se definen como la implementación de un sistema de iluminación con tecnologías Led's contribuyendo con el ornato del centro Histórico de la ciudad de Latacunga.

**2. - Considera usted que es necesario que ELEPCO S.A. Implemente nuevas tecnologías de alumbrado público como el cambio de balastros electrónicos de doble nivel de potencia o la instalación de luminarias Led's ?**

Cuadro N°17: Tabulación pregunta 2

ALTERNATIVAS	NUMERO	PORCENTAJE
SÍ	9	100%
NO	0	0%
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>

Figura N°24: Relación porcentual entre las alternativas planteadas por el grupo investigador indican un alto porcentaje de nuevas tecnologías para el cambio de niveles de iluminación.



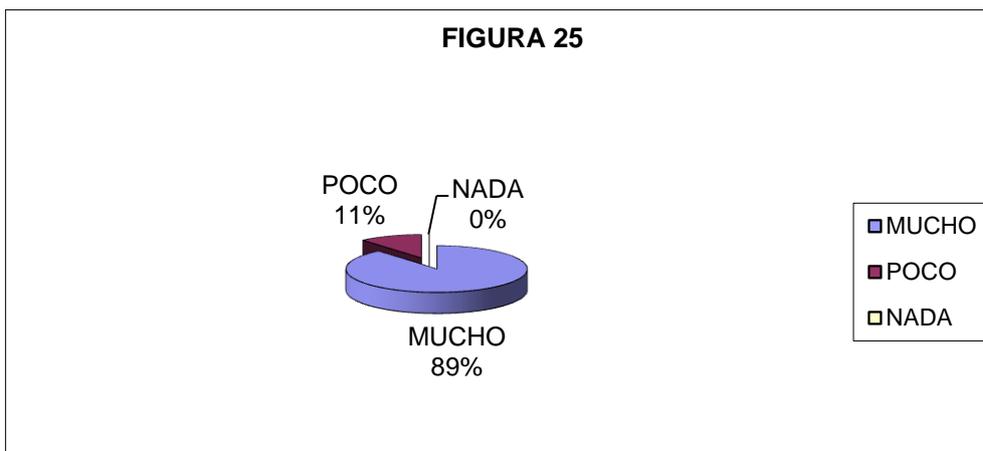
**Análisis.-** Tabulando el resultado correspondiente a la pregunta se considera que los turistas nacionales e extranjeros tienen muy en cuenta que la falta de tecnología actualizada proporciona pérdidas técnicas y económicas para la empresa misma.

**3. -Cree usted que es necesario implementar un nuevo sistema de iluminación para alumbrado público en el Centro Histórico de Latacunga?**

Cuadro N°18: Tabulación pregunta 3

ALTERNATIVAS	NUMERO	PORCENTAJE
MUCHO	8	89%
POCO	1	11%
NADA		0%
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>

Figura N°25: Relación porcentual entre las alternativas presentadas en la encuesta con relación a los sistemas de iluminación para mejorar el alumbrado público.



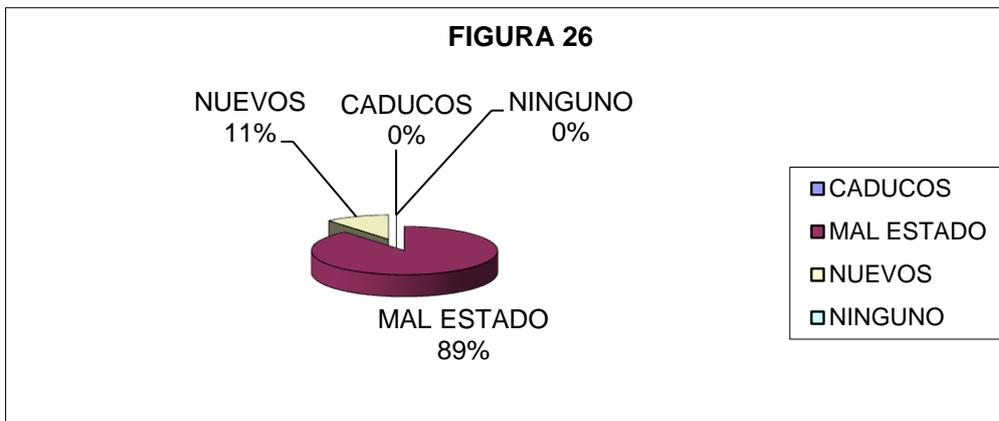
**Análisis.-** Se investiga la alternativa que tiene mayor grado de aceptación por parte de los encuestados por lo es recomendable aplicar nuevas tecnologías para iluminación y desarrollando un sistema de iluminación adecuados y sostenible.

**4. – Como afectan los niveles de iluminación del Centro Histórico Latacunga a la Empresa Eléctrica en una forma directa?**

Cuadro N°19: Tabulación pregunta 4

ALTERNATIVAS	NUMERO	PORCENTAJE
CADUCOS		
MAL ESTADO	8	89%
NUEVOS	1	11%
NINGUNO		0%
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>	<b>100%</b>

Figura N°26: La relación porcentual entre las alternativas planteadas se deduce un alto porcentaje en equipos en mal estado.



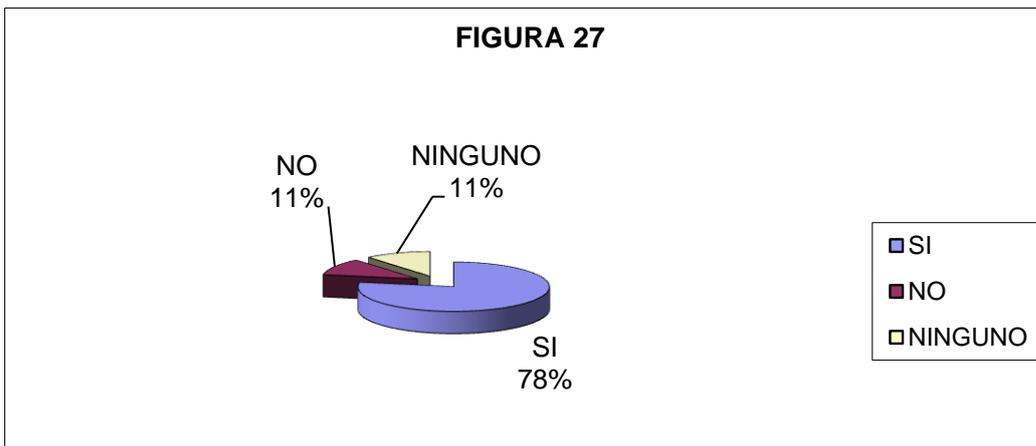
**Análisis.-** Tabulando los datos de esta pregunta se establece que sugieren un sistema de iluminación con nuevas tecnologías y replanteo de los diseños de iluminación para mejorar los niveles propuestos para el presente proyecto.

**5. - Será necesario un diseño completo de iluminación con luminarias de tecnologías Led's para mejorar los niveles de iluminación óptimos y aceptables.**

Cuadro N°20: Tabulación pregunta 5

ALTERNATIVAS	NUMERO	PORCENTAJE
SÍ	7	78%
NO	1	11%
NINGUNO	1	11%

Figura N°27: La relación porcentual entre las opciones planteadas para el cambio de nuevas tecnologías y el rediseño de los sistemas de iluminación es oportuno para los usuarios, clientes, turistas nacionales e internacionales plan del buen vivir.



**Análisis.-** La administración de nuevos sistemas de iluminación para el alumbrado público del Centro Histórico Latacunga desarrollado con tecnologías Led's y un buen diseño de distribución de luminarias representara un tipo de sistema de iluminación eficiente, eficaz y efectivo.

### **4.3 Triangulación de los encuestados a los directivos**

La Empresa Eléctrica Cotopaxi en el ámbito de la modernización se encuentra implementado nuevas tecnologías destinados a la investigación y al avance del desarrollo propio de empresa.

El Centro Histórico Latacunga tiene un servicio iluminación bueno sin embargo el inconveniente que se tiene es por falta de generación que existe a nivel del país lo cual nos ha obligado a nivel de todo el sector eléctrico a tener apagones circunstanciales cuando especialmente que por efectos de falta de generación por lo que es importante ir pensando en un ahorro energético y por ende un ahorro del alumbrado público.

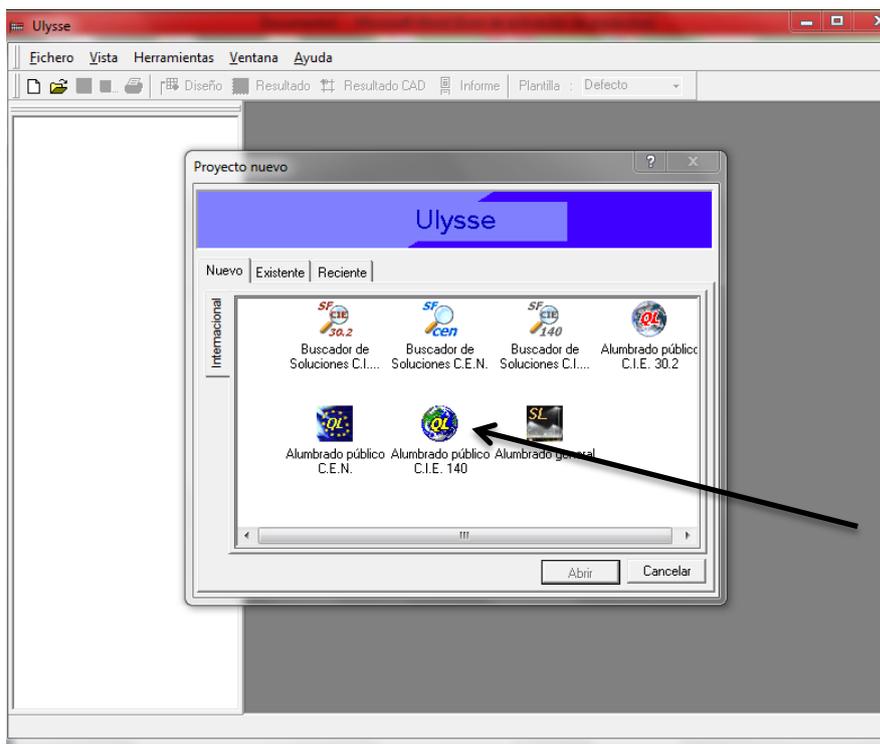
La Empresa Eléctrica Cotopaxi como es el caso de implementar un sistema de iluminación eficiente es de primordial importancia para la empresa adoptar una nueva tecnología de iluminación sustentado en el ahorro energético y la eficiencia energética

Estoy seguro que es importante no solamente en el Centro histórico de Latacunga sino en todas las cabeceras cantonales del provincia de Cotopaxi implementar luminarias con tecnologías Led's desarrollado por los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, esto va a ayudar a mejorar notablemente los índices de calidad de servicio, ahorrar dinero, vamos a mantener nuestros equipos en óptimo estado y vamos a cumplir con la prestación de servicios de acuerdo a normas y reglamentos que establece el CENACE y el CONELEC.

