



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867

CENTROSUR
somos tu energía

UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Facultad de Ingeniería
Escuela de Eléctrica**



**“EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CENTRO
HISTÓRICO DE CUENCA: TELEGESTIÓN Y SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICICO**

Autores

**Luis Leonardo Chabla Auqui
Danny Fernando Córdova Erráez**

Director

Ing. Fabián Gustavo Cabrera Albornoz

Cuenca- Ecuador

2015



RESUMEN

Con el incremento de la población, la demanda de energía es cada vez mayor, por lo que es necesario buscar nuevas alternativas de ahorro energético, incursionando en nuevas tecnologías que permitan minimizar el consumo de energía sin que ésta afecte en la calidad del servicio.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el impacto energético en el alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Cuenca, en el cual se plantea la sustitución de un nuevo sistema de alumbrado con luminarias de tecnología led y la implementación de redes de telegestión.

En los capítulos 1 y 2 se muestran los principios, conceptos, fenómenos y normas que rige la luminotecnica. También se da a conocer los diferentes tipos de luminarias para alumbrado público, equipos auxiliares y lámparas. Además se analiza la tecnología led, funcionamiento, clasificación y los avances tecnológicos de los dispositivos de iluminación led en el alumbrado.

En el capítulo 3 se expone los factores que determinan una instalación de alumbrado público. También se realiza el estudio del sistema actual, determinado así las condiciones de iluminación que presentan las vías del centro histórico de Cuenca. Asimismo se implementa la nueva red de iluminación con tecnología led, estableciendo parámetros comparativos entre los dos sistemas.

En el capítulo 4 se describen y se realiza un análisis de sistemas de control mediante telegestión aplicable al alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Cuenca.

Finalmente el capítulo 5 presenta los criterios, conclusiones, recomendaciones y resultados obtenidos de los capítulos antes mencionados.

Palabras clave: Sistema de iluminación, Alumbrado público, Led, Sodio, Luminarias, Centro Histórico, Energía, Economía, Sistemas de control, Telegestión.



ABSTRACT

The continued increase in both population and energy demand necessitates the importance of seeking alternative energy sources that minimize the consumption of energy with no reduction in the quality of service.

The present work has as its objective to determine the energy impact of public lighting in Cuenca's historic district through the substitution of the current public lighting system with new led technology and the implementation of an integrated remote system.

In chapters 1 and 2 the principles, concepts, phenomena and standards that govern lighting are explained. Also different types of public lighting, auxiliary equipment and street lights are examined. Additionally the basis of led technology, its classification and advancements in devices for public lighting that use led technology will be analyzed.

Chapter 3 explores pertinent factors regarding a public lighting facility. An examination of the present lighting system is then carried out with special attention given to street lighting in Cuenca's historic district. An opposing system of networked street lighting based upon led technology is then presented to establish comparative parameters between the two systems.

In chapter 4 a description and analysis of control systems through the use of integrated remote systems applicable to public lighting in Cuenca's historic district is given.

Finally, chapter 5 presents criteria, conclusions, recommendations and obtained results from the aforementioned chapters.

Key words: Light system, Public lighting, Led, Sodium, Lights, Historic District, Energy, Economy, Control system, Integrated remote system.



**EL PRESENTE TRABAJO DE TESIS HA SIDO DESARROLLADO
BAJO LOS TERMINOS DEL CONVENIO ENTRE LA UNIVERSIDAD
DE CUENCA LA EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTROSUR**



ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE DE FIGURAS	10
ÍNDICE DE TABLAS	12
DEDICATORIA	18
AGRADECIMIENTO	19
CAPITULO 1	20
1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y COMPONENTES DEL ALUMBRADO PÚBLICO.	20
1.1 ANTECEDENTES.....	20
1.2 JUSTIFICACION.....	21
1.3 OBJETIVOS	21
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	21
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	22
1.4 ALCANCE	22
1.5 METODOLOGIA	23
1.6 PROBLEMAS NO RESUELTOS	23
1.7 HIPOTESIS.....	23
1.8 VARIABLES	24
1.9 METODOS UTILIZADOS.....	24
1.10 CONCEPTOS GENERALES SOBRE LUMINOTECNIA	24
1.10.1 LUMINOTECNIA	24
1.10.2 LA LUZ.....	24
1.10.3 REFLEXIÓN	25
1.10.4 REFRACCIÓN.....	26
1.10.5 TRANSMICION	27
1.10.6 COLOR DE LUZ Y TEMPERATURA DEL COLOR [3]	27
1.10.7 MAGNITUDES Y UNIDADES FUNDAMENTALES LUMINOSAS	29
1.10.7.1 FLUJO LUMINOSO.....	29
1.10.7.2 RENDIMIENTO LUMINOSO	31
1.10.7.3 ENERGIA LUMINOSA.....	32
1.10.7.4 INTENSIDAD LUMINOSA.....	33
1.10.7.5 ILUMINANCIA.....	34



1.10.7.6 LUMINANCIA.....	35
1.11 TIPOS DE LUMINARIAS PARA ALUMBRADO PÚBLICO.....	36
1.11.1 ALUMBRADO PUBLICO.....	36
1.11.2. LUMINARIAS.....	37
1.11.3 EQUIPO AUXILIAR.....	38
1.11.3.1. LÁMPARA.....	38
1.11.3.2. BALASTO.....	38
1.11.3.3 FOTOCELDA.....	38
1.11.3.4 CEBADORES.....	38
1.11.3.5 FUSIBLE.....	38
1.11.4 LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO A ALTA PRESION.....	39
1.11.5 LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION.....	41
1.11.5.1 EQUIPOS DE DOBLE NIVEL DE POTENCIA PARA LAMPARAS DE SODIO DE ALTA PRESION.....	43
CAPITULO 2.....	45
2 ANALISIS DE LA TECNOLOGIA LED.....	45
2.1 LED (<i>light-emitting diode</i>).....	45
2.1.1 PRINCIPIO DE FUNCINAMIENTO DEL DIODO.....	46
2.1.2 ELECTROLUMINISCENCIA.....	47
2.2 COLORES DE LOS LED'S.....	48
2.2.1 MODELO RGB.....	49
2.2.2 LED BLANCO POR CONVERSION DE FOSFORO.....	50
2.3 TECNOLOGIA LED EN LOS DIFERENTES TIPOS DE ALUMBRADO.....	51
2.3.1 CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS LED.....	51
2.3.2 CLASIFICACION GENERAL.....	52
2.3.3 CLASIFICACION POR ESTRUCTURA INTERNA.....	53
2.3.4 CLASIFICACION POR PARTE O COMPUESTO.....	54
2.3.4.1 LED CON OPTICA PRIMARIA.....	54
2.3.4.2 LED CON PLACAS PCB.....	55
2.3.4.3 MODULOS LED.....	55
CAPITULO 3.....	56
3. ANALISIS DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO ACTUAL Y CON TECNOLOGIA LED EN EL CENTRO HISTORICO DE CUENCA.....	56
3.1 ALUMBRADO PUBLICO EN LA CIUDAD DE CUENCA.....	56
3.2 ALUMBRADO PUBLICO EN EL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CUENCA.....	57
3.3 FACTORES DETERMINANTES DE UNA INSTALACION DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	58



3.3.1 FACTOR DE UNIFORMIDAD	58
3.3.1.1 UNIFORMIDAD GENERAL DE LUMINANCIA DE LA CALZADA (U_0) ...	58
3.3.1.2 UNIFORMIDAD LONGITUDINAL SOBRE LA CALZADA (UL)	59
3.3.2 RELACIÓN DE ALREDEDORES	59
3.3.3 DESLUMBRAMIENTO (TI)	59
3.3.4 NIVELES DE ILUMINACIÓN ESTABLECIDAS EN la REGULACIÓN No. CONELEC 008/11.	60
3.3.5 ALTURA DEL PUNTO DE LUZ	62
3.3.6 RELACIÓN ENTRE SEPARACIÓN Y ALTURA DE LOS PUNTOS DE LUZ	63
3.3.7 CONFIGURACIONES DE LOS PUNTOS DE LUZ	63
3.3.8 FACTOR DE UTILIZACION	66
3.3.9 FACTOR DE MANTENIMIENTO	66
3.4 ANALISIS DEL SISTEMA ACTUAL	68
3.4.1 CÁLCULO DE LA MUESTRA	68
3.4.1.1 CLASE DE MUESTREO.	69
3.4.1.2 TAMAÑO DEL UNIVERSO (N)	69
3.4.1.3 CONSTANTE DE NIVEL DE CONFIANZA (Z)	70
3.4.1.4 ERROR MUESTRAL (E)	70
3.4.1.5 VARIABILIDAD POSITIVA (P)	71
3.4.1.6 VARIABILIDAD NEGATIVA (Q)	72
3.4.1.7 TAMAÑO DE LA MUESTRA	73
3.4.2 CALCULO DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO	73
3.4.3 SIMULACION DEL SISTEMA ACTUAL	73
3.4.4 CONSUMO ENERGETICO DEL SISTEMA ACTUAL	79
3.4.5 ANALISIS DE MUESTRAS DE CAMPO	80
3.5 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE ILUMINACION LED	81
3.5.1 SIMULACION DEL NUEVO SISTEMA	81
3.5.2 CONSUMO ENERGETICO DEL NUEVO SISTEMA	84
3.5.3 ANALISIS DE COSTO-EFICIENCIA	84
3.5.3.1 VALOR ACTUAL DE COSTO	84
3.5.3.2 COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)	87
3.5.3.3 RESULTADO DE COSTOS	88
3.6 COMPARACION DE LOS DOS SISTEMAS	89
3.6.1 TIPO DE LUMINARIA	89
3.6.2 CONSUMO ENERGETICO DE EQUIPOS AUXILIARES	91
3.6.3 FLUJO LUMINOSO	92
3.6.4 FACTOR DE POTENCIA	92
3.6.5 VIDA UTIL DE LAS LAMPARAS	92
3.6.6 TIEMPOS DE ENCENDIDO	93
3.6.7 TEMPERATURA DEL COLOR E INDICE DE RENDIMIENTO DEL COLOR (CRI)	93



3.6.8 EFICACIA LUMINOSA.....	94
CAPITULO 4	95
4. ANALISIS DE SISTEMAS DE TELEGESTION DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	95
4.1 FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DE CONTROL.....	95
4.1.1 DEFINICIONES DE ELEMENTOS QUE FORMAN O INTERVIENEN EN UN SISTEMA DE CONTROL.....	95
4.1.2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL.....	97
4.1.2.1 SEGÚN LA CARACTERÍSTICA TEMPORAL DE LA LEY DE CONTROL [20].....	97
4.1.2.2 SEGÚN EL NÚMERO DE ENTRADAS Y SALIDAS [20].....	98
4.1.2.3 SEGÚN SU LINEALIDAD [20].....	98
4.1.2.4 SEGÚN LA CONTINUIDAD DEL SISTEMA [20].....	98
4.1.2.5 SEGÚN LOS PARAMETROS DEL SISTEMA [20].....	99
4.2 SISTEMAS DE TELEGESTION DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	99
4.2.1 CONCEPTOS BASICOS DE TELEGESTION.....	99
4.2.2 MODULOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA DE TELEGESTION DE ALUMBRADO PUBLICO.....	100
4.2.3 MEDIOS DE COMUNICACIÓN EN UN SISTEMA DE TELEGESTION.....	102
4.2.3.1 TRANSMICION ALAMBRICA.....	102
4.2.3.1.1 COMUNICACIONES MEDIANTE CABLE ELECTRICO PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS).....	102
4.2.3.2 TRANSMICION INALAMBRICA.....	105
4.2.3.2.1 WPAN.....	106
4.2.3.2.1.1 TECNOLOGIA ZIGBEE.....	106
4.2.3.2.1.2 TECNOLOGIA BLUETOOTH.....	107
4.2.3.2.1.3 TECNOLOGIA WI-FI.....	108
4.2.3.2.2 WNAM.....	108
4.2.3.2.3. WWAM.....	109
4.2.3.2.4 SISTEMAS DE TERCERA GENERACION (3G) [4.3].....	110
4.2.3.2.5 SISTEMAS DE CUARTA GENERACION (4G).....	110
4.2.4 DESCRIPCION DE TECNOLOGÍAS DE TELEGESTIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO. [22].....	111
4.2.4.1 MINOS DE UMPI ELECTRÓNICA DE ITALIA (SCI SISTEMAS CONTROLADORES INTELIGENTES S.A.). [22][25].....	111
2.2.4.1.1 CARACTERÍSTICAS Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA MINOS. [22][25].....	113
2.2.4.2 STREETLIGHT.VISION DE ELO SISTEMAS ELECTRÓNICOS S.A. [22].....	116



2.2.4.2.1 MONITOREO STREETLIGHT, MENOS ENERGÍA, MAS CONTROL [22].....	117
2.2.4.2.2 ARQUITECTURA TÉCNICA DE STREETLIGHT.VISIÓN [22].....	118
2.2.4.3 ISDE [4.3].....	125
2.2.4.4 OWLET DEL GRUPO SCHREDER [22][25].....	133
2.2.4.5 AFEISA SISTEMAS Y AUTOMATIZACIÓN SA DE ESPAÑA [4.6].	136
4.3 VIDA UTIL	139
4.4 BENEFICIOS AL IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE TELEGESTION	139
4.5 SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE TELEGESTION PARA EL CENTRO HISTORICO DE CUENCA.....	140
CAPITULO 5	144
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	144
5.1 CONCLUSIONES	144
5.2 RECOMENDACIONES.....	147
BIBLIOGRAFIA.....	149
ANEXOS.....	151
ANEXO 1: Resultados de la simulación de las calles principales.	151
ANEXO 2: Resultados de la simulación de las calles transversales.	152
ANEXO 3: Determinación de tipo de vía.....	153
ANEXO 4: Costo referencial de instalación de luminarias sodio para la E.E.R.C.S. ...	154
ANEXO 5: Costo referencial de instalación de luminarias LED para la E.E.R.C.S.	155
ANEXO 6: Costo de energía ara el alumbrado público general.....	156
ANEXO 7: Flujo de costos en lámparas de sodio.	157
ANEXO 8: Flujo de costos en lámparas de led.	158



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Espectro Electromagnético.....	25
FIGURA 1.2: Reflexión de la luz.....	26
FIGURA 1.3: Refracción de la luz.....	26
FIGURA 1.4: Transmisión de la luz.	27
FIGURA 1.5: Transformación de energía eléctrica para la producción de luz en una lámpara incandescente.	30
FIGURA 1.6: Representación del flujo luminoso.....	30
FIGURA 1.7: Representación del rendimiento luminoso.	32
FIGURA 1.8: Angulo sólido, representación del rendimiento luminoso.....	33
FIGURA 1.9: Representación de la unidad de iluminancia.....	35
FIGURA 1.10: Representación de la iluminancia y la luminancia.	36
FIGURA 1.11: Luminaria con tecnología LED.....	37
FIGURA 1.12: Partes de la lámpara de vapor de mercurio	39
FIGURA 1.13: Cableado de conexión lámpara de vapor de mercurio.	40
FIGURA 1.14: Lámpara de sodio de alta presión	42
FIGURA 1.15: Lámpara de sodio	44
FIGURA 2.1: Partes de un LED.....	45
FIGURA 2.2: Materiales tipo N y tipo P.....	46
FIGURA 2.3: Unión P-N.....	47
FIGURA 2.4: Modelo RGB.....	49
FIGURA 2.5: Led RGB.....	49
FIGURA 2.6: Led blanco por conversión de fósforo	50
FIGURA 2.7: Temperatura del color.	51
FIGURA 2.8: LED con fibra óptica primaria.	54
FIGURA 2.9: LED con placas PCB.....	55
FIGURA 2.10: Módulos LED.....	55
FIGURA 3.1: Luminarias de la Ciudad de Cuenca.	57
FIGURA 3.2: Tipos de deslumbramiento.....	60
FIGURA 3.3: Niveles de iluminación para vías de tráfico vehicular	60
FIGURA 3.4: Niveles de iluminación para vías Peatonales	61
FIGURA 3.5: Niveles de iluminación en zonas de conflicto	61
FIGURA 3.6: Disposición Unilateral.....	63
FIGURA 3.7: Disposición Central Doble.....	64
FIGURA 3.8: Disposición Bilateral Alternada	65
FIGURA 3.9: Disposición Bilateral Opuesta con Parterre.....	65
FIGURA 3.10: Disposición Bilateral Opuesta sin Parterre	66
FIGURA 3.11: Factor de mantenimiento.	67
FIGURA 3.12: Esquema de calles principales.	74
FIGURA 3.13: Malla de Iluminancia en calles principales (Lux)	74



FIGURA 3.14: Iluminancia en calles principales (Lux).....	75
FIGURA 3.15: Esquema de calles transversales (Lux).....	75
FIGURA 3.16: Malla de Iluminancia en calles transversales (Lux).....	76
FIGURA 3.17: Iluminancia en calles transversales (Lux).	76
FIGURA 3.18: Malla de Iluminancia mínima en calles principales (Lux).....	77
FIGURA 3.19: Iluminancia mínima en calles principales (Lux).....	77
FIGURA 3.20: Malla de Iluminancia mínima en calles Transversales (Lux).	78
FIGURA 3.21: Iluminancia mínima en calles transversales (Lux)	78
FIGURA 3.22: Esquema de Luminaria.	82
FIGURA 3.23: Malla de Iluminancia con luminarias led (Lux)	83
FIGURA 3.24: Iluminancia con luminarias led (Lux)	83
FIGURA 3.25: Distribución fotométrica ONXY	89
FIGURA 3.26: Distribución fotométrica INTI	90
FIGURA 3.27: Distribución fotométrica Luminaria LED	90
FIGURA 4.1: Sistema de lazo abierto	97
FIGURA 4.2: Sistema de lazo cerrado	97
FIGURA 4.3: Esquema de telegestión del servicio de Alumbrado Público, usando comunicación con PLC (Power Line Communications) y comunicación en Internet a través de la WEB.....	104
FIGURA 4.4: Clasificación de las diferentes categorías de protocolos de comunicación inalámbrica y sus rangos de velocidad de transmisión de datos	105
FIGURA 4.5: Arquitectura del Sistema Minos	113
FIGURA 4.6: Arquitectura Streetlight.Vision	118
FIGURA 4.7: Arquitectura del Software Streetlight.Vision.	122
FIGURA 4.8: Equipo de control ASL-4X0.....	128
FIGURA 4.9: Equipo de control ICAAL-0.10	131
FIGURA 4.10: Arquitectura del sistema Owlet	133
FIGURA 4.11: Arquitectura del sistema Teleastro.	137



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1: Valores de temperatura de color	28
TABLA 1.2: Valores de temperatura típicas	29
TABLA 1.3: Eficiencia mínima para bombillas de mercurio de alta presión	41
TABLA 1.4: Eficiencia mínima para bombillas de mercurio de alta presión	43
TABLA 2.1: Frecuencia, Color y Material d un LED	48
TABLA 2.2: Clasificación de lámparas LED.	52
TABLA 2.3: Clasificación general de los LEDs.....	53
TABLA 3.1: Constante de confianza Z.....	70
TABLA 3.2: Tamaño de la Muestra.....	73
TABLA 3.3: Promedio Calles Principales.....	74
TABLA 3.4: Promedio Calles Transversales	75
TABLA 3.5: Mínimo Calles Principales	77
TABLA 3.6: Mínimo Calles Transversales	78
TABLA 3.7: Potencia total consumida de una luminaria de vapor de sodio alta presión ..	79
TABLA 3.8: Demanda energética del sistema actual	80
TABLA 3.9: Consumo energético con Luminarias led.....	80
TABLA 3.10: Comparación de resultados de simulación y pruebas de campo.....	81
TABLA 3.11: Calles principales con Luminarias led.....	82
TABLA 3.12: Consumo energético con Luminarias led.....	84
TABLA 3.13: Costo de consumo energético.....	86
TABLA 3.14: Costo de mantenimiento.....	87
TABLA 3.15: VAC y CAE	88
TABLA 3.16: Consumo Energético de Equipos Auxiliares Luminarias de Sodio	91
TABLA 3.17: Consumo Energético de Equipos Auxiliares LED.....	91
TABLA 3.18: Flujos Luminosos.....	92
TABLA 3.19: Factor de potencia	92
TABLA 3.20: Vida Útil.....	92
TABLA 3.21: Tiempo de encendido	93
TABLA 3.22: Temperatura del color.....	93
TABLA 3.23: Índice de rendimiento color	94
TABLA 3.24: Eficacia.....	94



**CERTIFICO QUE EL PRESENTE TRABAJO HA
SIDO DESARROLLADO POR LOS SEÑORES:**

Luis Leonardo Chabla Auqui
Danny Fernando Córdova Erráz

Ing. Fabián Gustavo Cabrera Albornoz
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Giovani Santiago Pulla Galindo
TUTOR DE TESIS

Ing. Galo Javier Cabrera Cobos
TUTOR DE TESIS



Universidad de Cuenca

Cláusula de Derechos de Autor

Luis Leonardo Chabla Auqui, autor de la tesis “**EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE CUENCA: TELEGESTIÓN Y SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS**”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de **INGENIERO ELÉCTRICO**. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 1 de Abril de 2015

Luis Leonardo Chabla Auqui

C.I: 0301526141



Universidad de Cuenca

Cláusula de Propiedad Intelectual

Luis Leonardo Chabla Auqui, autor de la tesis **“EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE CUENCA: TELEGESTIÓN Y SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 1 de abril de 2015

Luis Leonardo Chabla Auqui

C.I: 0301526141



Universidad de Cuenca

Cláusula de Derechos de Autor

Danny Fernando Córdova Erráez, autor de la tesis **“EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE CUENCA: TELEGESTIÓN Y SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS”**, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de **INGENIERO ELÉCTRICO**. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 1 de Abril de 2015

Danny Fernando Córdova Erráez

C.I: 0105373617



Universidad de Cuenca

Cláusula de Propiedad Intelectual

Danny Fernando Córdova Erráez, autor de la tesis **“EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL ALUMBRADO PÚBLICO DEL CENTRO HISTÓRICO DE CUENCA: TELEGESTIÓN Y SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS”**, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 1 de Abril de 2015

Danny Fernando Córdova Erráez

C.I: 0105373617



DEDICATORIA

A mi mami, Margarita por todo el sacrificio, cariño y apoyo incondicional en todo momento, por ser una parte fundamental en el logro de este objetivo. A mi papá, Guillermo por todo el esfuerzo y sacrificio que ha realizado para que se pueda cumplir esta meta.

A mi hermano José por apoyarme siempre todos estos años. A mis sobrinas porque con sus ocurrencias siempre me alegran el día. A toda mi familia por apoyarme siempre incondicionalmente.

A mis panas que me apoyaron para la culminación de este trabajo.

Leonardo Chabla

A mis padres Rufo y Olga que dedicaron su vida para enseñarme valores de amor, respeto y responsabilidad. A ellos, que son el pilar de mis logros.

A mis hermanos Wilmer y Jhonny, mis compañeros de toda la vida, con quienes comparto tristezas y alegrías; se los dedico con mucho cariño.

A toda mi familia y amigos, quienes contribuyeron de alguna u otra forma para alcanzar esta meta.

A Dios que es mi cimiento y fortaleza.

Danny Córdova



AGRADECIMIENTO

A Dios por estar en cada paso que damos, que nos ha brindado salud, vida y las fuerzas necesarias para culminar este trabajo.

A nuestros padres, que por su lucha y tenacidad; velaron por nuestro bienestar. A ellos les debemos todo.

Al Ing. Fabián Cabrera, Director de la tesis quien contribuyo con su conocimiento para el desarrollo del tema.

A los tutores: Ing. Santiago Pulla e Ing. Galo Cabrera; quienes con voluntad y entrega, aportaron sus ideas en el trascurso del proyecto.

A la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A, a los Departamentos de Alumbrado Público y SIGADE, por habernos facilitando la información necesaria para el desarrollo de la tesis.

A la Universidad de Cuenca y Maestros que forman profesionales para servir y ayudar a la Sociedad.

Los Autores



CAPITULO 1

1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES Y COMPONENTES DEL ALUMBRADO PÚBLICO.

1.1 ANTECEDENTES.

El alumbrado público es la iluminación de vías, parques y demás espacios de libre circulación pública en donde tienen acceso todas las personas, es por esto que cada vez ha ido tomando más relevancia hasta que ha llegado a convertirse en un elemento importante para el desarrollo de la sociedad, además aportando al confort y la seguridad de la población.

El servicio que da el alumbrado público es de gran interés y se ha vuelto imposible de prescindirlo en la actualidad, por lo que a este servicio se lo trata permanentemente de optimizar con tecnologías que den una mayor eficiencia y al mismo tiempo reduzcan las pérdidas de energía, contribuyendo también a la disminución de la contaminación ambiental y lumínica.

Particularmente en la ciudad de Cuenca el servicio de Alumbrado vial en el Centro Histórico lo presta la CENTROSUR, siendo este un sistema que se construyó en el año 1992 y en el año 2005 se realizó una sustitución de luminarias de sodio de alta presión de 150 w a 250w. Actualmente con la aparición de tecnologías que han mejorado sus prestaciones como el caso de la tecnología LED's en luminarias, se ve la necesidad de realizar un estudio para ver la conveniencia de esta tecnología al proponer la sustitución de luminarias de sodio de alta presión por luminarias de LED's, Así también paralelamente se puede analizar la conveniencia de la utilización de un sistema de telegestión.



El presente trabajo pretende analizar el beneficio de la sustitución de luminarias de sodio de alta presión por luminarias LEDs y la utilización de un sistema de telegestión en el Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca.

1.2 JUSTIFICACION

Con el crecimiento de la ciudad de Cuenca y el incremento de la población, el consumo de energía es cada vez mayor por lo que en el sistema de alumbrado público, se debe reducir el consumo al mínimo necesario, Garantizando la calidad de servicio. Por ello, es necesario aplicar criterios técnicos tales como sistemas de telegestión para el control de iluminación en las diferentes horas de funcionamiento, según lo amerite.

Así mismo, la importancia en la calidad de servicio y eficiencia del alumbrado público apunta al uso de nuevas tecnologías que permitan maximizar beneficios y minimizar costos.

Con la presencia de nuevas tecnologías como de las luminarias de tecnología LED, con mejoras en las prestaciones en el alumbrado público se hace importante realizar un estudio donde se analice las diferencias, costos, beneficios y relación con el ambiente entre los dos sistemas, para así advertir sobre la conveniencia de la sustitución de luminarias que componen el sistema actual frente a las de tecnología LED.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar, plantear un proyecto telegestión y sustitución de luminarias de sodio por tecnología LED para un uso eficiente de la energía en el alumbrado público del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca.



1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar el sistema actual de alumbrado público en el centro Histórico de Cuenca
- Obtener información sobre sistemas de telegestión, luminarias de tecnología LED y luminarias de sodio de alta presión para el alumbrado público.
- Identificar las características, cualidades, ventajas y desventajas de las luminarias de tecnología LED para el alumbrado público
- Analizar la información obtenida para proponer mejoras al sistema de alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Cuenca.
- Optimizar los recursos mediante el sistema de control de telegestión en los equipos del alumbrado público.
- Análisis comparativo de las pérdidas de energía entre los dos sistemas.
- Análisis del rendimiento de las lámparas actuales en comparación con las lámparas nuevas.