#### 4.4 Modelo de iluminación (ULYSSE)



Figura N°28: Abrir el sistema, aparece la siguiente pantalla



En esta parte para nuestro modelo de iluminación seleccionamos la opción Alumbrado Público C.I.E 140

Figura N° 29: Opción alumbrado público

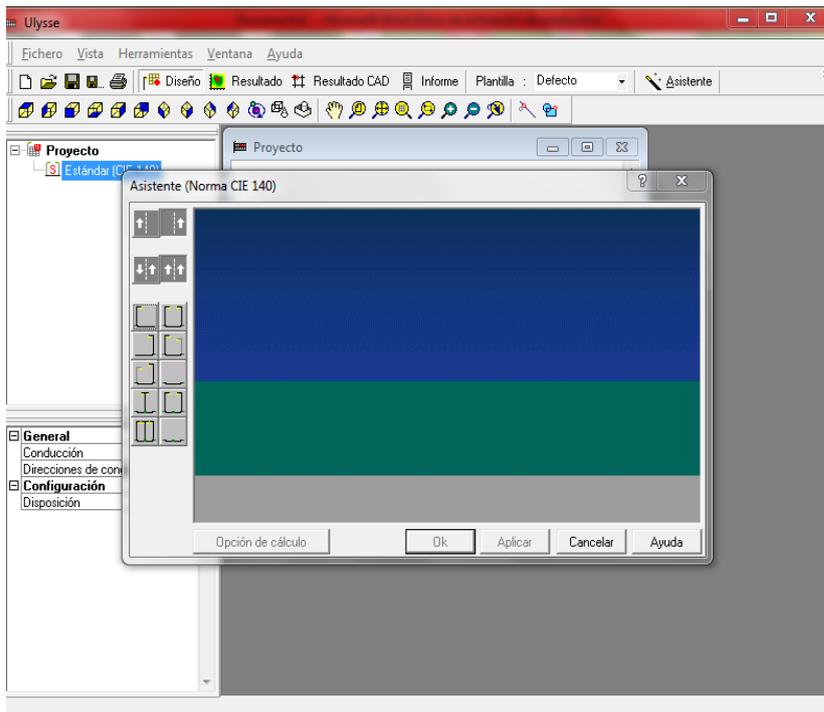
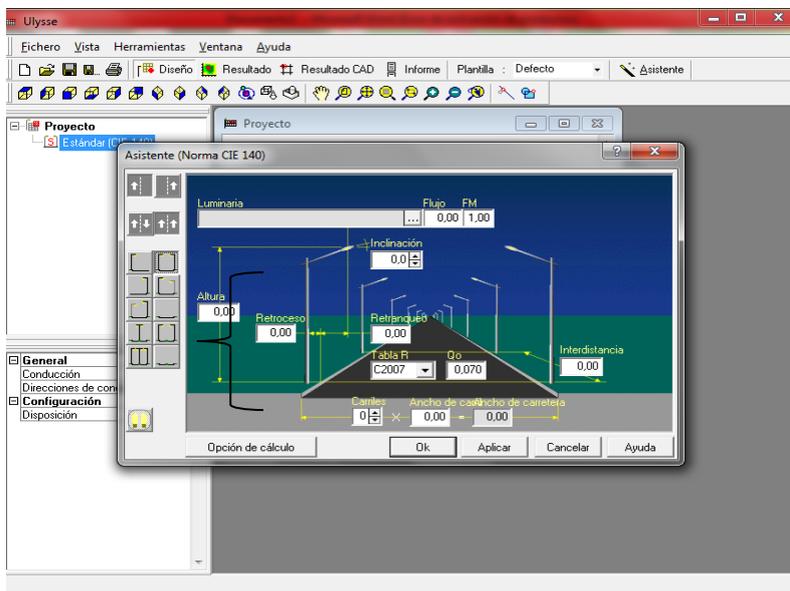


Figura N°30: Asistente con opciones de sentido de vías y posición de luminarias



Posiciones tanto del poste como las luminarias según el diseño que desea realizar, dependiendo el ancho de la carretera y el ancho de la vía.

Figura N° 31: Opciones de ubicación de luminarias

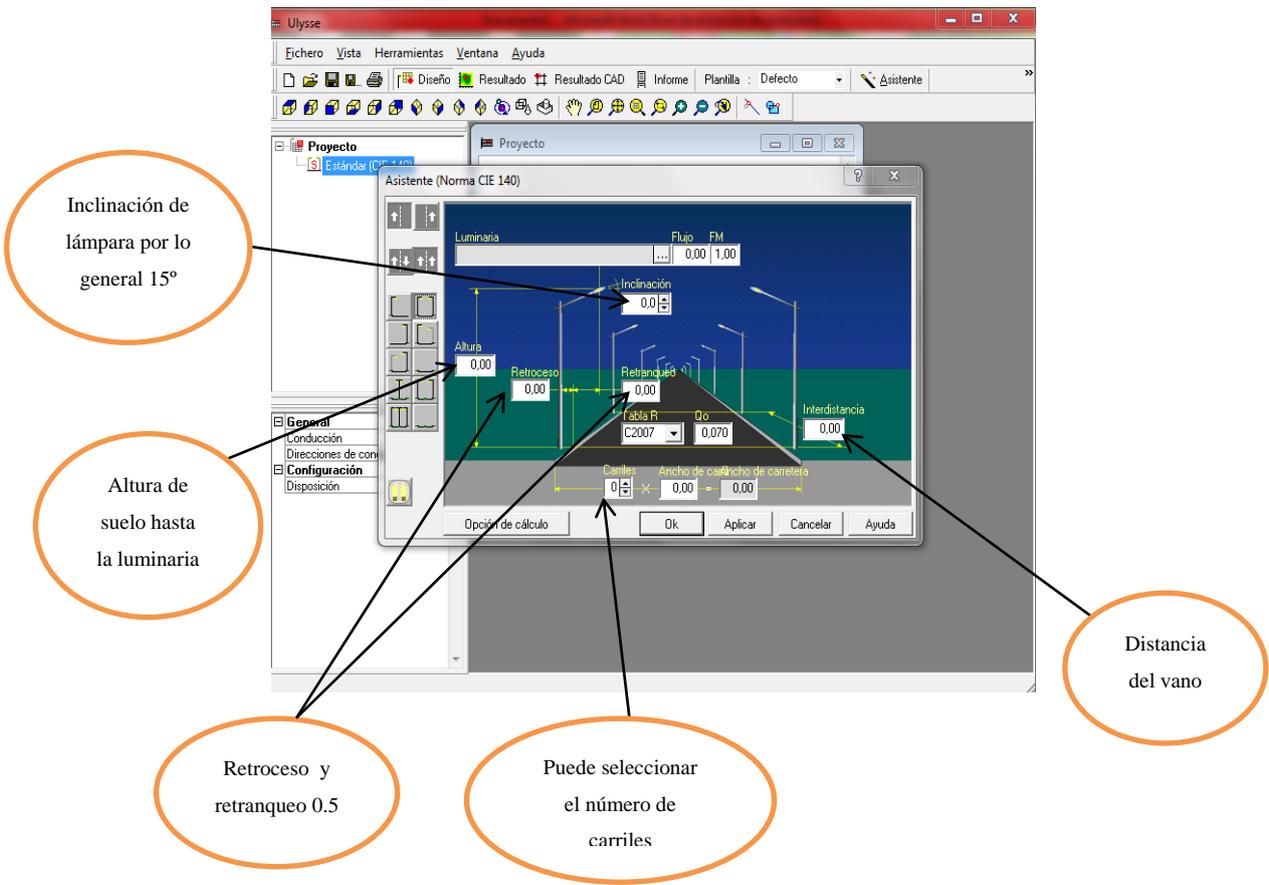


Figura N° 32: Selección de tipos de luminarias

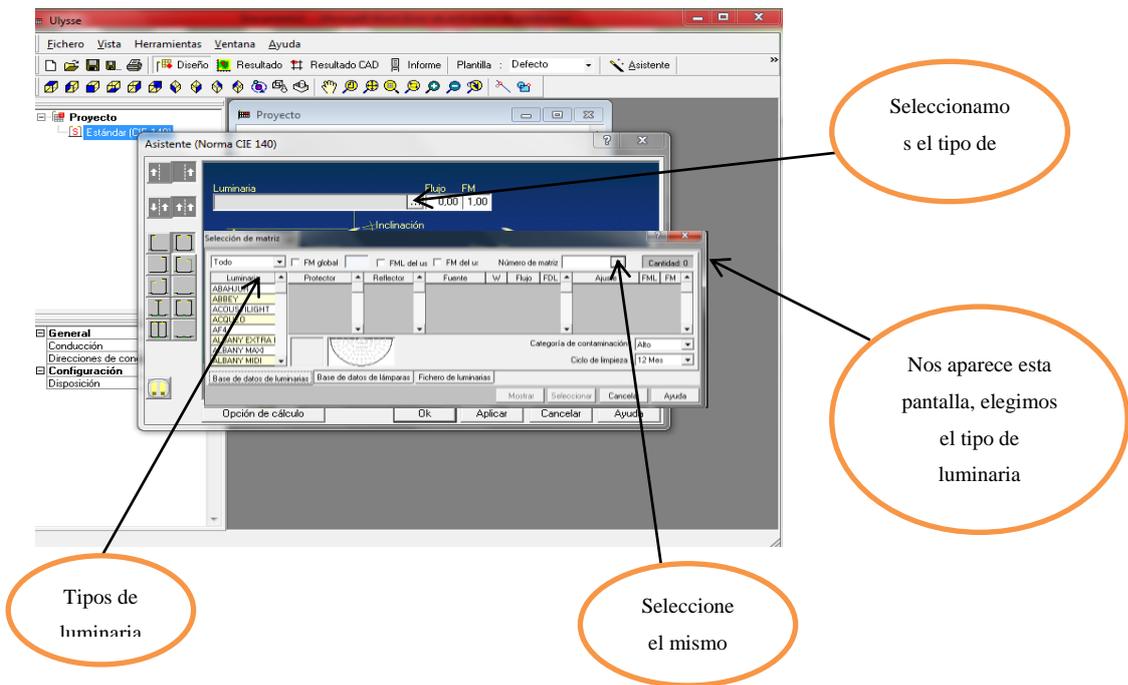


Figura N° 33: Selección de flujos, watos y grados de iluminación

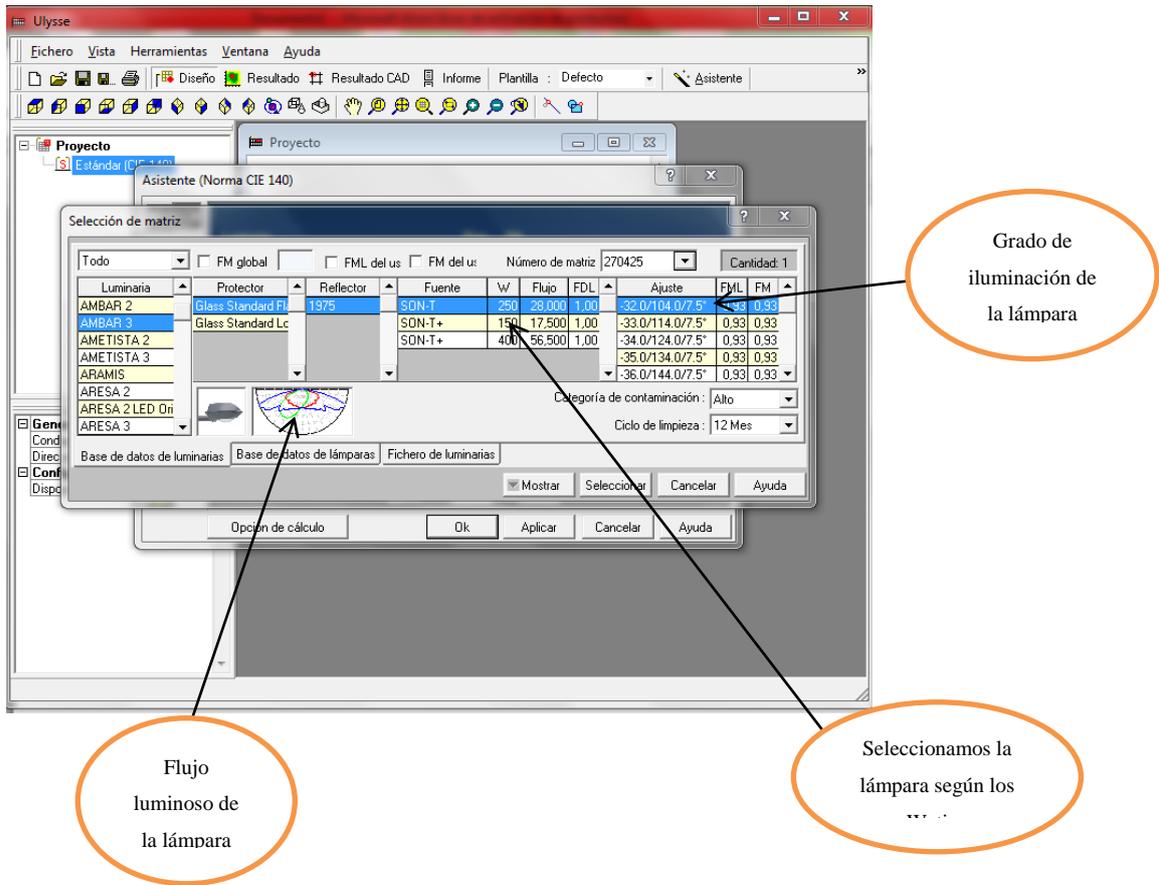
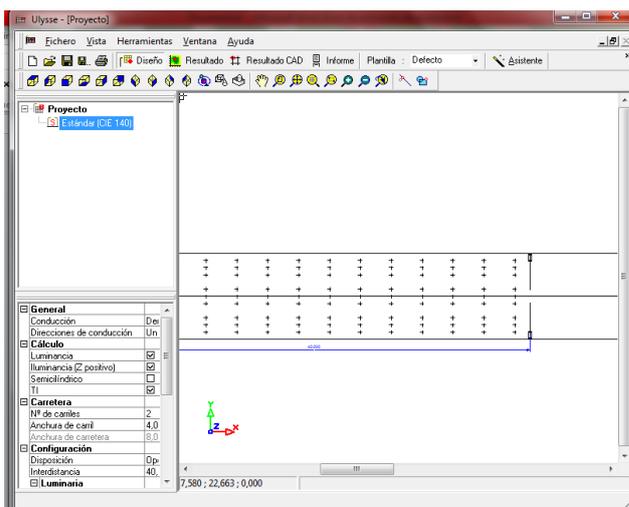
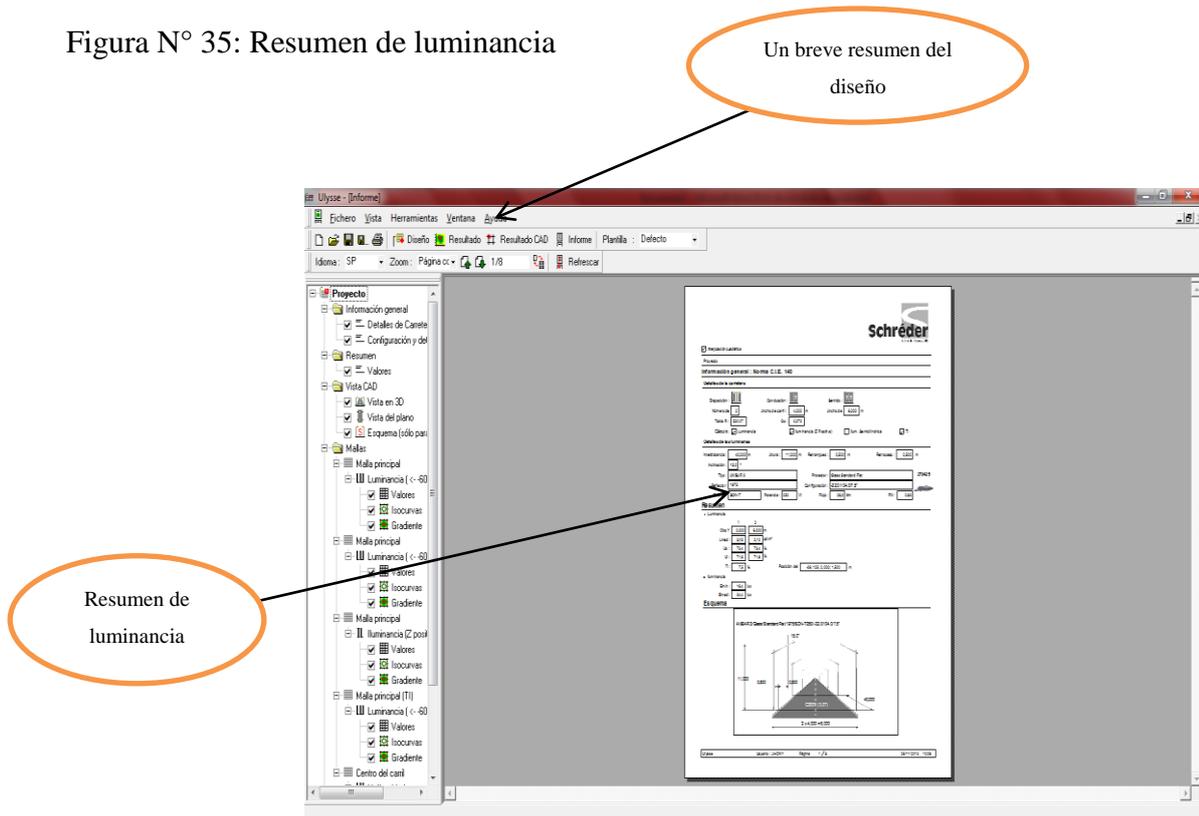


Figura N°34: Procesamiento de información



Escoger la opción Informe y esperamos el proceso

Figura N° 35: Resumen de luminancia



El informe posterior al diseño, es muy importante, ya que en el resumen de luminancia existen parámetros de hay que respetar para no estar fuera de los límites.

#### 4.4.1 Iluminar las Calles de la Ciudad

##### Requisitos Fotométricos.

Las calles de la ciudad tienen que ser iluminadas por lo general según los requisitos de la clase M2 o M3 de la edición CIE N° 115-2010, de acuerdo con su importancia y las condiciones de tráfico.

**Clase M2**  $L_{med} = 1.5 \text{ cd/m}^2$  ;  $U_o \geq 0,4$  ;  $UI \geq 0.7$  ;  $Ti \leq 10\%$  ;  $SR \geq 0.5$

**Clase M3**  $L_{med} = 1.00 \text{ cd/m}^2$  ;  $U_o \geq 0,4$  ;  $UI \geq 0.6$  ;  $Ti \leq 15\%$  ;  $SR \geq 0.5$

#### 4.4.2 Iluminar parques

##### Requisitos fotométricos

Se ofrece a continuación los valores de los criterios de iluminación que hay que respetar para las diferentes clases P, tal como se encuentra en la edición CIE 115-2010:

CLASE P1  $E_{med} = 15 \text{ lux}$  ;  $E_{min} = 3 \text{ lux}$  ;  $E_v, \text{ min} = 5 \text{ lux}$  ;  $E_{sc, \text{ min}} = 3 \text{ lux}$

CLASE P2  $E_{med} = 10 \text{ lux}$  ;  $E_{min} = 2 \text{ lux}$  ;  $E_v, \text{ min} = 3 \text{ lux}$  ;  $E_{sc, \text{ min}} = 2 \text{ lux}$

CLASE P3  $E_{med} = 7.5 \text{ lux}$  ;  $E_{min} = 1.5 \text{ lux}$  ;  $E_v, \text{ min} = 2.5 \text{ lux}$  ;  $E_{sc, \text{ min}} = 1.5 \text{ lux}$

CLASE P4  $E_{med} = 5 \text{ lux}$  ;  $E_{min} = 1 \text{ lux}$  ;  $E_v, \text{ min} = 1.5 \text{ lux}$  ;  $E_{sc, \text{ min}} = 1 \text{ lux}$

CLASE P5  $E_{med} = 3 \text{ lux}$  ;  $E_{min} = 0.6 \text{ lux}$  ;  $E_v, \text{ min} = 1 \text{ lux}$  ;  $E_{sc, \text{ min}} = 0.6 \text{ lux}$

CLASE P6  $E_{med} = 2 \text{ lux}$  ;  $E_{min} = 0.4 \text{ lux}$  ;  $E_v, \text{ min} = 0.6 \text{ lux}$  ;  $E_{sc, \text{ min}} = 0.4 \text{ lux}$

Figura N°36: Resultados de las mallas el flujo luminoso de la lámpara.

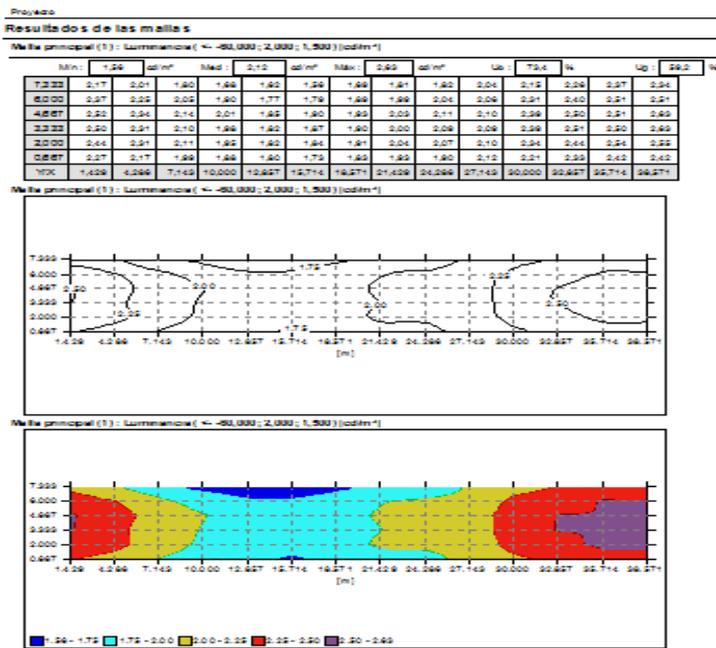


Figura N°37: Diagrama polar /cartesiano y la curva de utilización y el rendimiento de la lámpara.