1.4 ALCANCE

- Conocer el estado actual mediante un estudio de sistemas de alumbrado público del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca.
- Estudiar la tecnología LED que se propone implementar en las luminarias de alumbrado público del Centro Histórico.
- Realiza un estudio de las diferentes alternativas de la tecnología de telegestión de alumbrado público.



- Realizar un estudio del sistema con luminarias LED's para el alumbrado público del Centro Histórico de la Ciudad.
- Conocer las ventajas y desventajas del sistema actual y del sistema que se propone con luminarias LED.
- Realizar un estudio técnico-económico para la sustitución a las nuevas luminarias LED.
- Realizar un estudio técnico para la aplicación de telegestión de alumbrado público en el centro histórico de Cuenca.

1.5 METODOLOGIA

Para la realización de la tesis se revisarán libros, artículos tanto académicos como de instituciones, publicaciones sobre la tecnología LED, eficiencia energética en el alumbrado público, sistemas de telegestión, entre otras relacionadas a este trabajo.

Se recopilará, clasificará, analizará y se validará la información para su presentación y análisis de datos.

1.6 PROBLEMAS NO RESUELTOS

Se desconoce de una norma reguladora para el uso adecuado de las luminarias con tecnología LED en el alumbrado público.

1.7 HIPOTESIS

Una evaluación en prestaciones energéticas en el sistema de alumbrado público entre lámparas de sodio de alta presión y lámparas con tecnología LED, un sistema de telegestión en el centro histórico de la ciudad de Cuenca permitirá alcanzar mejoras en eficiencia energética.



1.8 VARIABLES

- Tipo de luminarias.
- Potencia de las luminarias.
- Consumo de las luminarias.
- Eficiencia de las luminarias.

1.9 METODOS UTILIZADOS

- Analíticos.
- Estadísticos.
- Investigación en campo.

1.10 CONCEPTOS GENERALES SOBRE LUMINOTECNIA

1.10.1 LUMINOTECNIA

Es la parte de la electrotecnia que se dedica específicamente a la iluminación, por lo tanto es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz, así como su control y aplicación. [1]

1.10.2 LA LUZ

Es energía que se presenta en forma de radiaciones electromagnéticas y se percibe por el órgano visual.

Dado que las radiaciones electromagnéticas son de la misma naturaleza y todas se propagan en el vacío a la misma velocidad, la característica que la diferencia es su longitud de onda o su frecuencia

Entre las radiaciones electromagnéticas debemos incluir los Rayos Gamma, Rayos X, Radiación Ultravioleta, Luz, Rayos Infrarrojos, Microondas, Ondas de Radio y otras radiaciones. El ojo humano es sensible a la radiación

electromagnética con longitudes de onda comprendidas entre 380 y 780nm aproximadamente, margen que se denomina luz visible. Las longitudes de onda más cortas del espectro visible corresponden a la luz violeta y la más larga a la luz roja, y entre estos extremos se encuentran todos los colores del arco iris. Las ondas electromagnéticas con longitudes de onda ligeramente inferiores a las de la luz visible se denominan rayos ultravioleta, y las que poseen longitudes de onda ligeramente superiores, se conocen como ondas infrarrojas. [2]

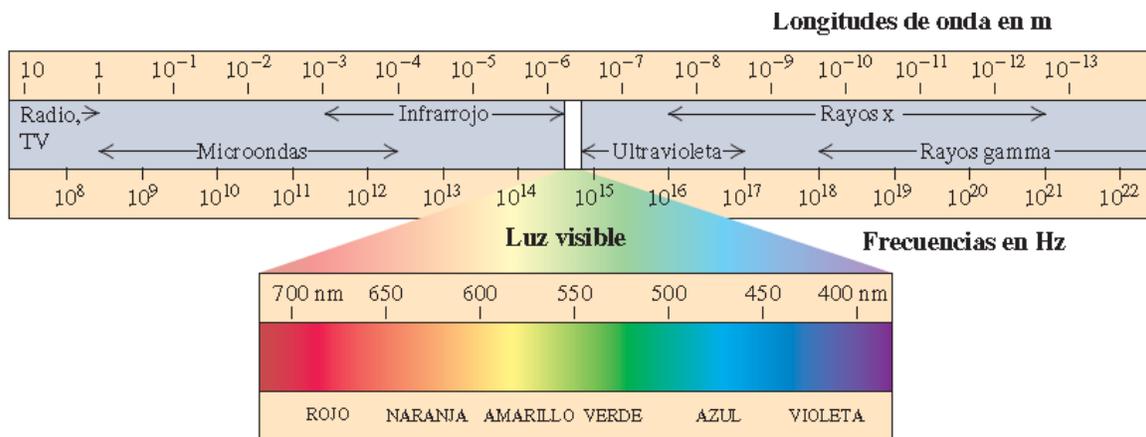


Figura: 1.1 Espectro Electromagnético.
Fuente: <http://edbar01.files.wordpress.com/2014/04/espectro.png>

1.10.3 REFLEXIÓN

Se presenta cuando un rayo de luz incide sobre una superficie, este describe un ángulo de incidencia que es igual al ángulo del rayo reflejado.

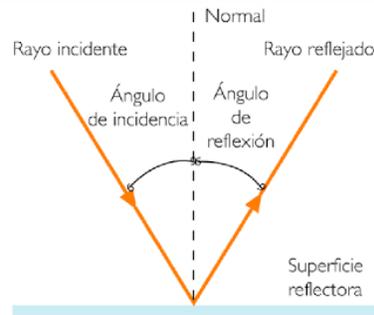


Figura: 1.2 Reflexión de la luz.

Fuente: <http://opticfisc5e.blogspot.com/p/reflexion-de-la-luz.html>

Medida de la reflexión es la reflectancia, que se define como la relación del flujo luminoso reflectante al flujo luminoso incidente. Es la medida de la cantidad de luz que es capaz de reflejar una superficie. La reflexión puede ser dirigida, difusa o mixta. La eficacia de una luminaria es afectada en gran medida por este factor. [1]

1.10.4 REFRACCIÓN

Es el cambio de dirección de la luz mediante la incidencia de un medio de densidad variable. A través de la refracción de diferentes intensidades de distintas zonas espectrales se puede producir la formación de espectros de colores como por ejemplo el prisma. [1]

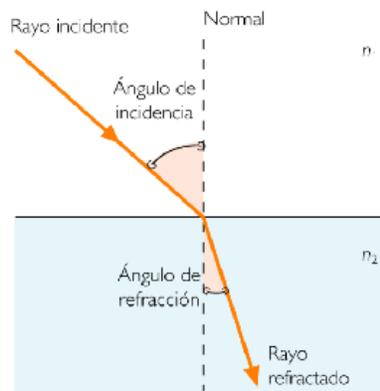


Figura: 1.3 Refracción de la luz.

Fuente: <http://opticfisc5e.blogspot.com/p/reflexion-de-la-luz.html>

1.10.5 TRANSMICION

Esta se da cuando la superficie es transparente, translúcida o selectiva:

- Superficie difusa o translúcida nos da una transmisión dispersa.
- Superficie directa o transparente nos da una transmisión directa.
- Superficie selectiva o coloreada es aquella que filtra uno o algunos colores.

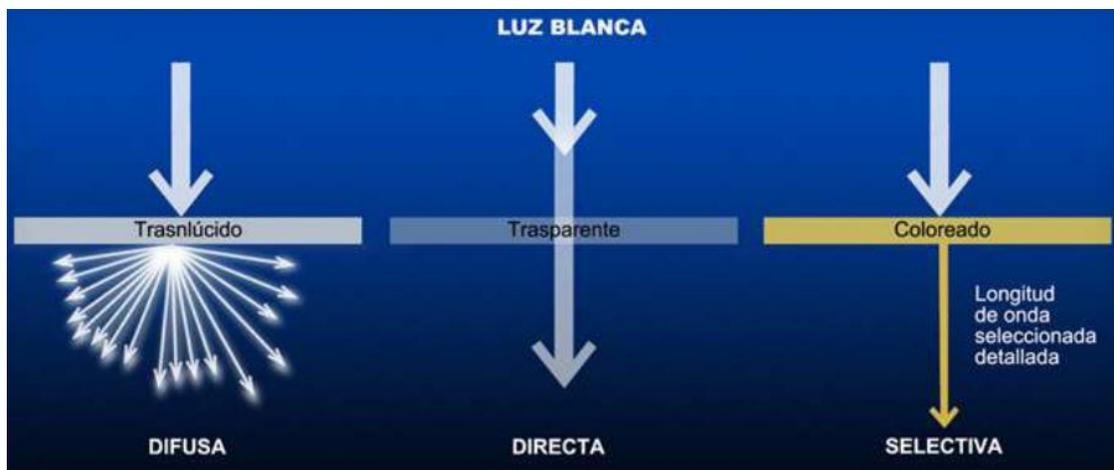


Figura: 1.4 Transmisión de la luz.

1.10.6 COLOR DE LUZ Y TEMPERATURA DEL COLOR [3]

El color de luz de una lámpara depende de la dispersión de la luz emitida. Para las lámparas incandescentes esta dispersión resulta por la temperatura del filamento, de ahí el concepto temperatura de color; para lámparas de descarga, en cambio, es necesario recurrir a un valor comparativo: la temperatura de color más parecida. En vez de la indicación exacta de la temperatura de color, en la práctica se produce a menudo una clasificación más ordinaria en los colores de luz blanco cálido, blanco neutral y blanco luz diurna.

LAMPARAS FLUORECENTES:	
Blanco cálido	3000°K
Luz día	6500°K
LAMPARAS INCANDESENTES:	
Normales	2600°K
HALOGENUROS METÁLICOS	4000 - 6000°K

Tabla: 1.1 Valores de temperatura de color.

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/74/7/Capitulo1.pdf>

Como fuentes de luz con color de luz exclusivamente blanco cálido hay que clasificar en primer lugar todos los tipos de lámparas incandescentes, así como las de vapor de sodio de alta presión. Además, existen tanto las lámparas fluorescentes como las de halogenuros metálicos y las de vapor de mercurio de alta presión con un color de luz blanco cálido.

Como fuentes de luz con color de luz blanco neutral se dispone otra vez de lámparas fluorescentes, halogenuros metálicos y de vapor de mercurio de alta presión. Como fuentes de luz de color blanco diurno se pueden considerar las lámparas fluorescentes y las de halogenuros metálicos; colores de luz especiales se encuentran exclusivamente en las lámparas fluorescentes. [3]

FUENTES TÍPICAS	TEMPERATURA °K
VELAS Y LAMPARAS DE ACEITE	1000
LAMPARAS DE TUGSTENO DE BAJO EFECTO	2000
BOMBLLAS CASERAS	2500
LUZ DE DIA NORMAL, FLASH ELECTRONICO	5000
DIA CON SOL A PLENITUD	6000
CIELO DESPEJADO SIN SOL	11000

*Tabla: 1.2 Valores de temperatura típicas.
Fuente: Autores.*

1.10.7 MAGNITUDES Y UNIDADES FUNDAMENTALES LUMINOSAS

La importancia que tiene conocer los conceptos de luminotecnia para una mejor comprensión de los temas que se desarrollaran y se trabajaran en esta tesis.

Las magnitudes y unidades de medida empleadas para valorar y comparar las cualidades y los efectos de las fuentes de luz son:

- Flujo Luminoso
- Rendimiento Luminoso
- Energía Luminosa
- Intensidad Luminosa
- Iluminancia
- Luminancia

1.10.7.1 FLUJO LUMINOSO

La energía luminosa no se puede aprovechar en su totalidad para la producción de luz, debido a que una parte se transforma en energía eléctrica que podemos ver y el resto se pierde en calor, como el caso de las lámparas incandescentes.

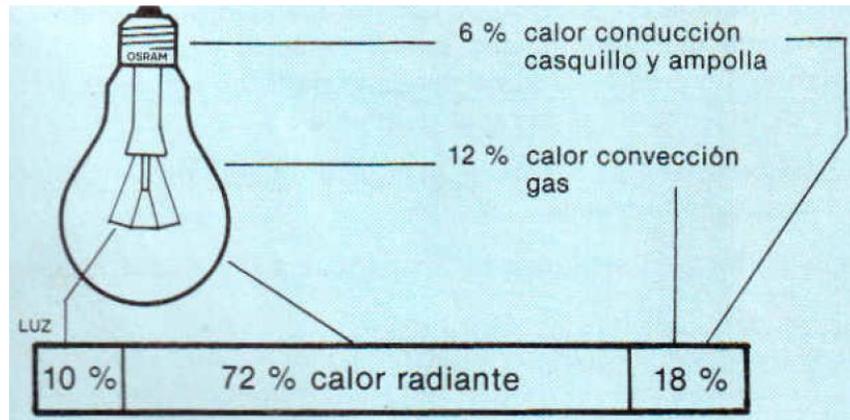


Figura: 1.5 Transformación de energía eléctrica para la producción de luz en una lámpara incandescente.

Fuente: Manual de luminotecnia OSRAM, Cap. 4

Al flujo luminoso se lo conoce como la energía radiada por una fuente de luz. Se representa comúnmente con la letra griega ϕ (fi), y su unidad es el lumen (lm).