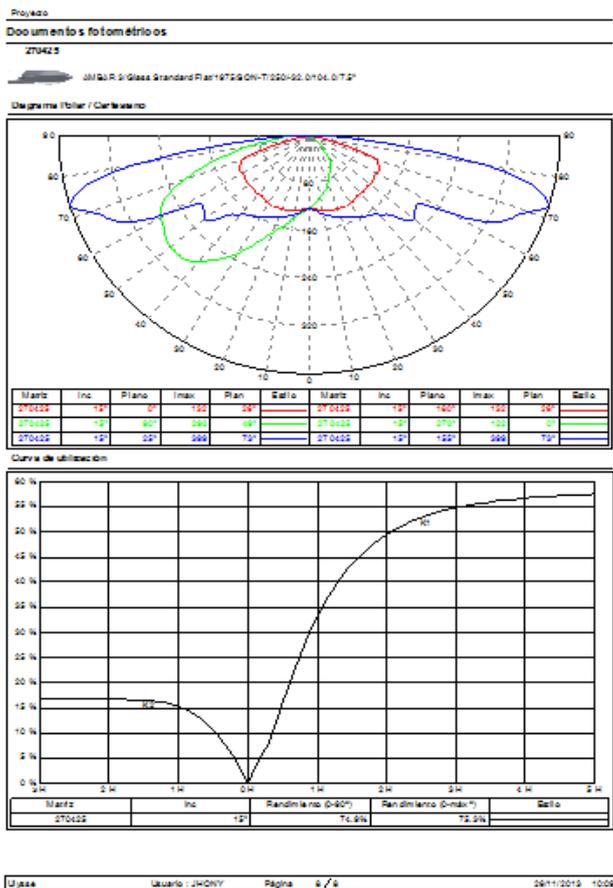
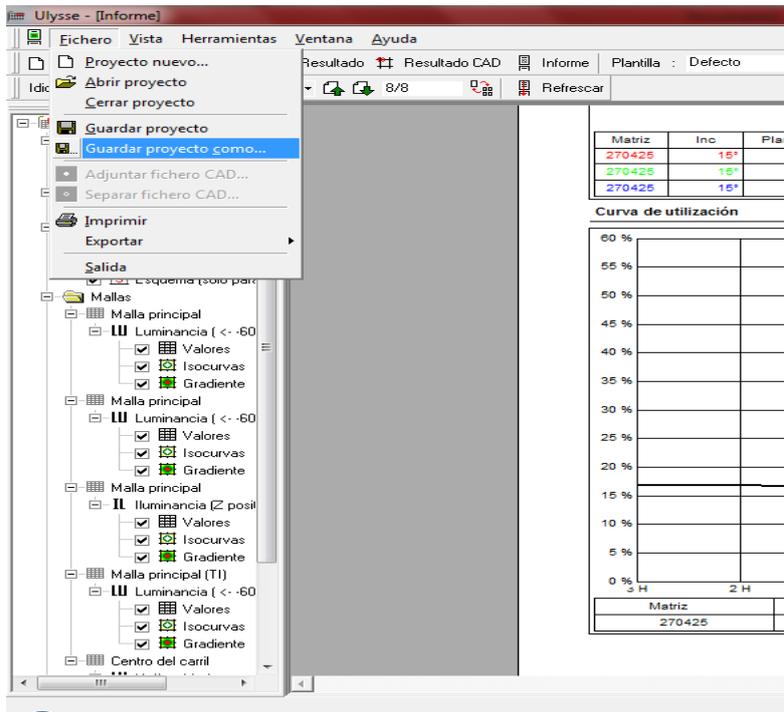


Figura N°38: Guardar el proyecto



#### 4.5 Sistema de Iluminación Actual del Centro Histórico

Mediante la aplicación de software de cálculos de Iluminación para vías “Ulysses”, a continuación se muestran los resultados de las mediciones de varios lugares del Centro Histórico de Ltacunga, con cuadros de resumen y sus correspondientes informes.

La vista de los Esquemas, Vista en plantas, Vista en 3D, Resultados de las Mallas y Documentos Fotométricos, para los sistema de Iluminación Global, de las calles Belisario Quevedo – Quito y Resumen se presentan en los Anexos del 9 al 30

## Breve resumen: Sistema de Iluminación Global

Descripción: Centro Histórico

Nombre del proyectista: Carlos Cevallos

Calzada principal: Global

Lmed [cd/m<sup>2</sup>] : 1,00

Uo [%] : 40,9

Emín [lux] (Z positivo) : 3,1

Emed [lux] (Z positivo) : 13,5

Emín (Vert) (X negativo) : 0,1

Emed (Vert) (X negativo) : 8,3

Ti [%] : 16,3

Uniformidad longitudinal

Ul 1 [%] : 35,4

Proyecto

Fichero : ... \RESPALDO\CENTRO~4.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 :

Reflector : 
 Configuración :

Fuente : 
 Potencia :  W
 Flujo :  km
 FM :



253801

## Resumen

#### ◆ Luminancia

1  
 Obs Y :  m  
 Lmed :  cd/m<sup>2</sup>  
 Uo :  %  
 UI :  %  
 TI :  %

Posición del  m

#### ◆ Iluminancia

Emin :  lux  
 Emed :  lux

#### ◆ Luminancia (Vertical)

Emin :  lux  
 Emed :  lux

## **Breve resumen: Sistema de Iluminación por calles**

Descripción: Resumen Calle Belisario Quevedo y Calle Quito

Nombre del proyectista: Carlos Cevallos

Calzada principal: Calle Belisario Quevedo y Calle Quito

Lmed [cd/m<sup>2</sup>] : 1,19

Uo [%] : 55,8

Emín [lux] (Z positivo) : 3,2

Emed [lux] (Z positivo) : 16,3

Emín (Vert) (X negativo) : 0,2

Emed (Vert) (X negativo) : 9,2

Ti [%] : 13,1

Uniformidad longitudinal

Ul 1 [%] : 45,1

Proyecto

Fichero : ... \RESPALDO\CENTRO~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 : 
**243473**

Reflector : 
 Configuración : 


Fuente : 
 Potencia :  W
 Flujo :  km
 FM :

## Resumen

#### ◆ Luminancia

1  
 Obs Y :  m  
 Lmed :  cd/m<sup>2</sup>  
 Uo :  %  
 UI :  %  
 TI :  %

Posición del :  m

#### ◆ Iluminancia

Emin :  lux  
 Emed :  lux

#### ◆ Iluminancia (Vertical)

Emin :  lux  
 Emed :  lux

## Breve resumen: Sistema de Iluminación Centro Histórico Latacunga

Descripción: Iluminación Centro Histórico Latacunga

Nombre del proyectista: Carlos Cevallos

Calzada principal: Resumen

Lmed [cd/m<sup>2</sup>] : 0,92

Uo [%] : 41,7

Emín [lux] (Z positivo) : 1,8

Emed [lux] (Z positivo) : 12,5

Emín (Vert) (X negativo) : 0,1

Emed (Vert) (X negativo) : 7,7

Ti [%] : 15,7

Uniformidad longitudinal

Ul 1 [%] : 35,4

Proyecto: Fichero: ... \RESPALDO\CE75C0-1.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:      
  
 Reflector:      
 Configuración:   
 Fuente:      
 Potencia:  W     
 Flujo:  km     
 FM:

**Resumen**

• Luminancia  
 1  
 Obs Y:  m  
 Lmed:  cd/m<sup>2</sup>  
 Uo:  %  
 UI:  %  
 TI:  %     
 Posición del:  m

• Iluminancia  
 Emin:  lux  
 Emed:  lux

• Iluminancia (Vertical)  
 Emin:  lux  
 Emed:  lux

**4.6 Conclusiones del capítulo**

- La metodología de experimental permitió recolectar información de campo estructurada en los cuadros 8, 9 y 10, en los que se evidenció mediciones inferiores a las que arrojó el sistema ULYSSE.
- La utilización de la metodología de simulación del sistema ULYSSE, permitió comparar los resultados dados por este con las mediciones de campo realizadas con el luxómetro en el sitio de la investigación, ayudando a desarrollar un mejor criterio para su análisis técnico.
- La utilización del presente software de simulación de alumbrado público vial como es el ULYSSE, nos permite aplicar matrices de intensidades de cualquier marca por lo que es factible su aplicación para este estudio, y en base a la norma CIE-140; facilitando al investigador las técnicas de cálculo.

- El alumbrado público de las rutas principales de comunicación y de las zonas urbanizadas del centro histórico Latacunga es un factor notable de seguridad y como resultado, paradójicamente, una fuente de economía. Las conclusiones obtenidas de estos estudios dan como resultado la mejora de la percepción visual de los conductores (como de día).
- En la aplicación del concepto de luminancia, el propósito es proporcionar una calzada brillante contra la que los objetos se ven en silueta. Por lo tanto se usa el nivel y la uniformidad de la luminancia de la calzada, así como el control del deslumbramiento, como criterios de calidad.

## **CAPITULO V**

### **LA PROPUESTA**

#### **5.1 Título de la Propuesta**

Diseño de sistema de iluminación eficiente, eficaz y efectivo del Centro Histórico Latacunga

#### **5.2 Justificación de la propuesta**

El presente documento contiene el estudio técnico lumínico para la Repotenciación de la Iluminación con Tecnología LED para el Centro Histórico de la Ciudad de Latacunga Provincia de Cotopaxi.

Los Led's no necesitan alcanzar una temperatura óptima para funcionar ya que el encendido es instantáneo. (Las lámparas de vapor de sodio necesitan calentar el gas que llevan en el interior para que se produzca el efecto luminoso).

Carecen de partes móviles como puede ser el filamento de una lámpara incandescente o el cristal, el LED no produce vibraciones por lo que su "luz" es constante y son más robustos ante cualquier tipo de manejo inadecuado bien durante el transporte, instalación o uso., también son más robustos a las inclemencias del tiempo: frío, calor, lluvia, nieve, etc.

La vida útil de estos dispositivos es superior a las 50.000 horas (más de 11 años a razón de 12 horas diarias) de funcionamiento (puede llegar a 100.000 horas en algunas aplicaciones concretas). Se está hablando de 5 a 10 veces más vida útil que las lámparas de vapor de sodio.

Las lámparas de Led's son ligeras, se consigue una reducción del peso del producto (luminaria) final. Casi no hay desperdicio de energía en la forma de disipación de calor. Además, la forma de la luz generada por el LED concentra la luz de salida sin necesidad de componentes ópticos adicionales, haciéndolos más eficientes. Su eficiencia es muy

alta puesto que su consumo es muy bajo. Consecuencia de esta gran eficiencia y gracias a operar con potencias bajas (las lámparas se construyen con un gran número de Led's), el calentamiento que sufren es ínfimo porque casi el 99% de la potencia se convierte en energía luminosa. Con las lámparas de LED de alta intensidad para la iluminación de avenidas, caminos y puentes con potencias de 28W, 56W, 112W y 168W se pueden reemplazar las lámparas de alta presión de sodio de 75W, 150W, 250W, y 400W directamente, sólo es necesario cambiar la luminaria.

### **5.3 Objetivo de la propuesta**

Demostrar un sistema de iluminación integral eficiente y efectivo en el centro histórico Latacunga, donde se utilizara como base la iluminación con tecnología Led's dando como resultado el ahorro significativo de energía eléctrica y cero mantenimientos.

### **5.4 Estructura de la propuesta**

El centro Histórico de la Ciudad de Latacunga es considerada como una Ciudad Patrimonial del País, es política de estado hoy en día fortalecer estas ciudades. Dentro de las políticas de recuperación Urbana de esta ciudad, la Empresa Eléctrica del Cotopaxi ELEPCO promueve la repotenciación de su Alumbrado Público. Para tal efecto el presente Estudio toma como base la información entregada por el Departamento de alumbrado público de ELEPCO S.A. así como también los datos recopilados in situ. Se considera a la vez las Normas aplicables vigentes del MEER, ELEPCO y las recomendaciones técnicas sugeridas por la Normativa Internacional CIE-115 y CIE-140 - 2000 (Commission Internacionales de L'eclairage - International Commission on Illumination-Comisión Internacional de Iluminación).