La relación que permite conocer el equivalente mecánico del flujo luminoso es que 1 W de potencia radiante luminosa de 555 nm equivale a 683 lm. [4]

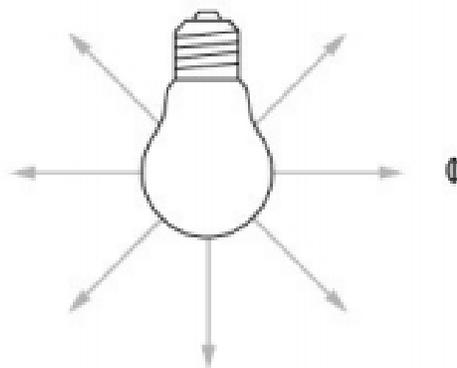


Figura: 1.6 Representación del flujo luminoso.

Fuente: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12732.pdf?sequence=1>



Esta dada por la siguiente ecuación:

$$\phi = \frac{Q}{t}$$

Dónde:

ϕ = Flujo luminoso en lumenes

Q = Cantidad de luz emitida en lumenes por segundo

t = Tiempo en segundos

1.10.7.2 RENDIMIENTO LUMINOSO

También se lo conoce como coeficiente de eficacia luminosa de una fuente de luz este indica el flujo que emite la misma por la potencia eléctrica consumida por dicha fuente.

Su unidad es lumen por vatio (lm/W), y se representa generalmente con la letra griega η (eta).

$$\eta = \frac{\phi}{P}$$

Dónde:

η = Rendimiento luminoso

ϕ = Flujo luminoso

P = Potencia consumida

En este proceso parte de energía se pierde por calor, radiaciones no visibles como las infrarrojas, ultravioletas, etc.

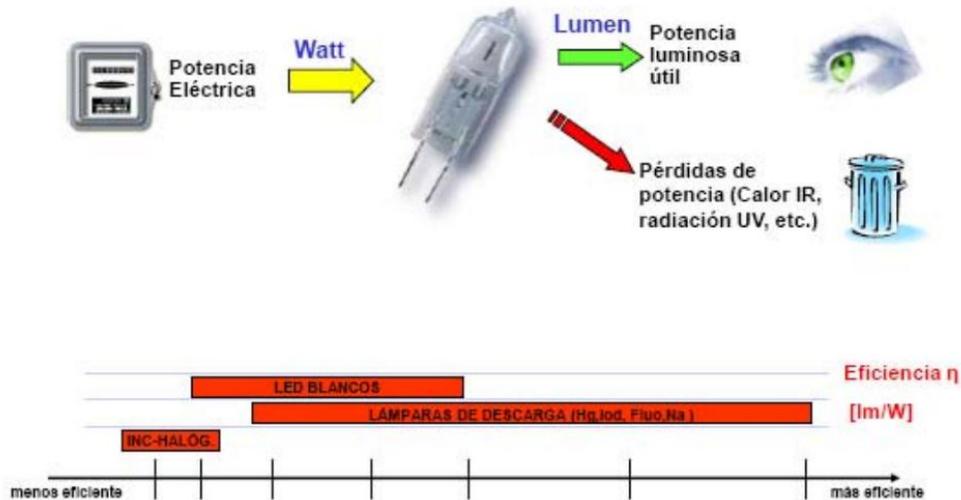


Figura: 1.7 Representación del rendimiento luminoso.

Fuente: <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12732.pdf?sequence=1>

1.10.7.3 ENERGIA LUMINOSA

La cantidad de luz o energía luminosa se determina por la potencia luminosa o flujo luminoso emitido en la unidad de tiempo. Se representa comúnmente con la letra Q y su unidad es el lumen por hora (lm*h).

$$Q = \phi * t$$

Dónde:

$$Q = \text{Energía luminosa}$$

$$\phi = \text{Flujo lumino}$$

$t = \text{Tiempo en horas}$

Es de gran relevancia conocer la energía luminosa ya que debido a este cálculo conoceremos la cantidad de luz que emitirá la lámpara durante su vida útil, cabe recalcar deberá tener en cuenta las pérdidas que se producen.

1.10.7.4 INTENSIDAD LUMINOSA

Puesto que el flujo luminoso nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente de luz, es necesario conocer cómo se distribuye la misma en cada dirección del espacio para la cual se define la intensidad luminosa.

Por lo tanto, la Intensidad Luminosa es el flujo luminoso emitido por una unidad de ángulo sólido en una dirección determinada. [1]

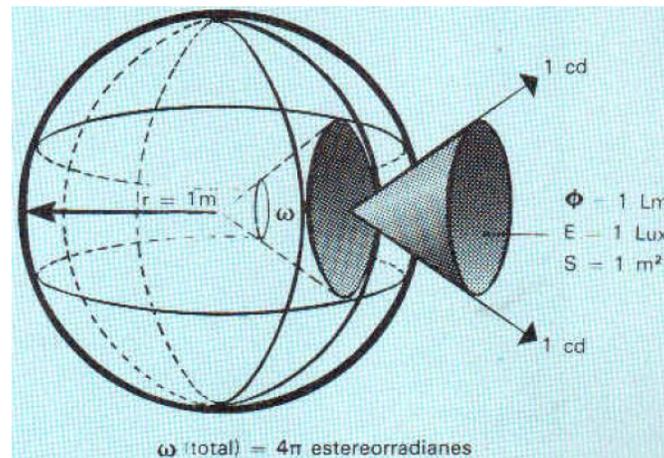


Figura: 1.8 Ángulo sólido, representación del rendimiento luminoso.
Fuente: Manual de luminotecnica OSRAM, Cap. 4

Se representa generalmente con la letra I y su unidad es en candelas (cd).

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$



Dónde:

$I = \text{Intensidad luminosa}$

$\phi = \text{Flujo luminoso}$

$\omega = \text{angulo solido}$

Por candela se entiende como la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo solido de un estereorradián.

1.10.7.5 ILUMINANCIA

La iluminancia o iluminación que recibe una superficie se puede define como el flujo luminoso que recibe la superficie.

Se representa generalmente con la letra E y su unidad es el lux (lx).

$$E = \frac{\phi}{S}$$

Dónde:

$E = \text{Iluminancia}$

$\phi = \text{Flujo luminoso}$

$S = \text{Superficie iluminada}$

Haciendo un breve análisis a la ecuación vemos que mientras mayor sea el flujo luminoso mayor será la iluminancia, y para un mismo flujo luminoso será mayor la iluminancia si disminuye la superficie.

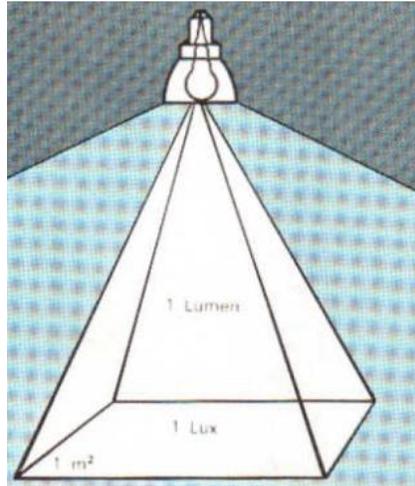


Figura: 1.9 Representación de la unidad de iluminancia.
Fuente: Manual de luminotecnia OSRAM, Cap. 4

Por lux se entiende como la iluminación de una superficie de un metro cuadrado que recibe uniformemente repartido un flujo luminoso de un lumen.

1.10.7.6 LUMINANCIA

Se entiende por luminancia de una superficie en una dirección determinada como la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente de dicha dirección.

Se representa generalmente con la letra L y su unidad es candela por metro cuadrado (cd/m^2)

$$L = \frac{I}{S_a} ; S_a = S * \cos(\alpha)$$

Dónde:

$L = \text{Luminancia}$

$I = \text{Intensidad luminosa}$

$S_a = \text{Superficie aparente}$

El ojo humano interpreta a la luminancia como la sensación de claridad, pues la luz no se hace visible hasta que es reflejada por los cuerpos. La mayor a menor claridad con que vemos los objetos igualmente iluminados, depende de su luminancia.

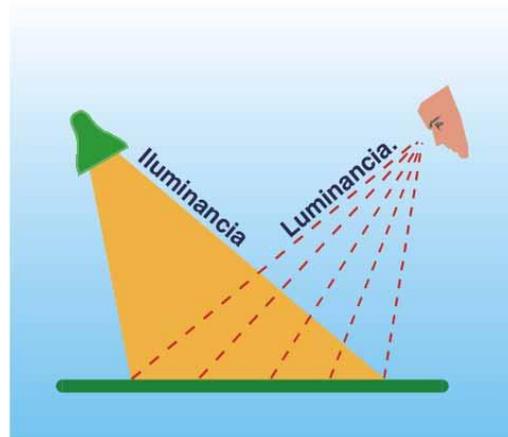


Figura: 1.10 Representación de la iluminancia y la luminancia.

Fuente: <http://metodosdeinvestigacionterminologica.bligoo.com.mx/liminancia#.VGAWrvmG8uc>

1.11 TIPOS DE LUMINARIAS PARA ALUMBRADO PÚBLICO

1.11.1 ALUMBRADO PÚBLICO

El propósito del alumbrado público es brindar energía lumínica a lugares de acceso público como plazas, parques, calles, avenidas, pasos peatonales, etc., con el que se trata de satisfacer las necesidades de los ciudadanos cada vez ofreciendo mejoras en su calidad, eficiencia y funcionamiento.

El alumbrado público se lo ve dentro de una comunidad como una parte importante ya que gracias a este servicio se ayuda a su desarrollo. Además mediante las nuevas tecnologías se trata de reducir la contaminación ambiental y lumínica.

Principalmente se conforma por luminarias, proyectores, sistemas de control, redes de distribución, entre otros, que sirven para dar iluminación a las áreas que utilizan las personas. Dentro de este sistema la parte más importante es la luminaria que es la encargada de proyectar la energía transformada a luz. [4]

1.11.2. LUMINARIAS

La luminaria es un conjunto que protege y que está conformado por la lámpara, equipos eléctricos, electrónicos, mecánico, ópticos que en su totalidad son los encargados de entregar o proporcionar la luz visible. Para prestar un correcto funcionamiento las luminarias se deben regir a las normas vigentes del país donde se desee instalarlas. [4]



Figura: 1.11 Luminaria con tecnología LED.

Fuente: <http://solarshop.com.ar/producto/luminariasolarparavapblica/>

La luminaria debe estar diseñada para soportar diversas condiciones climáticas, polvo, etc., garantizando la continuidad del servicio de iluminación.

Se utilizan generalmente luminarias de distribución simétrica para la iluminación de calles y avenidas ya que la longitud de estas es mayor que el ancho ofrecen un mejor aprovechamiento del flujo luminoso. Mientras que para plazas, parque y otros espacios públicos se utilizan luminarias de distribución simétrica.



1.11.3 EQUIPO AUXILIAR

1.11.3.1. LÁMPARA

Se puede conocer también como fuente de luz, es la encargada de brindar la iluminación las que más se utilizan por el momento son las de vapor de sodio a alta presión.

1.11.3.2. BALASTO

Es un equipo eléctrico, que va montado dentro y es protegido por la luminaria, y es insertado a la red con bombillas eléctricas que sirve para limitar la corriente hasta el valor requerido para el correcto funcionamiento de las bombillas. [2]

1.11.3.3 FOTOCELDA

Este es un dispositivo eléctrico o electromecánico que se utiliza para cerrar y abrir de una manera automática luminarias de alumbrado público en función de la variación del nivel luminoso. [2]

1.11.3.4 CEBADORES

Este es un dispositivo que provee las condiciones eléctricas como amplitud, ancho, ubicación y tasa de repetición del pico de sobre voltaje necesario para iniciar la descarga y así el arranque de lámparas. Se localiza en conjunto el balasto.

1.11.3.5 FUSIBLE

Este elemento sirve para brindar protección a la parte eléctrica de la luminaria tanto de sobrevoltajes o cortocircuitos que pueden presentarse en la red eléctrica.

1.11.4 LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO A ALTA PRESION.

En este tipo de lámparas se produce la descarga dentro de una bombilla de cuarzo, a medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible. Cuando ya se han cumplido estas condiciones el color azul verdoso ya no contiene radiaciones rojas, ya que para evitar este problema se le añade sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro.

Se utiliza un electrodo auxiliar, para el encendido que tarda de 4 a 5 minutos, próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo y facilita el inicio de la descarga entre los electrodos principales.

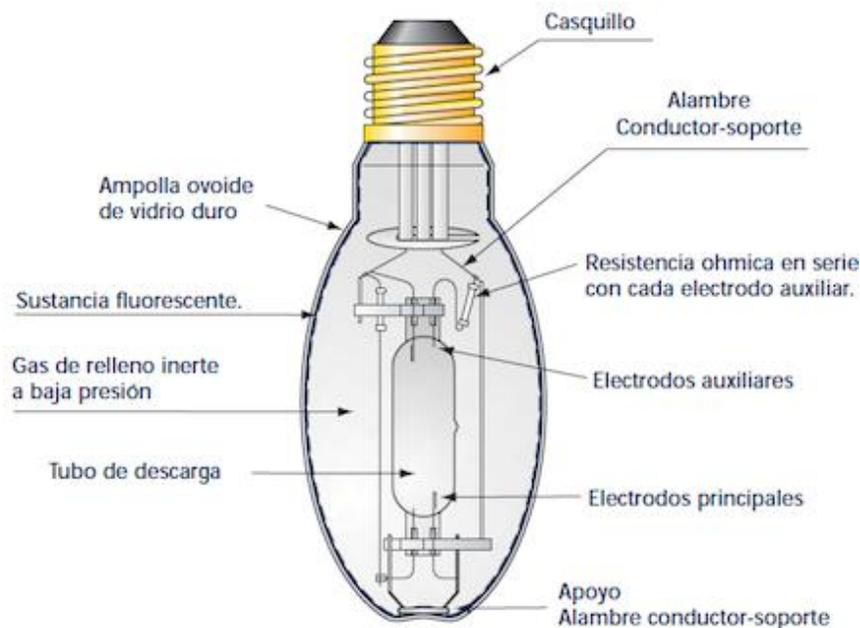


Figura: 1.12 Partes de la lámpara de vapor de mercurio.
Fuente: MANUAL DE ILUMINACION INDAL

En su arranque se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta. [5]

La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 °K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil promedio que se pide en las normas es que las bombillas de vapor de mercurio de alta presión no podrán ser menores a 24.000 horas. [5]

Los modelos más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares.