### **5.5 Desarrollo de la propuesta**

#### **5.5.1 Características de la vía**

Para la Ciudad de Latacunga se han definido 3 tipos de vías cuyas características generales son las siguientes:

- Vía tipo de hasta 7m (incluye vías peatonales):

Cuadro N°21: Configuración de la vía de 7m

<b>CONFIGURACIÓN DE LA VIA 7m Max.</b>	
Ancho de Vía Vehicular	3,6m
Ancho de Carril de Parqueo	3,6
Sentidos de Circulación	1
Separación de Calzadas	No
Aceras	1 por lado.
Ancho de Aceras	1.0m
Edificaciones Laterales	1 a cada lado
Altura Promedio de Edificación	6.0m

Figura N°39: Vías de 7m



- Vía tipo de hasta 10m

Cuadro N°22: Configuración de la vía 10m

<b>CONFIGURACIÓN DE LA VIA 10m Max.</b>	
Ancho de Vía Vehicular	3,6
No. De Carriles	2
Ancho de Carril de Parqueo	3,6
Sentidos de Circulación	1
Separación de Calzadas	No
Aceras	1 por lado.
Ancho de Aceras	1.5m
Edificaciones Laterales	1 a cada lado
Ancho de Vía Vehicular	6.0 m

Figura N°40: Vías de 10m



- Vía tipo de hasta 15m (incluye vías peatonales):

Cuadro N°23: Configuración de la vía de 15m

<b>CONFIGURACIÓN DE LA VIA 15m Max.</b>	
Ancho de Vía Vehicular	3,6
No. De Carriles	3
Ancho de Carril de Parqueo	3,6
Sentidos de Circulación	1
Separación de Calzadas	No
Aceras	1 por lado.
Ancho de Aceras	1.25m y 2.0m
Edificaciones Laterales	1 lateral
Altura Promedio de Edificación	6.0m

Figura N°41: Vías de 15m



### 5.5.2 Parámetros de selección y determinación de la clase de iluminación

Considerando la Norma MEER, ELEPCO y CIE115 pag.12, el diseño de Iluminación de Vías, se requiere un análisis de Iluminación estándar Tipo M en Vía y P en vías peatonales y aceras. Para tal efecto se emplea la siguiente Tabla para la selección de la Clase de Iluminación Tipo M:

Cuadro N°24: Selección de la clase de iluminación Tipo M

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALORES</b>	<b>OPCIONES</b>	<b>VALORES ESPERADOS V<sub>w</sub></b>	<b>V<sub>w</sub> SELECCIONADO</b>
1	2	3	4	5
Velocidad	15-40 Km/h	Muy Alta	3	0
		Alta	2	
		Moderada	1	
		Baja	0	
		Muy Bajo	-1	
Volumen de Tráfico	200-1500	Alto	0,5	0
		Moderado	0	
		Bajo	-0,5	

		Muy Bajo	-1	
Composición del Tráfico		Mezcla, con alto % de no motorizados.	2	2
		Mezcla entre Motorizados y no motorizados	1	
		Únicamente Motorizado	0	
Separación de Carriles	NO	No	1	1
		Si	0	
Luminancia de Ambiente	Baja	Alta	1	1
		Moderada	0	
		Baja	-1	
Guías Visuales/Control de Tráfico	Pobre	Pobre	0,5	0
		Moderada a Buena	0	
Suma de los Valores Esperados <b>Vws:</b>				<b>4</b>
Clase de Iluminación <b>M = 6 – Vws</b>				<b>2</b>

Por lo tanto, el presente diseño considerará una Clase de Iluminación en Vía tipo **M2**.

Para determinar los niveles de Iluminación sobre Vías Peatonales y Aceras, se ha tomado como referencia la Normativa Internacional CIE 115:2010. La Clase de

Iluminación para la Vías Peatonales y Aceras, la podemos se determinar a través de la valoración de los siguientes parámetros de selección:

Cuadro N°25: Parámetros para selección de la clase de iluminación TIPO P

PARÁMETRO	VALORES	OPCIONES	VALORES ESPERADOS V <sub>w</sub>	V <sub>w</sub> SELECCIONADO
1	2	3	4	5
Velocidad	0-15 Km/h	Baja	1	0
		Muy Baja	0	
Volumen de Tráfico	0-500	Muy Alto	1	0
		Alto	0,5	
		Moderado	0	
		Bajo	-0,5	
		Muy Bajo	-1	
Composición del Tráfico		Pedestre, Ciclistas y tráfico motorizado	2	1
		Pedestre y tráfico motorizado	1	
		Pedestre y Ciclistas	1	
		Pedestre únicamente	0	
		Ciclistas únicamente	0	

Parqueos Vehiculares		Presente	0,5	0,5
		No Presente	0	
Luminancia Exterior	Baja	Alta	1	1
		Moderada	0	
		Baja	-1	
Reconocimiento Facial	Pobre	Necesario		
Suma de los Valores Esperados <b>Vws</b>				<b>2,5</b>
Clase de Iluminación <b>P = 6 - Vws</b>				<b>3,5</b>

Por lo tanto, el presente diseño considerará una Clase de Iluminación en Aceras y Ciclo vías de tipo **P2**.

### 5.5.3 Parámetros de iluminación

Los Niveles requeridos en el cálculo para Vías tipo **M2** son:

Cuadro N°26: Niveles vías tipo M2

TIPO DE VIA	Luminancia Promedio Lav (cd/m <sup>2</sup> )	Uniformidad Uo(L)	Uniformidad Global UI	TI
<b>M2</b>	1,5	> 40%	> 70%	< 20*

En vías de muy baja velocidad, los Niveles de Iluminación **P1** requeridos para el presente diseño son:

Cuadro N°27: Niveles en vías P1

TIPO DE VIA	Iluminancia Promedio Eav (Luxes)	Iluminancia Mínima Emin	Uniformidad de Iluminancia Uo(E)
<b>P2</b>	30	2,0	>33 %

#### 5.5.4 Diseño de iluminación

Considerando el ancho de cada Vía será siempre mayor que la altura de montaje de los equipos de iluminación, se empleará una disposición BILATERAL ALTERNADA ubicada sobre las fachadas de las casa existentes cada 20m de interdistancia. Se emplearán equipos de Alumbrado Público Led´s de 48 y 64 Led´s de Alta Potencia IP66 bloque óptico y eléctrico, IK08, balasto electrónico dimerizable, en brazo metálico de diseño de 1.0m de longitud a una altura de instalación 5,0m y 9.0m. Se prevé el empleo de postes metálicos de 9.0m en los casos requeridos. Con el objeto de implementar un sistema completamente sostenible, de ahorro y eficiencia energética se podrá incorporar adicionalmente a estos equipos de iluminación un dispositivo y sistema de telegestión.

Con estos criterios se procedió a realizar los cálculos fotométricos buscando la óptima configuración en base a las condicionantes, y cumpliendo siempre con los mínimos requerimientos dados en la norma.

#### 5.5.5 Cálculos

Los cálculos Luminotécnicos se efectuaron aplicando Software de Cálculo sobre la base de la disposición y geometría especificada y con metodología de cálculo CIE140-2000.

#### 5.5.6 Resultados

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura N°42: VISTA 1 de iluminación calle Quito, lámparas vapor de sodio 150W



Figura N°43: VISTA 1 de iluminación calle Quito, luminaria Led's



Figura N°44: VISTA 2 de iluminación calle Quito, lámparas vapor de sodio 150W



Figura N°45: VISTA 2 de iluminación calle Quito, luminaria Led's

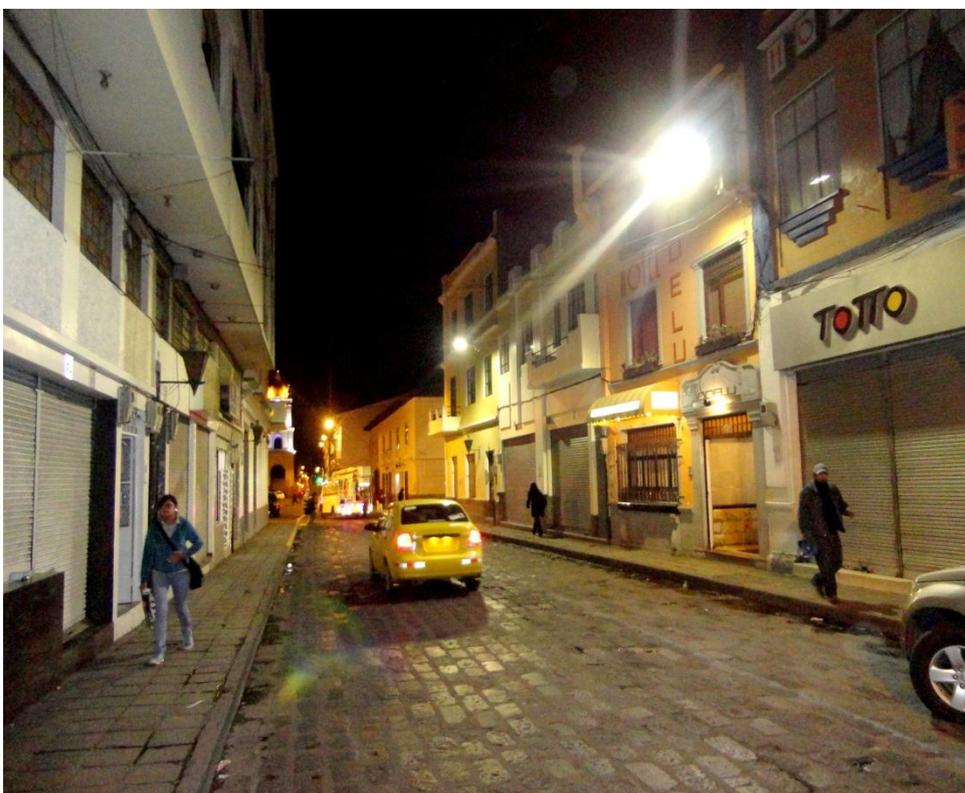


Figura N°46: VISTA 3 de iluminación calle Quito, lámparas vapor de sodio 150W



Figura N°47: VISTA 3 de iluminación calle Quito, luminaria Led's



En los cuadros 37, 38 y 39 se refleja los resultados técnicos y económicos del sistema de iluminación actual y de la propuesta; realizando una comparación cuantitativa de los resultados obtenidos en cuanto a potencia, costos, ahorro de energía y mantenimiento general.

Cuadro N°28: VIA TIPO de hasta 7m (incluye vías peatonales):

DESCRIPCION	Lav (cd/m2)	Uniformidad Uo(global)	TI	Uniformidad UI(Long)	Eav (Luxes)	Emin (Luxes)	Uo
<b>Vía</b>	<b>2,75</b>	<b>54,17</b>	<b>18,8</b>	<b>69,70</b>	N/A	N/A	N/A
<b>Parqueadero</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>30,0</b>	<b>24,6</b>	<b>82,0</b>
<b>Acera Der</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>30,9</b>	<b>13,7</b>	<b>44,4</b>
<b>Acera Izq</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>30,7</b>	<b>12,8</b>	<b>41,5</b>

**PEATONAL:**

DESCRIPCION	Lav (cd/m2)	Uniformidad Uo(global)	TI	Uniformidad UI(Long)	Eav (Luxes)	Emin (Luxes)	Uo
<b>Caminería</b>	N/A	N/A	---	N/A	<b>30,4</b>	<b>10,0</b>	<b>33,0</b>

Cuadro N°29: VIA TIPO de hasta 10m:

DESCRIPCION	Lav (cd/m2)	Uniformidad Uo(global)	TI	Uniformidad UI(Long)	Eav (Luxes)	Emin (Luxes)	Uo
<b>Vía</b>	<b>2,61</b>	<b>78,42</b>	<b>13,5</b>	<b>68,18</b>	N/A	N/A	N/A
<b>Parqueadero</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>38,8</b>	<b>23,3</b>	<b>60,1</b>
<b>Acera Derecha</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>30,1</b>	<b>14,9</b>	<b>49,5</b>
<b>Acera Izquierda</b>	N/A	N/A	N/A	N/A	<b>30,0</b>	<b>14,7</b>	<b>49,0</b>

Cuadro N°30: VIA TIPO de hasta 15m:

DESCRIPCION	Lav (cd/m2)	Uniformidad Uo(global)	TI	Uniformidad UI(Long)	Eav (Luxes)	Emin (Luxes)	Uo
Vía	2,72	89,19	10,0	95,66	N/A	N/A	N/A
Parqueadero	N/A	N/A	N/A	N/A	41,3	28,7	69,5
Acera en Edificación	N/A	N/A	N/A	N/A	36,8	24,1	65,3
Acera en Parque	N/A	N/A	N/A	N/A	31,4	19,5	62,2

Estos valores muestran que los niveles obtenidos **cumplen** totalmente con los requisitos exigidos por la CIE, MEER y ELEPCO, y por tanto con las condicionantes de diseño impuestas.