Este tipo de lámparas necesitan de una reactancia que consiste en una bobina que limita el paso de intensidad a través del tubo y estabilizar la descarga, además tienen un condensador conectado en serie para compensar el factor de potencia como se muestra en la figura. [5]

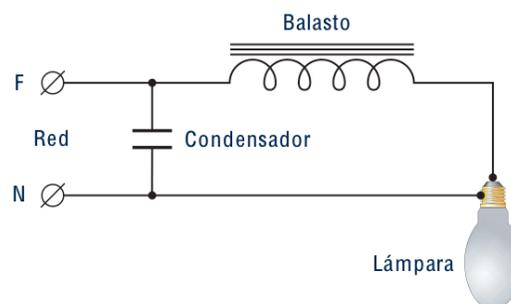


Figura: 1.13 Cableado de conexión lámpara de vapor de mercurio.
Fuente: MANUAL DE ILUMINACION INDAL

La eficacia oscila entre 35 y 60 lm/W y aumenta con la potencia como se observa en la tabla:

Potencia de la bombilla. W	Eficacia. lm/W
> 50	35
>50 ≤ 80	36
>80 ≤ 125	47
>125 ≤ 250	50
>250 ≤ 400	52
>400 ≤ 700	55
>700 ≤ 1000	57
>1000	57

Tabla: 1.3 Eficiencia mínima para bombillas de mercurio de alta presión.
Fuente: Retilap 2010

Cuando la lámpara llegase a sufrir un apagón no se puede volver a encender de manera inmediata debido a que el vapor de mercurio no se habrá enfriado y estará con una presión elevada. Se recomienda esperar cinco minutos, ya que en dicho tiempo la lámpara se ha de enfriar y podrá volver al proceso de encendido.

1.11.5 LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION

Este tipo de lámparas la distribución espectral abarca casi todo el espectro visible lo que nos proporciona una luz blanca amarilla mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión. [5]

Estas lámparas poseen un exceso de gas de mercurio lo que sirve como un gas amortiguador. Para facilitar el encendido y limitar la conducción de calor del arco de descarga a la pared del tubo se incluye gas xenón. [2]

Según va aumentando la presión del vapor de sodio se incrementa el porcentaje de longitudes de onda larga emitidas y mejora el índice de rendimiento del color.

El funcionamiento de estas lámparas se da a temperaturas elevadas, a una alta presión y el tubo de descarga debe soportar una gran agresión química que produce el sodio. El tubo está rodeado por una ampolla en el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

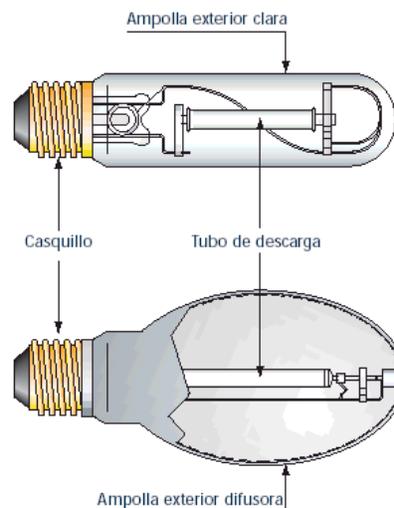


Figura: 1.14 Lámpara de sodio de alta presión.

Fuente: <http://www.tuveras.com/luminotecnica/lamparasyluminarias.htm>

Estas lámparas no tienen un electrodo de encendido por su menor diámetro, entonces se suministra un pulso de alta tensión, entre 1,5 a 5 kV, mediante un ignitor, para ionizar al gas de encendido que es el xenón.

Una vez que se ha establecido el arco, la tensión del mismo es baja, el color inicialmente es blanco por la descarga del xenón, cambiando luego a amarillo después de unos 20 segundos. Durante este tiempo el sodio se evapora y poco a poco se involucra en la descarga.

La eficacia de las lámparas de sodio a alta presión se muestra en la siguiente tabla:

Potencia de la lámpara (W)	Eficacia inicial (lm/W)	
	Tubular	Ovoide clara
70	82	85
100	107	88
150	90	93
250	104	108
400	118	120
600	150	150
1 000	125	150

Tabla: 1.4 Eficiencia mínima para bombillas de mercurio de alta presión.

Fuente: Reglamento técnico ecuatoriano 069

La vida media de las bombillas de sodio no debe ser menor a las 24000 horas. Hay causas que limitan la duración de la lámpara como el fallo por fugas en el tubo de descarga lo que hace que vaya incrementando la tensión necesaria para el encendido de la lámpara, por lo tanto se va afectando su correcto funcionamiento. [5]

1.11.5.1 EQUIPOS DE DOBLE NIVEL DE POTENCIA PARA LAMPARAS DE SODIO DE ALTA PRESION

Se utiliza para reducir la potencia de las luminarias con una pequeña reducción en la iluminación que proporcionan estas luminarias, teniendo así un ahorro de energía.

El modo de funcionamiento de este equipo es un control que consiste en una reactancia electromagnética que tiene dos bobinados en serie. El principal

proporciona la corriente y potencia nominales a la lámpara y cuando se desea obtener una reducción de iluminación se conecta el otro aumentando la impedancia y por lo tanto disminuyendo la intensidad y potencia en la lámpara, con lo cual se disminuye el flujo luminoso. [6]

A continuación podremos observar el ciclo de funcionamiento de los equipos de doble nivel de potencia que se realiza mediante de una fotocélula que es la encargada de la conexión y desconexión.

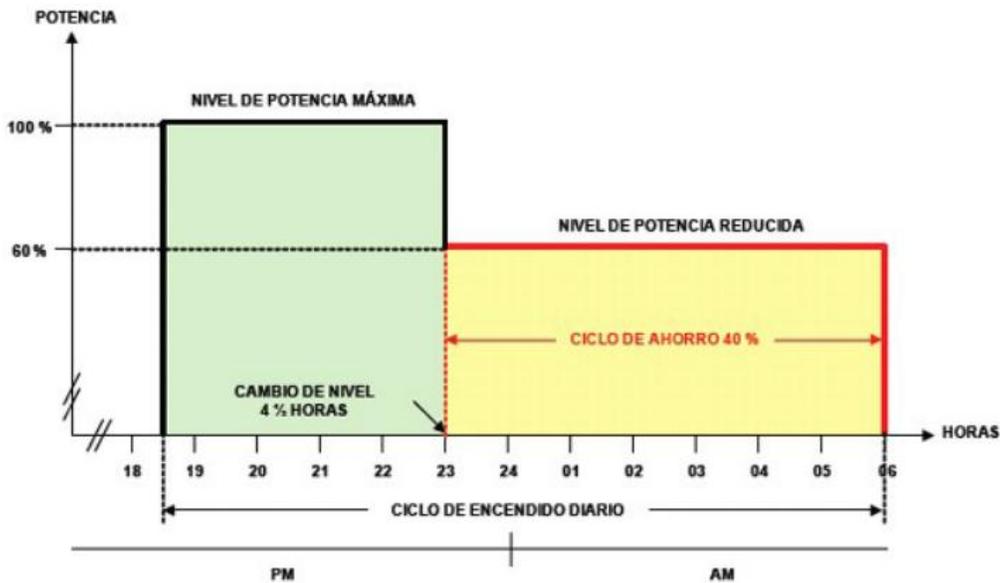


Figura: 1.15 Lámpara de sodio.
Fuente: <http://gpl.com.ec/pdf/ahorroivs.pdf>

CAPITULO 2

2 ANALISIS DE LA TECNOLOGIA LED

2.1 LED (*light-emitting diode*)

LED o Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz), es un dispositivo tipo semiconductor que emite luz cuando este esta polarizado directamente. Este es un elemento de tipo electroluminiscente, el LED es un diodo de tipo especial que permite el paso de la corriente en un solo sentido, pero que al ser atravesado por esta emite luz. Al estar el LED compuesto por diferentes partes, el patrón de intensidad es complejo.

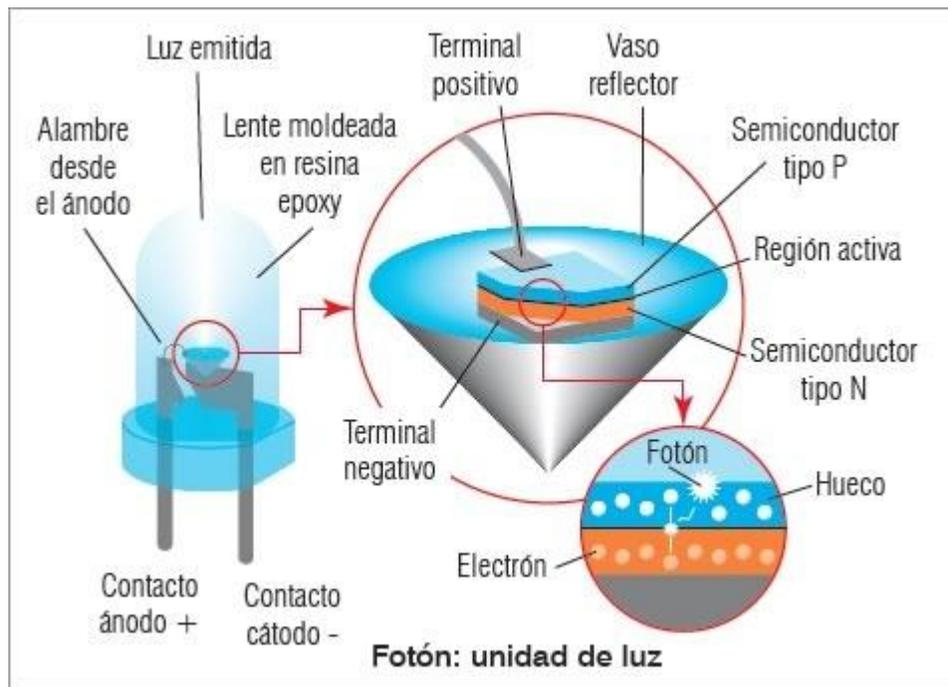


Figura: 2.1 Partes de un LED.

Fuente: <http://www.cesiluminacionled.es/porque-led>

2.1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL DIODO

Los diodos están contruidos por dos tipos de materiales llamados tipo N y tipo P, estos se encuentran unidos a través de una junta llamada barrera o unión. [7]

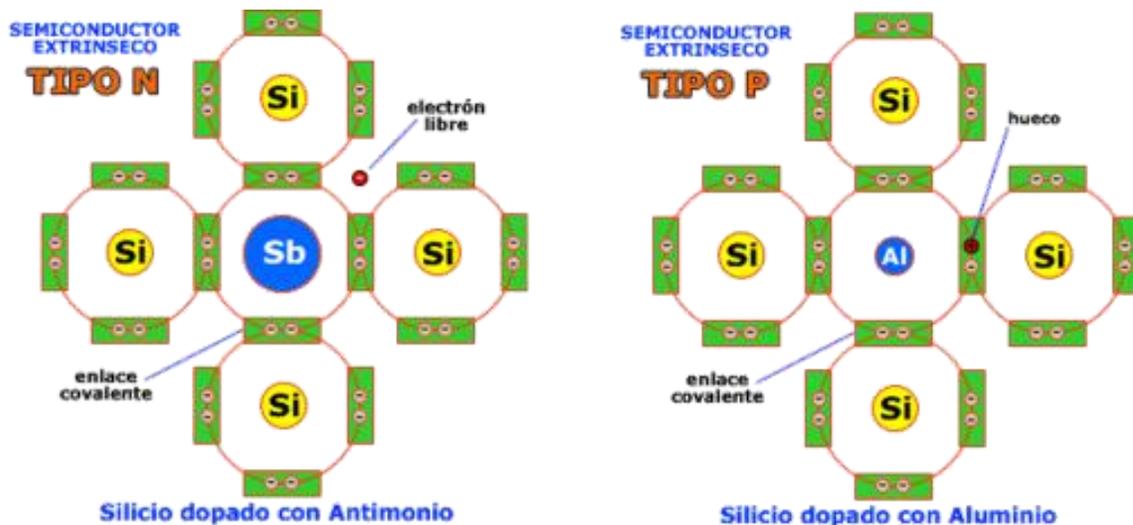


Figura: 2.2 Materiales tipo N y tipo P.
Fuente: <http://cesacev.wordpress.com/about/>

Los materiales semiconductores puros que llevan impurezas en mínimas cantidades, a este proceso se lo conocemos como dopaje.

Dependiendo del tipo de dopaje que se hace al material semiconductor, este puede presentar dos tipos:

- Material Tipo N tiene electrones libres (exceso de electrones).
- Material Tipo P tiene huecos libres (ausencia o falta de electrones)

Al unir los dos materiales parte de los electrones de N se trasladan a P, de la misma forma los huecos del cristal tipo P pasan a N. En esta unión se crea una franja llamada zona de transición.

Cuando se aplica una diferencia de potencial con polaridad positiva al lado P y polaridad negativa al lado N, la zona de transición se vuelve estrecha permitiendo que el flujo de electrones circule libremente a través del diodo, el sentido de la corriente será desde P hacia N.