### 5.5.7 Geometría de cálculo

Figura N°48: VIA TIPO de hasta 7m (incluye vías peatonales)

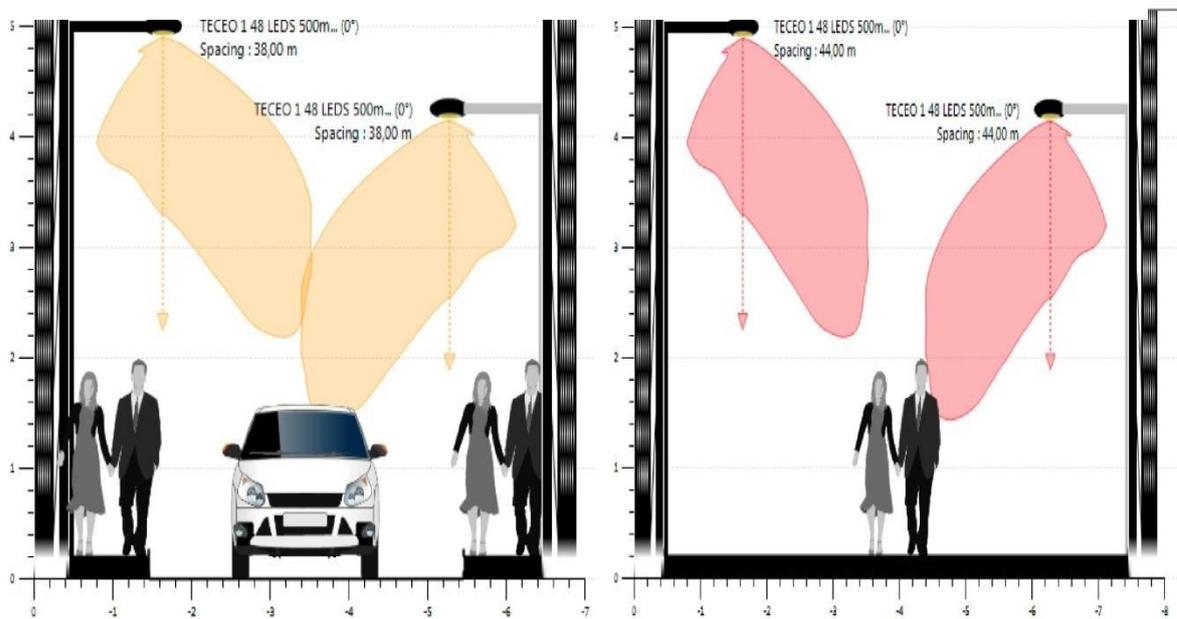


Figura N°49: VIA TIPO de hasta 10m:

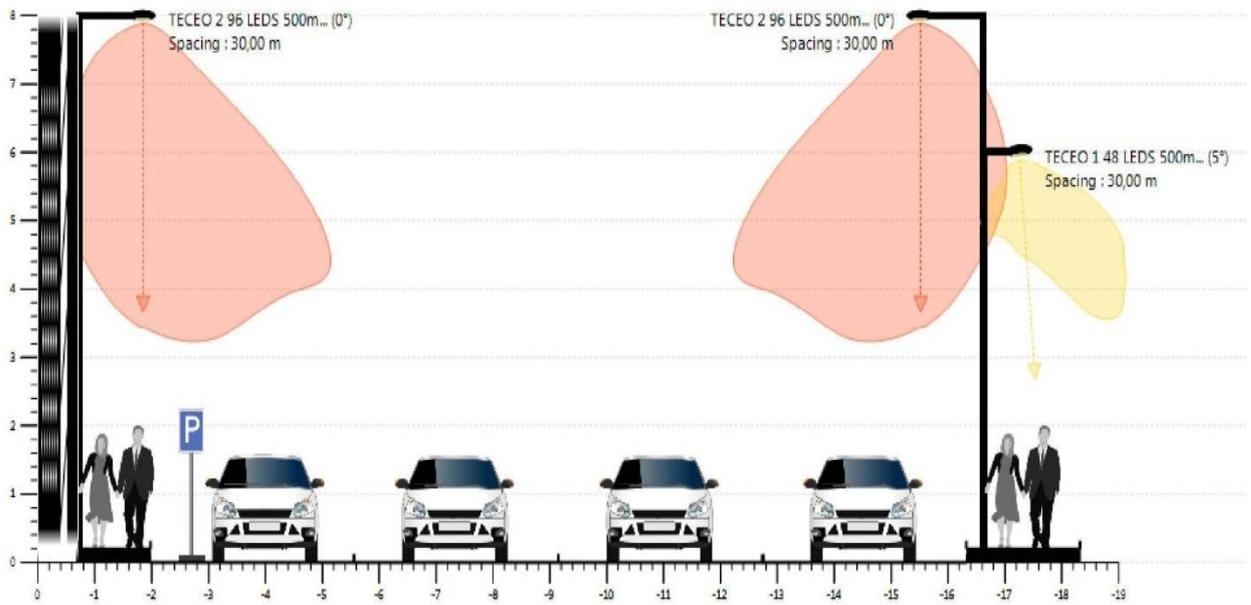
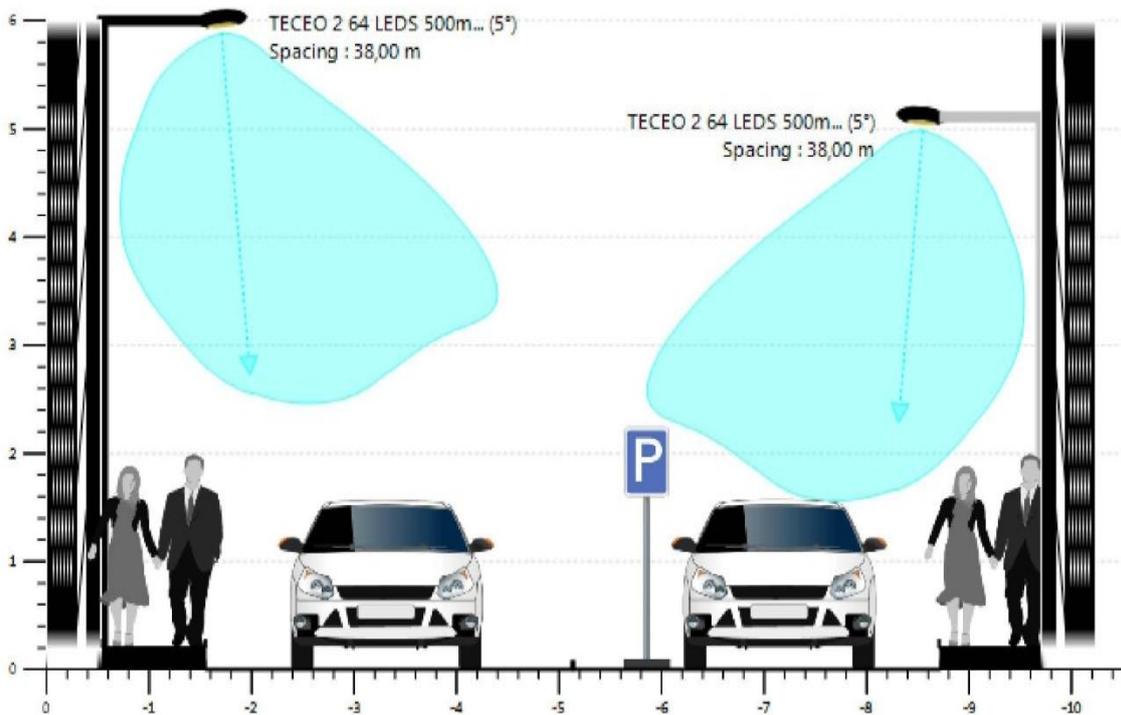


Figura N° 50: VIA TIPO de hasta 15m:



### 5.5.8 Condiciones de montaje

La siguiente Cuadro muestra los parámetros de montaje e instalación de los equipos de iluminación, requeridos para la Iluminación de todos los puentes de la presente Consultoría:

Cuadro N°31: VIA TIPO de hasta 7m (incluye vías peatonales)

DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO
Disposición	Bilateral Alternada
Interdistancia	38m
Altura Libre de Montaje	5.0m
Longitud del Brazo	1.0m
Angulo de inclinación del Brazo	0°
Potencia de Luminaria	78W
Tipo de Balasto	Electrónico Dimerizable
Fuente	LED
No de Led's	48
Lúmenes por Luminaria	9,2kLm
Corriente de Operación	500 m A
Temperatura de Color	Blanco Neutro 4250°K
Factor de Mantenimiento	0,90

Cuadro N°32: VIA TIPO de hasta 7m (peatonales)

DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO
Disposición	Bilateral Alternada
Interdistancia	44m
Altura Libre de Montaje	5.0m
Longitud del Brazo	1.0m
Angulo de inclinación del Brazo	0°
Potencia de Luminaria	78W

Tipo de Balasto	Electrónico Dimerizable
Fuente	LED
No de Led's	48
Lúmenes por Luminaria	9,2kLm
Corriente de Operación	500 m A
Temperatura de Color	Blanco Neutro 4250°K
Factor de Mantenimiento	0,90

Cuadro N°33: VIA TIPO de hasta 15m:

DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO
Disposición	Bilateral Opuesta
Interdistancia	20.0m
Altura Libre de Montaje	9.0m
Longitud del Brazo	1.5m
Angulo de inclinación del Brazo	5°
Potencia de Luminaria	151W
Tipo de Balasto	Electrónico Dimerizable
Fuente	LED
No de Led's	96
Lúmenes por Luminaria	18,1kLm
Corriente de Operación	500 m A
Temperatura de Color	Blanco Neutro 4250°K
Factor de Mantenimiento	0,90

### 5.5.9 Especificaciones técnicas

Cuadro N°34: Luminaria LED 48Led's

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN SOLICITADO
<b>1.- CONDICIONES AMBIENTALES</b>	
Tipo	Horizontal

Lugar de Instalación	A la intemperie
Altura de instalación	3 000 msnm
Condiciones de instalación	Exposición a lluvia, vibración, contaminación atmosférica alta, polución, polvo e insectos
Humedad media relativa	70%
Temperatura ambiente	Entre 0° C y 30° C
Velocidad de viento	Menor a 80 km/hora

## 2.- CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Tensión nominal fase–fase	210 - 240 V para sistemas monofásicos
Tensión nominal fase–fase	220 V para sistemas trifásicos
Tensión nominal fase–neutro	120V para sistemas monofásicos
Tensión nominal fase–neutro	121V para sistemas trifásicos
Potencia Nominal	66,5 W
Frecuencia	60 Hz.
Disposición	Unilateral para iluminación de vías y aceras. Interdistancia: 38-44 m