En el caso de polarizar inversamente, la banda de transición se vuelve mucho más ancha e impide el flujo de electrones a través de la misma, por lo cual el diodo se comporta como un interruptor abierto. [8]

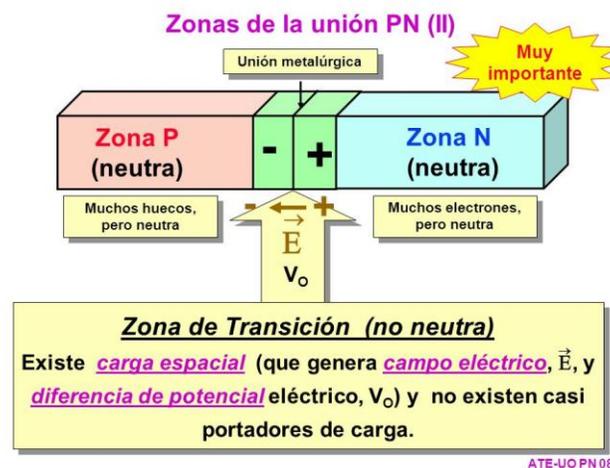


Figura: 2.3 Unión P-N.

Fuente: <http://slideplayer.es/slide/109217/>

2.1.2 ELECTROLUMINISCENCIA

Es un fenómeno óptico – eléctrico que resulta en un material que es sometido a un voltaje, este reacciona emitiendo fotones cuando circula corriente a través de él. Cabe recalcar la existencia de fenómenos similares como la emisión de luz por

causa de la temperatura (incandescencia) o por reacciones químicas (quimioluminiscencia), etc.

2.2 COLORES DE LOS LED'S

Se sabe que el color de los leds depende específicamente del semiconductor con el cual están contruidos y el dopaje o impurezas que se han agregado, puesto que la corriente que circula por él es la misma. [9]

A continuación se muestra una tabla de los materiales de construcción, el color y frecuencia asociados a este:

Frecuencia	Color	Material
940	Infrarrojo	GaAs
890	Infrarrojo	GaAlAs
700	Rojo profundo	Gap
660	Rojo profundo	GaAlAs
640	Rojo	AllnGap
630	Rojo	GaAsP/Gap
626	Rojo	AllnGap
615	Rojo - Naranja	AllnGap
610	Naranja	GaAsP/Gap
590	Amarillo	GaAsP/Gap
590	Amarillo	AllnGap
565	Verde	GaP
555	Verde	GaP
525	Verde	InGaN
525	Verde	GaN
505	Verde turquesa	InGaN/Zafiro
498	Verde turquesa	InGaN/Zafiro
480	Azul	SiC
450	Azul	InGaN/Zafiro
430	Azul	GaN
425	Azul	InGaN/Zafiro
370	Ultravioleta	GaN

Tabla: 2.1 Frecuencia, Color y Material d un LED.

Fuente: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/150/2/CAPITULO%20I.pdf>

2.2.1 MODELO RGB

El modelo RGB por sus siglas en inglés (Red, Green y Blue) que en español significa Rojo, Verde y Azul, hace referencia a la composición de matices de colores a partir de los primarios. De ésta manera podemos obtener las diferentes gamas de colores controlando la intensidad de luz de cada color primario.

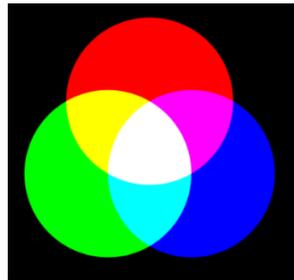


Figura: 2.4 Modelo RGB.

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/RGB#mediaviewer/File:Synthese%2B.svg>

Podemos apreciar en la Figura 2.5 que el color blanco resulta de la mezcla de los tres colores primarios rojo, verde y azul en proporciones iguales de intensidad luminosa, resultando el color negro por la ausencia de estos.

Se puede aplicar este principio para la fabricación de leds para obtener el color blanco, obteniendo así un diodo led de color blanco que está formado internamente por tres leds de similares características pero de diferente color de luz emitida.

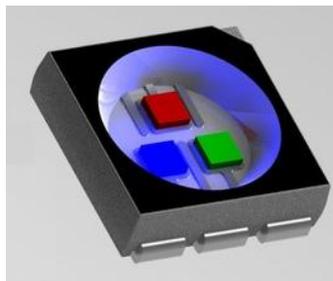


Figura: 2.5 Led RGB.

2.2.2 LED BLANCO POR CONVERSION DE FOSFORO

Se utiliza ya sea un led de emisión de luz color azul o ultra violeta (UV) y se modifica esta radiación filtrándola a través de una capa de fosforo colocada dentro del encapsulado, emitiendo así luz blanca.



Figura: 2.6 Led blanco por conversión de fósforo.
Fuente: <http://www.indalnewsroom.com/>

Se puede usar este principio con la finalidad de obtener luz blanca cálida o fría, teniendo así control sobre la temperatura de color dependiendo del tipo de fosforo y la cantidad del mismo con el que se construye el led.

Así obtenemos blancos con rangos de temperatura en grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) de 6.500 (luz fría), a 2.700 (luz cálida). [10]

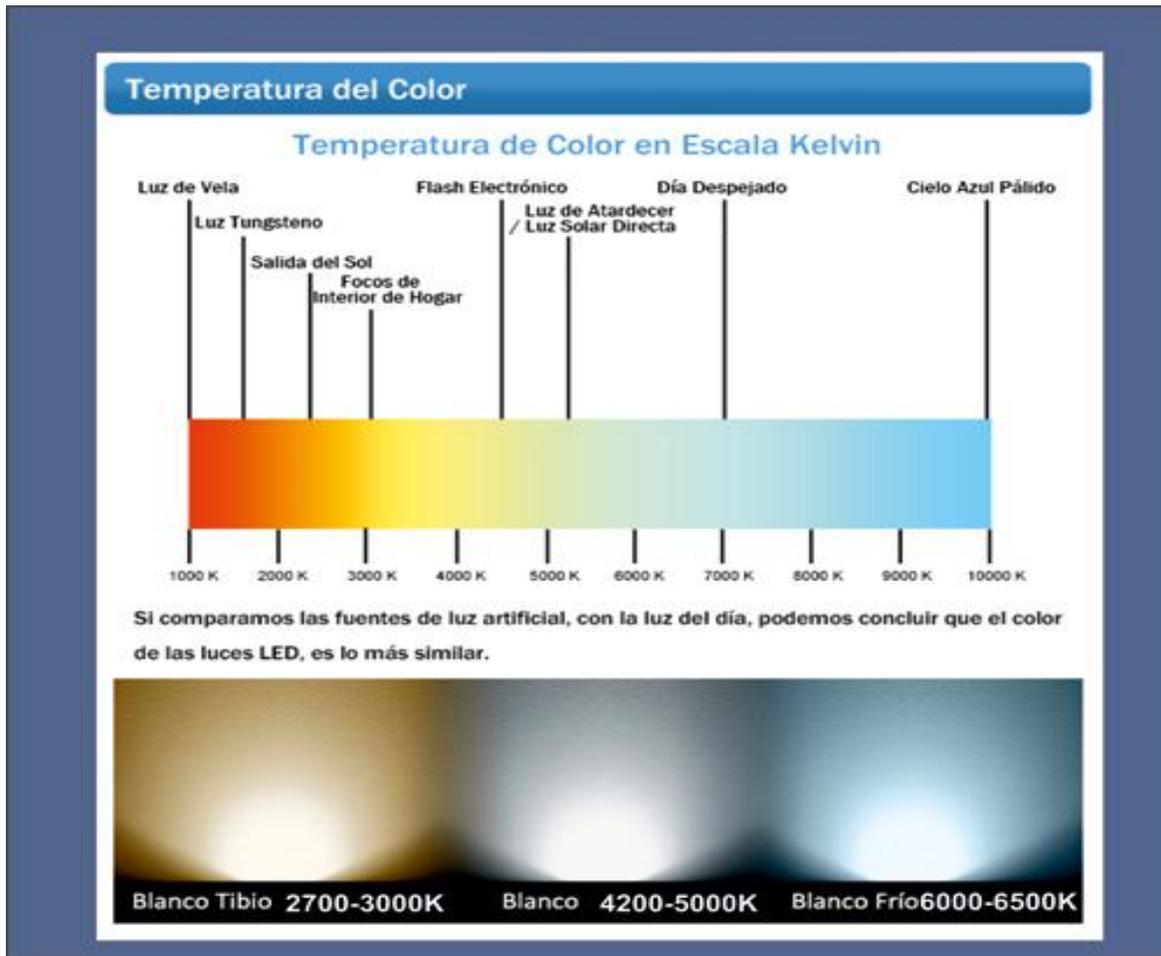


Figura: 2.7 Temperatura del color.
Fuente: <http://www.luzgarden.com/>

2.3 TECNOLOGIA LED EN LOS DIFERENTES TIPOS DE ALUMBRADO

2.3.1 CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS LED

Para el estudio de las luminarias LED se ha clasificado de la siguiente manera:

TIPOS DE LAMPARAS LED		
GENERAL	ESTRUCTURA INTERNA	PARTE O COMPUESTO
Bombilla LED	Orgánico	LED con optica primaria
Bombilla Par	Inorgánico	
Dicroicas LED		Placas de circuito Impreso PCB
RGB LED		
Fluorescente LED		Modulos LED
Downligh LED		
Streeyligh		
Highbay		

Tabla: 2.2 Clasificación de lámparas LED.

Fuente: Estudio de lámparas led para alumbrado público y diseño de un sistema SCADA con control on/of; Pedro Francisco Chantera, Daniel Ricardo Tobar.

2.3.2 CLASIFICACION GENERAL

La clasificación general se enfoca en los diferentes tipos de luminarias led que los productores han incorporado en el mercado, teniendo como objetivo principal la sustitución de los productos ya existentes de diferente tecnología. [11]

A continuación se presenta una tabla de las luminarias led con su equivalente sustitutivo y sus características principales:

LUMINARIA LED	EQUIVALENTE SUSTITUTIVO	VIDA UTIL (Horas)	EFICIENCIA LUMINOSA (lm/W)	IMAGEN
Bombilla LED	Lámparas incandescentes	50000	50 - 60	
Bombilla Par	Focos empotrables	30000 - 50000	50 - 60	
Dicroicas LED	Lámparas alógenas	25000 - 50000	50 - 60	
RGB LED	Adaptables en diferentes ambientes	30000 - 50000	30 - 40	
Fluorescente LED	Lámparas fluorescentes	40000 - 50000	60 - 70	
Downligh LED	Ojo de buey alógeno	30000 - 50000	70 - 80	
Streelygh	Lámparas de alumbrado público exterior	30000 - 50000	70 - 120	
Highbay	Reflector alógeno o incandescente	50000	80	

Tabla: 2.3 Clasificación general de los LEDs.

Fuente: Autor.

2.3.3 CLASIFICACION POR ESTRUCTURA INTERNA

Al mencionar clasificación por estructura interna nos referimos al tipo de material con el cual está construido, de esta manera podemos clasificar en dos grupos de materiales, orgánicos e inorgánicos.

El palabra LED se refiere específicamente al tipo de material inorgánico, sin embargo para el tipo de material orgánico incorporaremos un nuevo término llamado OLED que significa Diodo orgánico emisor de luz.

Un OLED está construido por una fina película de material orgánico que emite luz como respuesta a una estimulaciones eléctrica, este tipo diodos se usan común mente en la fabricación de pantallas y monitores que son específicamente dispositivos para visualización. [11]

2.3.4 CLASIFICACION POR PARTE O COMPUESTO

Estos se clasifican por su estructura externa o compuestos que los productores dotan a estos dispositivos para orientar a una determinada aplicación. [11]

2.3.4.1 LED CON OPTICA PRIMARIA

Dispositivos LEDs básicos, fabricados individualmente y su modelo está orientado a un sinnúmero de aplicaciones puestos que son dispositivos independientes, usados común mente para iluminación de emergencia. [15]

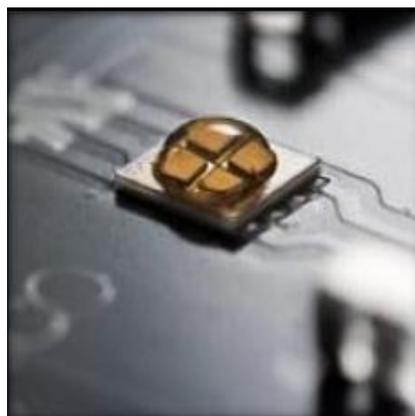


Figura: 2.8 LED con fibra óptica primaria.

Fuente: <http://www.erco.com/products/indoor/swf-3circuit/logotec-3793/es/intro-1.php>

2.3.4.2 LED CON PLACAS PCB

Consta de placas PCB previamente diseñadas con el objetivo de dar facilidad de implementación al consumidor, la desventaja de este tipo de led es la disminución del campo de aplicaciones a comparación del led con fibra óptica primaria. [11]

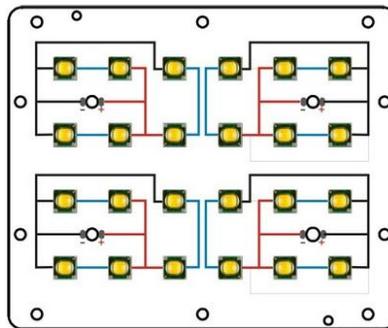


Figura: 2.9 LED con placas PCB.
Fuente: <http://www.shoptronica.com/>

2.3.4.3 MODULOS LED

Los módulos led son dispositivos finales, su aplicación principal son; las luminarias en los diferentes tipos de alumbrado, estas constan de placas PCBs y circuitos electrónicos incorporados en las lámparas. [11]



Figura: 2.10 Módulos LED.
Fuente: <http://www.lightecture.com/>



CAPITULO 3

3. ANALISIS DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO ACTUAL Y CON TECNOLOGIA LED EN EL CENTRO HISTORICO DE CUENCA.

3.1 ALUMBRADO PUBLICO EN LA CIUDAD DE CUENCA.

El sistema de alumbrado público de la ciudad de Cuenca brinda servicio en vías parques, plazas, espacios de tránsito peatonal, complejos deportivos, entre otros. Se debe proporcionar cada vez una iluminación adecuada observando las normas vigentes en el País.

En gran parte de la ciudad el sistema alumbrado público destinado mayormente a la iluminación de vías de tránsito vehicular se ha constituido utilizando la infraestructura de las redes de distribución eléctrica, las mismas que en varios casos se han adecuado para dar el servicio de alumbrado público. Otro sistema que también se identifica es el de iluminación ornamental que se emplea para la iluminación de iglesias, monumentos, etc., además para parques, plazoletas, complejos deportivos se utilizan sistemas expresos (sistemas destinados solo para iluminación) en el área urbana. [4]

La ciudad de Cuenca, a diciembre del 2012 contaba con 32.773 luminarias cuyo consumo fue de 37.809.519 kWh, de las cuales el 90 % corresponde a luminarias de Sodio de alta presión; de éstas, el 61 % son de doble nivel de potencia que se utilizan para ahorrar energía, e iluminan principalmente las vías públicas. Del total de luminarias, el 1,28 % son de Mercurio de alta presión utilizadas también en iluminación vial, y el 8,72 % restante corresponde a luminarias de luz mixta, LED y proyectores de Sodio y de Mercurio, que se utilizan en la iluminación pública ornamental. [4][6]

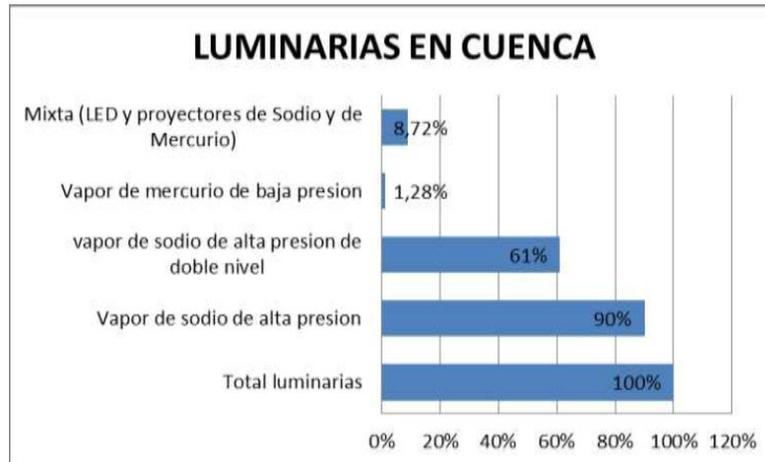


Figura 3.1: Luminarias de la Ciudad de Cuenca.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3695/1/TESIS.pdf>

En el sistema de alumbrado ornamental generalmente se utilizan proyectores ya sean de luz mixta, de halogenuros metálicos, de mercurio y sodio de alta presión; además se está incursionando en las de tecnología LED. El control del alumbrado ornamental se realiza mediante un reloj con omisión de días para programar el encendido y apagado de los sistemas. [4]

Para parques, plazoletas, glorietas, y áreas deportivas, también se utilizan sistemas de control con relojes con omisión de días, que mediante relés accionan el encendido y apagado de estos sistemas. [4]

Los sistemas de control para el alumbrado vial son mediante hilo piloto, además se utilizan luminarias autocontroladas con fotocontroles. [4]

3.2 ALUMBRADO PUBLICO EN EL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CUENCA.

Considerado uno de los lugares más hermosos de nuestro país debido a sus templos, parques, plazoletas, edificios, etc; el Centro Histórico de la Ciudad de



Cuenca es uno de los lugares donde la distribución de energía eléctrica se realiza mediante un sistema subterráneo en media y baja tensión.

En la Ciudad de Cuenca existen pocos sistemas expresos para la iluminación de vías, algunos de ellos se localizan en el Centro Histórico de esta ciudad que también cuenta con un sistema para iluminación ornamental.

Las luminarias que se utilizan en el Centro Histórico para la iluminación de las vías son en su totalidad de vapor de Sodio a alta presión ya sean de simple o doble nivel de potencia, El 90% de las luminarias son de 250W de vapor de sodio a alta presión con doble nivel de potencia.

3.3 FACTORES DETERMINANTES DE UNA INSTALACION DE ALUMBRADO PUBLICO.

En el presente trabajo, se realizará un análisis del sistema de iluminación en el Centro Histórico, por lo cual se considerará las siguientes definiciones de factores, sociales y clases, etc.

3.3.1 FACTOR DE UNIFORMIDAD

La iluminación de una vía pública está en función de: la intensidad del tráfico rodado y la velocidad media de los vehículos, de la distribución de la luz de la luminaria, el flujo luminoso de las lámparas y de las propiedades de reflexión de la calzada. Es aconsejable tener en cuenta el posible incremento de circulación vehicular en el futuro para que las instalaciones no queden prontamente anticuadas.

3.3.1.1 UNIFORMIDAD GENERAL DE LUMINANCIA DE LA CALZADA (U_0)

Es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio de la vía. [12]



3.3.1.2 UNIFORMIDAD LONGITUDINAL SOBRE LA CALZADA (UL)

Es la relación entre la luminancia mínima y la luminancia máxima. Se mide o se calcula de acuerdo con la norma CIE 140-2000. [12]

3.3.2 RELACIÓN DE ALREDEDORES

“Es la relación de la iluminancia promedio en bandas de 5 m de ancho (o menor en espacios que no permite) cada una adyacente a los dos bordes de la calzada (fuera de la calzada) para la iluminancia promedio en bandas de 5 m de ancho (o la mitad del ancho si es inferior) dentro de la calzada. Para calzadas dobles, ambas calzadas se deben tratarse conjuntamente como si fueran una única, a menos que estén separadas por más de 10 m”. [12]

“En los casos donde exista una iluminación propia de los alrededores, la utilización de la relación SR no es necesaria”. [12]

3.3.3 DESLUMBRAMIENTO (TI)

Es una sensación molesta que se da cuando la luminancia que produce un objeto es superior a la de su entorno, por lo que es necesario establecer criterios de calidad que ayuden a evitar situaciones peligrosas en donde la ciudadanía puede verse afectada.

Puede producirse deslumbramiento directo que se da cuando se observa directamente a una fuente de luz; también se produce por observación indirecta que es cuando vemos reflejada la luz de una fuente en una superficie reflejante.

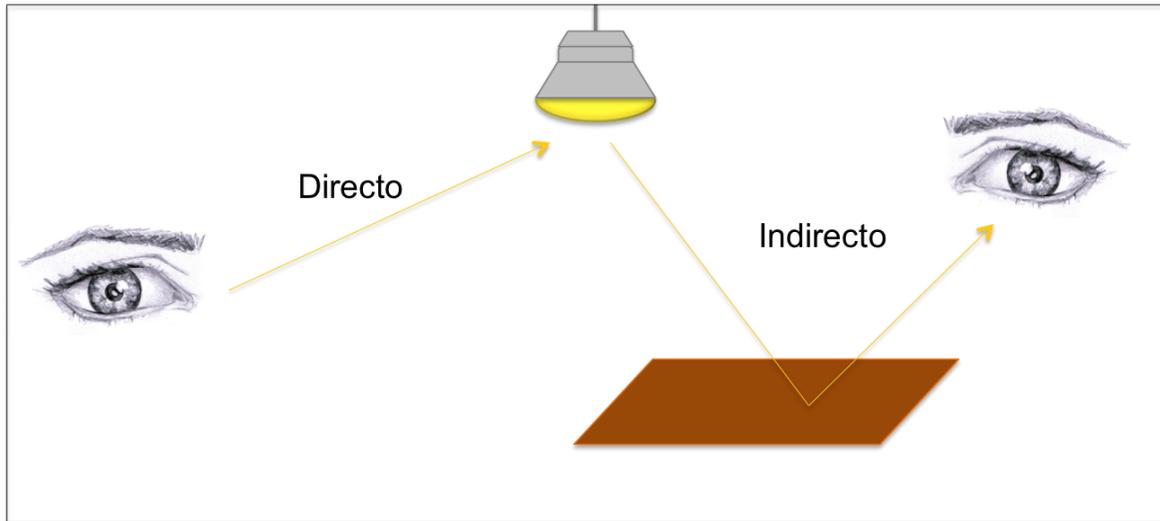


Figura 3.2: Tipos de deslumbramiento.

Fuente: <http://grlum.dpe.upc.edu/manual/imagenes/deslumbramientoDirectoYReflejado.png>

3.3.4 NIVELES DE ILUMINACIÓN ESTABLECIDAS EN la REGULACIÓN No. CONELEC 008/11.

Se determina los siguientes niveles en vías de tráfico vehicular, para seis clases de iluminación: [12]

TIPO DE VÍA	CALZADAS VEHICULARES				RELACIÓN DE ALREDEDORES
	Lprom	Uo	UL	TI	SR
Clase De Iluminación	cd/m ²	>%	>%	<%	%
M1	2	40	70	10	50
M2	1,50	40	70	10	50
M3	1	40	60	15	50
M4	0,75	40	60	15	50
M5	0,5	0,35	40	15	50
M6	0,3	0,35	40	20	50

Figura 3.3: Niveles de iluminación para vías de tráfico vehicular.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3695/1/TESIS.pdf>

Para vías peatonales:

Clases de Iluminación	TIPO DE APLICACIÓN	
	Iluminancia Horizontal (lx)	
	Referida a nivel de la superficie de uso	
	Promedio	Mínimo
P1	15.00	3.00
P2	10.00	2.00
P3	7.50	1.50
P4	5.00	1.00
P5	3.00	0.60
P6	2.00	0.40

Figura 3.4: Niveles de iluminación para vías Peatonales.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3695/1/TESIS.pdf>

Para zonas donde el tráfico vehicular se cruza entre sí o se dirige a zonas de concentración peatonal, ciclística u otros caminos frecuentados, a este tipo de zonas se las conoce como de conflicto:

Clases de Iluminación	Iluminancia Promedio E (lux) ⁵	Uniformidad de la Iluminancia U _o (E)	Incremento de Umbral (%) ⁶	
			Moderada y Alta Velocidad	Baja y muy baja velocidad
C0	50	0.40	10	15
C1	30		10	15
C2	20		10	15
C3	15		15	20
C4	10		15	20
C5	7.5		15	25

Figura 3.5: Niveles de iluminación en zonas de conflicto.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3695/1/TESIS.pdf>



3.3.5 ALTURA DEL PUNTO DE LUZ

En alumbrado público la altura del punto de luz tiene una gran influencia sobre la calidad de la iluminación y sobre sus costos.

La altura de montaje se obtiene tomando en cuenta elementos como la intensidad luminosa de la luminaria y anchura de la calzada.

Además al situar el punto de luz a una gran altura tiene ventajas como también inconvenientes. [6]

Ventajas:

- Mejor distribución de luminarias sobre la calzada
- Menor deslumbramiento, lo cual permite instalar lámparas de mayor potencia luminosa por punto de luz.
- Mayor separación entre puntos de luz con la consiguiente reducción del número de unidades luminosas y del costo total de la instalación. [6]

Inconvenientes:

- El mantenimiento de la instalación se torna más difícil y se incrementa los costos.
- El factor de utilización disminuye, debido a que gran parte del flujo luminoso emitido incide fuera de la zona que se pretende iluminar. [6]

La calidad de la iluminación de una vía se puede identificar como un correcto reparto de la luminancia sobre la calzada y ausencias de causas de deslumbramiento.

3.3.6 RELACIÓN ENTRE SEPARACIÓN Y ALTURA DE LOS PUNTOS DE LUZ

Esta relación afecta directamente a la uniformidad de la iluminación que se consigue sobre la calzada, a los valores absolutos de las luminancias y a las características fotométricas de la luminaria.