## 3.- LA LUMINARIA

Aislamiento mínimo	2 Mega-ohmios entre las partes vivas aisladas y entre éstas y las partes no activas
Grado de protección IP MINIMO para el conjunto óptico	Mínimo IP 66 (IEC 60598 y IEC 60529)
Grado de protección IP MINIMO para el conjunto eléctrico	Mínimo IP 66 (IEC 60598 y IEC 60529)
Máximo nivel de ruido cuando operen a la frecuencia y tensión nominales	48 dB cuando operen a la frecuencia y tensión nominales
Rango de tolerancia para la potencia normal de la bombilla	$\pm 7.5\%$ Pn
Tipo de vías donde se usan	Ancho de Vía o Peatonal de hasta 7.0m.
Reparto de flujo luminoso	Reparto de flujo luminoso asimétrico en los planos C-90/270 grados con mayores intensidades hacia C-90 grados y simétrico hacia los planos C-0/180

Características de la carcasa y del cuerpo de la luminaria	Serán enterizos de aluminio inyectado.
Características del sistema de cierre exterior	Poseerá un enclavamiento mecánico para garantizar que la luminaria no se abra accidentalmente
Proceso de recubrimiento de los tornillos y accesorios metálicos expuestos al medio ambiente	Serán recubiertos mediante procesos de galvanizado en caliente o un proceso equivalente que los proteja contra la Corrosión
Características de la pintura usada en el cuerpo de la luminaria	Pintura en polvo de poliéster, horneable. El espesor mínimo de esta capa de pintura será de 60 micras. El coeficiente de adherencia de las pinturas al cuerpo de las luminarias será superior al 85%
<b>4.- MOTOR FOTOMÉTRICO</b>	
Cantidad de Led's	48
Tipo de Led	HIGH POWER 1,2W
Mínima vida útil del Motor Fotométrico, en condiciones nominales de operación	A L80%35°C Mínimo 60000 horas
Flujo luminoso mínimo	Mínimo 9200 Lúmenes (200Lm/Led)
Temperatura de Color	4250°K
Corrientes de operación	Menores 500 Ma
Sistema de Gestión Térmica	Deberán estar térmicamente aislados las PCB's del motor fotométrico y los auxiliares electrónicos. Cada PCB contara con un sensor de temperatura.
<b>5.- LENTE</b>	
Material del que será fabricado el lente	Policarbonato de alta pureza con protección UV resistente a la acción de rayos ultravioleta, a cambios bruscos de temperatura, a altas temperaturas durante períodos prolongados (evitando rompimiento) y al impacto (IK mínimo 08: energía de impacto de 5 Julios).
Eficiencia en cd/lm	11 cd/lm
Ángulo de apertura	12°

Tipo de distribución	Asimétrica
<b>6.- REFRACTOR</b>	
Material del que será fabricado el refractor	Será de Policarbonato con protección UV resistente a la acción de rayos ultravioleta, a cambios bruscos de temperatura, a altas temperaturas durante períodos prolongados (evitando rompimiento) y al impacto (IK mínimo 08: energía de impacto de 5 Julios )
<b>7.- DRIVER</b>	
Tipo	Electrónico
Características de la conexión	Se realizará mediante borneras de conexión
Temperatura máxima permitida en el driver	80°C
Potencia máxima	100 W
Voltaje de entrada	100 - 240V AC, 50-60 Hz
Voltaje de salida	24V DC
Corriente de salida	350mA constantes
Temperatura ambiente	-20°C ... +60°C
Regulación de corriente incluyendo variaciones de temperatura	-8% +5%
Protecciones incluidas	Contra sobre calentamiento y cortocircuito Contra picos en el voltaje de entrada Contra sobrecarga
Normas de diseño y construcción	EN 55015, EN 61000-3-2, EN 61347-1, EN 61347-2-13, EN 61547, VDE 0710T14

Cuadro N° 35: LUMINARIA LED 64Led's

<b>PARÁMETRO</b>	<b>ESPECIFICACIÓN SOLICITADO</b>
<b>1.- CONDICIONES AMBIENTALES</b>	
Tipo	Horizontal
Lugar de Instalación	A la intemperie

Altura de instalación	3 000 msnm
Condiciones de instalación	Exposición a lluvia, vibración, contaminación atmosférica alta, polución, polvo e insectos
Humedad media relativa	70%
Temperatura ambiente	Entre 0° C y 30° C
Velocidad de viento	Menor a 80 km/hora
<b>2.- CARACTERISTICAS ELECTRICAS</b>	
Tensión nominal fase-fase	210 - 240 V para sistemas monofásicos
Tensión nominal fase-fase	220 V para sistemas trifásicos
Tensión nominal fase-neutro	120V para sistemas monofásicos
Tensión nominal fase-neutro	121V para sistemas trifásicos
Potencia Nominal	88,7W
Frecuencia	60 Hz.
Disposición	Unilateral para iluminación de vías y aceras. Interdistancia: 38 m
Aislamiento mínimo	2 Mega-ohmios entre las partes vivas aisladas y entre éstas y las partes no activas
<b>ESPECIFICACIÓN SOLICITADO</b>	
Grado de protección IP MINIMO para el conjunto óptico	Mínimo IP 66 (IEC 60598 y IEC 60529)
Grado de protección IP MINIMO para el conjunto eléctrico	Mínimo IP 66 (IEC 60598 y IEC 60529)
Máximo nivel de ruido cuando operen a la frecuencia y tensión nominales	48 dB cuando operen a la frecuencia y tensión nominales
Rango de tolerancia para la potencia normal de la bombilla	$\pm 7.5\%$ Pn
Tipo de vías donde se usan	Ancho de Vial de hasta 10.0m.
Reparto de flujo luminoso	Reparto de flujo luminoso asimétrico en los planos C-90/270 grados con mayores intensidades hacia C-90 grados y simétrico hacia los planos C-0/180

Características de la carcasa y del cuerpo de la luminaria	Serán enterizos de aluminio inyectado.
Características del sistema de cierre exterior	Poseerá un enclavamiento mecánico para garantizar que la luminaria no se abra accidentalmente
Proceso de recubrimiento de los tornillos y accesorios metálicos expuestos al medio ambiente	Serán recubiertos mediante procesos de galvanizado en caliente o un proceso equivalente que los proteja contra la corrosión
Características de la pintura usada en el cuerpo de la luminaria	Pintura en polvo de poliéster, horneable. El espesor mínimo de esta capa de pintura será de 60 micras. El coeficiente de adherencia de las pinturas al cuerpo de las luminarias será superior al 85%
	Largo L: 607 mm Ancho W: 318 mm Alto H2: 113 mm
<b>4.- MOTOR FOTOMÉTRICO</b>	
Cantidad de Led's	64
Tipo de Led	HIGH POWER 1,2W
Mínima vida útil del Motor Fotométrico, en condiciones nominales de operación	A L80%35°C Mínimo 60000 horas
Flujo luminoso mínimo	Mínimo 9200 Lúmenes (200Lm/Led)
Temperatura de Color	4250°K
Corrientes de operación	Menores 500 Ma
Sistema de Gestión Térmica	Deberán estar térmicamente aislados las PCB's del motor fotométrico y los auxiliares electrónicos. Cada PC contara con un sensor de temperatura.
<b>5.- LENTE</b>	
Material del que será fabricado el lente	Policarbonato de alta pureza con protección UV resistente a la acción de rayos ultravioleta, a cambios bruscos de temperatura, a altas temperaturas durante períodos prolongados (evitando rompimiento) y al impacto (IK mínimo 08: energía de impacto de 5 Julios).

Eficiencia en cd/lm	11 cd/lm
Ángulo de apertura	12°
Tipo de distribución	Asimétrica
<b>6.- REFRACTOR</b>	
<b>ESPECIFICACIÓN SOLICITADO</b>	
Material del que será fabricado el	Será de Policarbonato con protección UV resistente a la prolongados (evitando rompimiento) y al impacto (IK mínimo 08: energía de impacto de 5 Julios )
<b>7.- DRIVER</b>	
Tipo	Electrónico
Características de la conexión	Se realizará mediante borneras de conexión
Temperatura máxima permitida en el driver	80°C
Potencia máxima	100 W
Voltaje de entrada	100 - 240V AC, 50-60 Hz
Voltaje de salida	24V DC
Corriente de salida	350mA constantes
Temperatura ambiente	-20°C ... +60°C
Regulación de corriente incluyendo variaciones de temperatura	-8% +5%
Protecciones incluidas	Contra sobre calentamiento y cortocircuito Contra picos en el voltaje de entrada Contra sobrecarga
Normas de diseño y construcción	EN 55015, EN 61000-3-2, EN 61347-1, EN 61347-2-13, EN 61547, VDE 0710T14

Cuadro N° 36: LUMINARIA LED 96Led's

<b>PARÁMETRO</b>	<b>ESPECIFICACIÓN SOLICITADO</b>
<b>1.- CONDICIONES AMBIENTALES</b>	
Tipo	Horizontal
Lugar de Instalación	A la intemperie
Altura de instalación	3 000 msnm
Condiciones de instalación	Exposición a lluvia, vibración, contaminación atmosférica alta, polución, polvo e insectos
Humedad media relativa	70%
Temperatura ambiente	Entre 0° C y 30° C
Velocidad de viento	Menor a 80 km/hora
<b>2.- CARACTERISTICAS ELECTRICAS</b>	
Tensión nominal fase-fase	210 - 240 V para sistemas monofásicos
	<b>ESPECIFICACIÓN SOLICITADO</b>
Tensión nominal fase-fase	220 V para sistemas trifásicos
Tensión nominal fase-neutro	120V para sistemas monofásicos
Tensión nominal fase-neutro	121V para sistemas trifásicos
Potencia Nominal	133W
Frecuencia	60 Hz.
Disposición	Unilateral para iluminación de vías y aceras. Interdistancia: 38 m
<b>3.- LA LUMINARIA</b>	
Aislamiento mínimo	2 Mega-ohmios entre las partes vivas aisladas y entre éstas y las partes no activas
Grado de protección IP MINIMO para el conjunto óptico	Mínimo IP 66 (IEC 60598 y IEC 60529)
Grado de protección IP MINIMO para el conjunto eléctrico	Mínimo IP 66 (IEC 60598 y IEC 60529)
Máximo nivel de ruido cuando operen a la frecuencia y tensión nominales	48 dB cuando operen a la frecuencia y tensión nominales

Rango de tolerancia para la potencia normal de la bombilla	$\pm 7.5\% P_n$
Tipo de vías donde se usan	Ancho de Vial de hasta 15.0m.
Reparto de flujo luminoso	Reparto de flujo luminoso asimétrico en los planos C-90/270 grados con mayores intensidades hacia C-90 grados y simétrico hacia los planos C-0/180
Características de la carcasa y del cuerpo de la luminaria	Serán enterizos de aluminio inyectado.
<b>ESPECIFICACIÓN SOLICITADO</b>	
Características del sistema de cierre exterior	Poseerá un enclavamiento mecánico para garantizar que la luminaria no se abra accidentalmente
Proceso de recubrimiento de los tornillos y accesorios metálicos expuestos al medio ambiente	Serán recubiertos mediante procesos de galvanizado en caliente o un proceso equivalente que los proteja contra la corrosión
Características de la pintura usada en el cuerpo de la luminaria	Pintura en polvo de poliéster, horneable. El espesor mínimo de esta capa de pintura será de 60 micras. El coeficiente de adherencia de las pinturas al cuerpo de las luminarias será superior al 85%
<b>4.- MOTOR FOTOMÉTRICO</b>	
Cantidad de Led's	96
Tipo de Led	HIGH POWER 1,2W
Mínima vida útil del Motor Fotométrico, en condiciones nominales de operación	A L80%35°C Mínimo 60000 horas
Flujo luminoso mínimo	Mínimo 9200 Lúmenes (200Lm/Led)
Temperatura de Color	4250°K
Corrientes de operación	Menores 500 mA
Sistema de Gestión Térmica	Deberán estar térmicamente aislados las PCB's del motor fotométrico y los auxiliares electrónicos. Cada PCB contara con un sensor de temperatura.

<b>5.- LENTE</b>	
Material del que será fabricado el lente	Policarbonato de alta pureza con protección UV resistente a la acción de rayos ultravioleta, a cambios bruscos de temperatura, a altas temperaturas durante
<b>ESPECIFICACIÓN SOLICITADO</b>	
	períodos prolongados (evitando rompimiento) y al impacto (IK mínimo 08: energía de impacto de 5 Julios).
Eficiencia en cd/lm	11 cd/lm
Ángulo de apertura	12°
Tipo de distribución	Asimétrica
<b>6.- REFRACTOR</b>	
Material del que será fabricado el refractor	Será de Policarbonato con protección UV resistente a la acción de rayos ultravioleta, a cambios bruscos de temperatura, a altas temperaturas durante períodos prolongados (evitando rompimiento) y al impacto (IK mínimo 08: energía de impacto de 5 Julios )
<b>7.- DRIVER</b>	
Tipo	Electrónico
Características de la conexión	Se realizará mediante borneras de conexión
Temperatura máxima permitida en el driver	80°C
Potencia máxima	2x100 W
Voltaje de entrada	100 - 240V AC, 50-60 Hz
Voltaje de salida	24V DC
Corriente de salida	350mA constantes
Temperatura ambiente	-20°C ... +60°C
Regulación de corriente incluyendo variaciones de temperatura	-8% +5%
Protecciones incluidas	Contra sobre calentamiento y cortocircuito Contra picos en el voltaje de entrada Contra sobrecarga

Normas de diseño y construcción	EN 55015, EN 61000-3-2, EN 61347-1, EN 61347-2-13, EN 61547, VDE 0710T14			
DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO USD	UNI	CANT	PRECIO TOTAL USD
LUMINARIA LED ALUMBRADO PUBLICO LED DRIVER ELECTRONICO 48 Led's	2150,00	u	100	\$ 215.000,00
LUMINARIA DE ALUMBRADO PUBLICO LED DRIVER ELECTRONICO 64 Led's	2500,00	u	60	\$ 150.000,00
LUMINARIA DE ALUMBRADO PUBLICO LED DRIVER ELECTRONICO 96 Led's	3650,00	u	30	\$ 109.500,00
TABLERO DE PROTECCIOINES	530	u	10	\$ 5.300,00
BRAZO URBANO 1.0m	170	u	190	\$ 32.300,00
CONDUCTOR COBRE CONCÉNTRICO 2X12AWG	3,8	m	3000	\$ 11.400,00
Instalación y Anclajes	250	u	190	\$ 47.500,00
			TOTAL:	<b>\$ 571.000,00</b>
			5%	MO <b>\$ 28.550,00</b>
				<b>\$ 599.550,00</b>

### **5.5.10 Análisis costo beneficio**

Cuadro N°37: Estudio económico de ahorro de energía con luminarias Led´s de 66W

Cuadro N°38: Estudio económico de ahorro de energía con luminarias Led´s de 96W

Cuadro N°39: Resultados de la inversión del cambio de luminarias Led´s en el Centro Histórico Latacunga

## **5.6 Implementación Tecnológica**

Para encarar un proyecto de estas características hay que prestar especial atención a cada uno de los componentes del sistema, procurando de ser posible que los mismos sean de la máxima eficiencia para que en conjunto representen un ahorro sustancial: Lámparas de Alta Eficiencia, Luminarias de Alto Rendimiento y Equipos Auxiliares de Alta Eficiencia.

Respecto a los dos primeros puntos, se han producido avances en los últimos años, siendo las lámparas de Sodio Alta Presión Alto Rendimiento las adecuadas en el momento de la elección de un sistema orientado al ahorro energético. Estas alcanzan 130 Lumen / Watt con un promedio de vida útil entre 24.000 y 32.000 horas.

Un alto rendimiento de las luminarias, como la elección de las ópticas adecuadas para cada aplicación, permitirá elegir la menor potencia de lámpara posible obteniendo el nivel de luminancia que se requiera en cada caso.

### **5.6.1 Inversión Adicional del Equipamiento Para Equipos Doble Nivel de Potencia**

El ahorro de energía se puede obtener al colocar en la luminaria un equipo auxiliar de doble nivel de potencia. Este equipo, tiene un costo levemente superior al normal y por lo tanto, la inversión inicial mayor debe ser amortizada en un corto plazo mediante el ahorro de energía que produce el uso del equipamiento. La inversión adicional entre un equipo estándar y un equipo de doble nivel de potencia es del orden de los \$ 45 y según se verá en el cálculo de ahorro, dicha diferencia se puede amortizar, según la potencia elegida, en 1 o 2 años como máximo.

### **5.6.2 Mantenimiento**

Es una actividad central para alcanzar altos niveles de prestaciones. Mantener todas las luminarias encendidas asegura uniformidad en el alumbrado y con ella el confort de los usuarios. La limpieza de las luminarias permite mantener el nivel de iluminación definido

en el diseño del proyecto. El mantenimiento preventivo, con el recambio de lámparas cuando el rendimiento de las mismas cae es necesario para asegurar buen nivel de iluminación aún con lámparas de baja potencia.

Muchas instalaciones de baja potencia fracasan porque:

- Las luminarias no son de alto rendimiento
- La hermeticidad de las luminarias no es buena o no se realiza la limpieza de las mismas
- Los balastos son de mala calidad y no entregan a la lámpara la potencia que corresponde
- Las lámparas pierden rendimiento con el uso y no se realiza el mantenimiento preventivo que repondría el nivel inicial.

### **5.6.3 Aumento de la Vida de la Lámpara**

La vida útil estimada por los fabricantes de lámparas se ve disminuida por las sobretensiones de red. Pruebas de laboratorio realizadas por Eclatec en Francia, sobre un lote de lámparas de vapor de sodio alta presión, determinaron que con un incremento de tan solo un 5% en la tensión las lámparas reducen su vida al 50%.

Osram y Philips en Europa, garantizan sus lámparas con un diferencial de tensión de +/- 3% y +/- 5% en Argentina (\*11). En esta situación, con el equipo funcionando en nivel reducido, no solo no se acorta la vida de la lámpara, sino que se incrementa hasta un 10% sin pérdida de estabilidad en el funcionamiento.

### **5.6.4 Aumento de la Vida del Equipo Auxiliar y la Luminaria**

El funcionamiento del equipo en nivel reducido de potencia, genera un menor calentamiento. Esto reduce a su vez el calentamiento global de la luminaria, alargando consecuentemente la duración del conjunto (\*12).

### **5.6.7 Ahorro en mantenimiento y reposición de lámparas**

Considerando el aumento en la tensión de línea durante la noche podemos estimar un período de reposición de lámparas de 3 años con equipos convencionales. En una instalación con equipos doble nivel de potencia, donde se realiza una reducción de la potencia de lámpara a partir de las 0 hs. Podemos estimar un período de reposición de 5 años.

- Gasto Inicial: La opción de equipos doble nivel de potencia es un 35 a 40% más cara en la primera adquisición.
- Gastos Instalación: La opción de equipos doble nivel de potencia es algo mayor (aprox. 10%) considerando el costo de instalación de la línea de mando. Si se instalara un sistema de conmutación temporizado, los costos serían los mismos.

### **5.7 Conclusiones del capítulo**

- El análisis muestra que las lámparas Leds claras asociadas con ópticas de alto rendimiento proporcionan eficientes, eficaces y efectivas casi cuatro veces mayores que las luminarias que usan lámparas de sodio alta presión opacas. Se compararon el comportamiento fotométrico inicial de las luminarias de alumbrado público Leds usando tipos diferentes de fuentes y combinando la eficiencia lumínica de la lámpara con la eficiencia útil de las ópticas de la luminaria.
- En el presente trabajo hemos visto la necesidad de realizar acciones para realizar ahorro energético por dos razones: El déficit de generación que es imposible corregir en el corto plazo sumado a una demanda creciente y la necesidad de disminuir los problemas ecológicos acompañados de eficiencia alta de las luminarias Leds.

## 5.8 CONCLUSIONES GENERALES

- En este trabajo se ha demostrado la posibilidad de bajar el nivel de iluminancia en horas nocturnas sin alterar la seguridad y se ha propuesto el equipo que técnicamente satisface los requisitos de ahorro energético y una eficaz iluminación. El alumbrado público se calcula para el máximo nivel de densidad vehicular y peatonal, reduciendo de esta manera los costos de mantenimiento.
- La propuesta consiste en reducir el flujo del alumbrado público cuando disminuye la densidad vehicular y peatonal, sin apagar lámparas y preservando las condiciones del servicio para la comunidad. Esto se consigue utilizando sistemas de iluminación con tecnología Leds.
- En el presente trabajo hemos demostrado la posibilidad de realizar ahorro energético en el alumbrado sin perjudicar las condiciones de seguridad. El sistema de iluminación Leds que permitirá dicho ahorro, realizará la disminución de potencia en lámpara en horarios nocturnos. En estas condiciones, se producirá una disminución de los costos del sistema de mantenimiento y sus costos de operación anual.
- Se realizó la propuesta de un sistema alternativo eficiente de iluminación pública con tecnología LED en donde se llega a tener luminancias de hasta 2 cd/m<sup>2</sup>, una uniformidad mayor al 70% y un incremento de umbral menor al 7%, que es lo que sugiere la norma CIE-115-2010 para vías M2 consideradas en este estudio.

## 5.9 RECOMENDACIONES GENERALES

- En vista que alumbrado público tiene tanta importancia se recomienda realizar programas de ahorro energético y eficiencia lumínica lo que permitirá disminuir el contaminante CO2 produciendo de esta manera un beneficio económico y ecológico que beneficiará a todo el planeta en un futuro cercano.
- Profundizar más en el estudio de fuentes alternativas de iluminación vial como son luminarias Leds y fomentar el uso racional de la energía a los habitantes del centro histórico Latacunga.
- Con este sistema de iluminación vial se considera alta eficiencia considerando el consumo eléctrico y el mantenimiento relativamente sencillo y un confort visual muy bueno por el índice de deslumbramiento bajo.
- Finalmente se necesita una investigación posterior para el futuro para poder extender el presente análisis a los alrededores del centro histórico Latacunga utilizando los campos de aplicación de alumbrado exterior a través del presente estudio.

## BIBLIOGRAFIA

- DIRECTORIO DEL CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD. (2011). *REGULACIÓN N° CONELEC 008/2011*. ECUADOR. CONELEC.
- COMISION INTERNACIONAL DE ILUMINACIÓN. (2013). *NORMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO CIE -140*. ALEMANIA. CIE.
- COMISION INTERNACIONAL DE ILUMINACIÓN. (2013). *NORMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO CIE -115*. ALEMANIA. CIE.
- INSTITUTO ECUATORINO DE NORMALIZACION. (2013). *NORMAS DE ALUMBRADO PUBLICO*. ECUADOR. INEN
- OSRAM, SYLVANIA. (2012). *MAGNETIC HIGH INTENSITY DISCHARGE (HID) BALLASTS*. © 2012. ALEMANIA. OSRAM, SYLVANIA
- PHILIPS. (2013). *ALUMBRADO URBANO Y LEDS*. COLOMBIA. PHILIPS
- SCHRÉDER GROUP. (2012). *ALUMBRADO PÚBLICO*. ECUADOR. SCHREDER GROUP
- OSRAM. (2010). *MANUAL DE LUMINOTECNIA*. BRAZIL. OSRAM
- GENERAL ELECTRIC. (2010). *LAMP. CATALOG*. CHINA. GENERAL ELECTRIC