A medida que esta relación disminuye, la uniformidad de la iluminación es más elevada y mejor el reparto de luminancias, consiguiéndose una mayor comodidad visual para los usuarios de la calzada, esto causa un inconveniente ya que la instalación tendría un costo mayor, ya que es necesario distanciar menos las unidades luminosas o situar los puntos de luz a una mayor altura. De aquí que esta relación debe ser un compromiso entre las necesidades cualitativas de la iluminación y las posibilidades económicas por satisfacerlas. [6]

3.3.7 CONFIGURACIONES DE LOS PUNTOS DE LUZ

La disposición de los puntos de luz en una vía pública se puede realizar de las siguientes formas:

➤ DISPOSICIÓN UNILATERAL

Es una disposición donde todas las luminarias se instalan a un solo lado de la vía. Se debe utilizar la luminaria más apropiada que cumpla con los requisitos fotométricos exigidos para las alturas de montaje, interdistancia y menor potencia eléctrica requerida. [13]

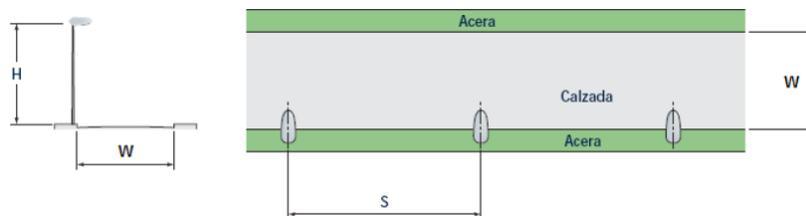


Figura 3.6: Disposición Unilateral.
Fuente: RTE INEN 069

➤ DISPOSICIÓN CENTRAL DOBLE

Donde los carriles de circulación en una dirección y otra se encuentran separados por un pequeño parterre que no debe ser menor de 1,5 m de ancho y no mayor a 4m de ancho. [14]

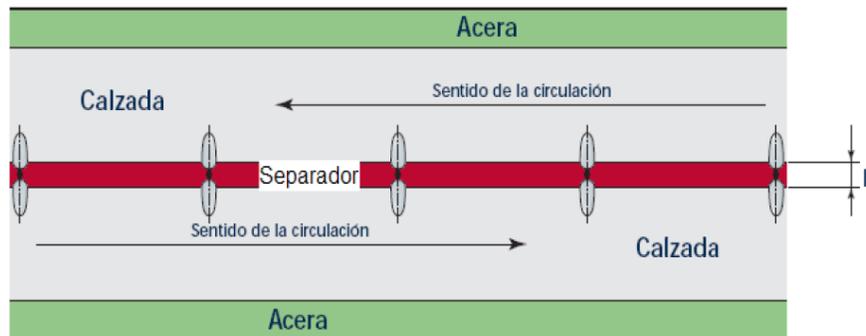


Figura 3.7: Disposición Central Doble.
Fuente: RETILAP

➤ BILATERAL ALTERNADA O TRESBOLILLO

Cuando la vía presenta un ancho W superior a la altura de montaje H de las luminarias ($1.0 < (W/H) < 1,50$), se recomienda utilizar luminarias clasificadas como Tipo II de la IESNA o de dispersión media en el modelo de la CIE.

Cabe recalcar que con lo dicho anteriormente no se obliga al diseñador a utilizar luminarias Tipo II de manera exclusiva, pues la presente norma es del tipo de resultados y no de materiales a utilizar en un diseño. [13]

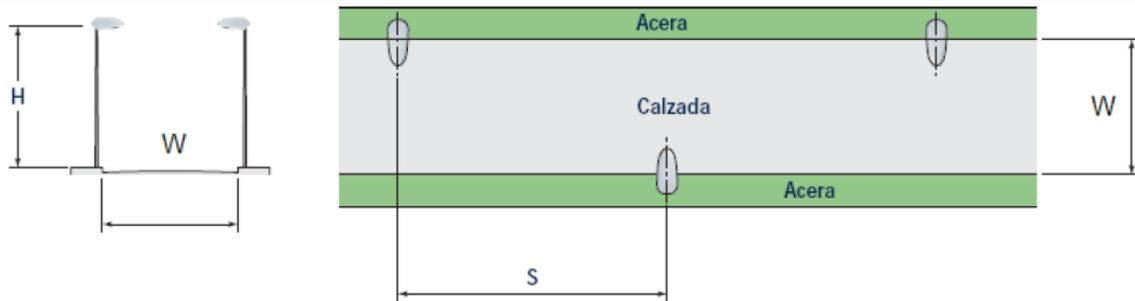


Figura 3.8: Disposición Bilateral Alternada.

Fuente: RETILAP

➤ BILATERAL OPUESTA CON PARTERRE

Cuando la vía presenta un ancho W muy superior a la altura de montaje H de las luminarias ($1,25 < (W/H) < 1,75$). En este caso, la iluminación consta de dos filas de luminarias: una a cada lado de la vía y cada luminaria se encuentra enfrentada con su correspondiente del lado contrario. [13]

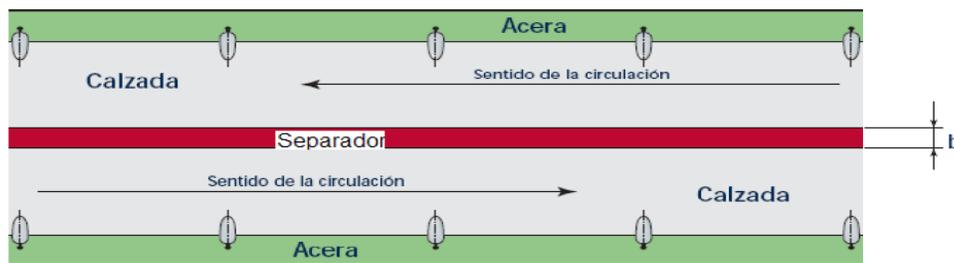


Figura 3.9: Disposición Bilateral Opuesta con Parterre.

Fuente: RETILAP

En algunos lugares también se presenta la disposición bilateral opuesta sin parterre.

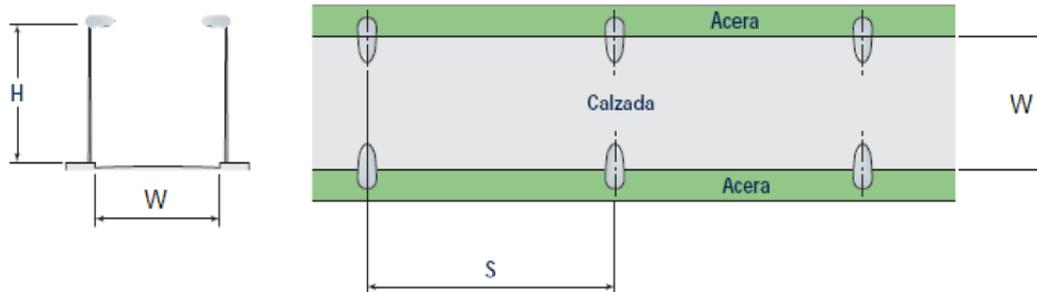


Figura 3.10: Disposición Bilateral Opuesta sin Parterre.

Fuente: RETILAP

3.3.8 FACTOR DE UTILIZACION

El factor de utilización de una luminaria se puede definir como la relación entre el flujo luminoso que llega a la superficie, y el nominal emitido por la lámpara instalada. Este factor se obtiene de las curvas de utilización de la luminaria facilitadas por el fabricante.

$$f_u = \frac{\phi_{\text{superficie}}}{\phi_{\text{lámpara}}} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

3.3.9 FACTOR DE MANTENIMIENTO

En el alumbrado público debe tenerse en cuenta al realizar los cálculos de la depreciación luminosa, a causa del envejecimiento de la lámpara y de la luminaria, por una parte, la pérdida de luz, por la suciedad que se va depositando sobre ambos elementos.

El factor de mantenimiento puede considerarse como el producto de tres componentes:

$$FM = FE * DLB * Fb \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Dónde:

- FM: Factor de Mantenimiento.
- FE: Depreciación de la luminaria por suciedad.
- DLB: Depreciación por disminución de flujo luminoso de la bombilla.
- Fb: Factor de balasto. [19]

Con el fin de agilizar el proceso del cálculo, la CIE (Comisión Internacional de Iluminación, dicho en español) determina el factor de mantenimiento en función del tipo de luminaria instalada, la frecuencia de mantenimiento y el grado de contaminación ambiental en el que será sometido el sistema. [19]

Frecuencia de limpieza.(años)	1				2			
	P	C	N	D	P	C	N	D
Condiciones ambientales.								
Luminarias abiertas.	0,96	0,93	0,89	0,83	0,93	0,89	0,84	0,78
Reflector parte superior abierta.	0,96	0,90	0,86	0,83	0,89	0,84	0,80	0,75
Reflector parte superior cerrada.	0,94	0,89	0,81	0,72	0,88	0,80	0,69	0,59
Reflectors cerrados.	0,94	0,88	0,82	0,77	0,89	0,83	0,77	0,71
Luminarias a prueba de polvo.	0,98	0,94	0,90	0,86	0,95	0,91	0,86	0,81
Luminarias con emision indirecta.	0,91	0,86	0,81	0,74	0,86	0,77	0,66	0,57

Figura 3.11: Factor de mantenimiento.

Fuente: CIE

De donde:

- **P** = Puro (Pure)
- **C** = Limpio (Clean)
- **N** = Normal
- **D** = Sucio (Dirty)



3.4 ANALISIS DEL SISTEMA ACTUAL

El Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca está delimitado por las siguientes calles: Rafael María Arísaga, Benigno Malo, Antonio Vega Muñoz, Estévez de Toral, Gaspar Sangurina, Coronel Guillermo Talbot, Gran Colombia, Baltazara de Calderón, Coronel Guillermo Talbot, Presidente Córdova, Bajada del Vado Tarqui, Calle Larga y Huayna Capac. El mismo que consta de 147 manzanas cuyas calles se encuentran implementadas con 1252 luminarias de vapor de sodio de alta presión siendo más del 90% lámparas de 250 W de doble nivel de potencia.

Para determinar la calidad del servicio se realizará simulaciones en programas especializados en base a planos constructivos; además se realizará verificaciones en campo.

Las simulaciones se realizaran a varios sectores de vías iluminadas, de acuerdo a una muestra representativa que se determinará previamente.

3.4.1 CÁLCULO DE LA MUESTRA

“Muestra es el número de elementos, elegidos o no al azar, tomado de un universo cuyos resultados deberán extrapolarse al mismo, con la condición de que sean representativos de la población”. [16]

“Aunque existen numerosas técnicas muestrales, sólo las muestras aleatorias o probabilísticas son adecuadas para hacer generalizaciones de una muestra a un universo. Extraemos una muestra aleatoria, de modo que todos los miembros del universo tengan las mismas probabilidades de ser incluidos en ella”. [16]

El tamaño de la muestra de un universo finito menor a 100.000 elementos en el cual conocemos el tamaño total del universo, viene dada por la siguiente formula:



$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{E^2 (N - 1) + Z^2 * P * Q} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

De donde:

- Z = Distribución normal (tabla Z).
- P = Variabilidad positiva.
- Q = Variabilidad negativa.
- N = Tamaño del universo.
- E = Error muestral.

3.4.1.1 CLASE DE MUESTREO.

La clase de muestreo a usar es el **muestreo aleatorio simple**, este determina la forma como se va a escoger cada elemento del universo una vez obtenido el tamaño de la muestra, consiste en obtener las “n” muestras del universo “N” de tal forma que cada elemento tenga la misma probabilidad de ser escogido. [17]

3.4.1.2 TAMAÑO DEL UNIVERSO (N)

Al decir tamaño del universo nos referimos a la cantidad total de elementos que conforman la variable a ser investigada. [17]

- El centro Histórico de la ciudad de Cuenca a estudio cuenta con 147 manzanas de las cuales se obtiene 304 segmentos de calle comúnmente llamadas cuadras, las mismas que se encuentra iluminadas con 1252 luminarias de Sodio.

Para el análisis se ha escogido como universo el número de cuadras del Centro Histórico de Cuenca.

$$\mathbf{N = 304}$$

3.4.1.3 CONSTANTE DE NIVEL DE CONFIANZA (Z)

El nivel de confianza es el porcentaje de seguridad que existe para generalizar los resultados obtenidos. Por lo cual si el nivel de confianza es del 100% quiere decir que no hay duda para generalizar tales resultados, pero esto implica estudiar a todo el universo. [16]

De esta manera al plantearse un nivel de confianza adecuado logramos reducir costos, tiempo y nos permite analizar universos imposibles de llegar a cada uno de sus elementos.

Los valores de Z en función del nivel de confianza, tomados de la tabla de distribución normal estándar (tabla Z); se muestra a continuación:

Tabla de distribución normal estándar (Z)							
Z	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
%	75	80	85	90	95	95.5	99

Tabla 3.1: Constante de confianza Z.

Fuente: Estadística, segunda edición. Murray R. Spiegel.

- Se ha planteado un nivel de confianza del 90% siendo este el porcentaje recomendable en un estudio.

Según la tabla obtenemos una constante Z.

$$Z = 1.65$$

3.4.1.4 ERROR MUESTRAL (E)

Este determina el riesgo de considerar una hipótesis verdadera, siendo esta falsa, o su inversa. Para reducir el error al 0% es necesario estudiar a todo el universo,



de esta manera al igual que el nivel de confianza es necesario correr un riesgo de error. [18]

El rango de error comúnmente usado varía entre el 4 y 6%. [18]

- Por razones de tiempo en recolección y procesamiento de datos se ha tomado un error del 9%, valor no lejano de los márgenes usualmente utilizados.

$$E = 0.09$$

3.4.1.5 VARIABILIDAD POSITIVA (P)

“La variabilidad es la probabilidad (o porcentaje) con el que se aceptó la hipótesis que se quiere investigar en algún estudio anterior o en un ensayo previo a la investigación actual”. [18]

“Cuando el valor de P es desconocido o cuando la encuesta abarque diferentes aspectos en los que estos valores pueden ser desiguales, es conveniente tomar el caso más adecuado, es decir, aquel que necesite el máximo tamaño de la muestra, lo cual ocurre para $P = Q = 0.5$ (50 %)”. [16]

Con el fin de minimizar el número de muestras se realizó un previo análisis del sistema actual, determinando así la variabilidad positiva mayor al 50%, de esta forma se analizó 7 factores que intervienen directamente en el objeto a estudio.

Estos son: Tipo de luminaria, Altura de instalación, Grado de Inclinación, Ancho de la acera, Ancho de la calzada, Factor de mantenimiento y distancia entre luminarias.



Análisis de Uniformidad

Con un universo de 1252 luminarias, se tomó una muestra representativa de 170 luminarias tomadas aleatoriamente, de las cuales se recolectaron los siguientes datos:

1. **Luminaria:** Sodio Alta presión de 250 W para todas la luminarias.
2. **Altura:** 8m para todas las luminarias.
3. **Inclinación:** 10° para todas las luminarias.
4. **Acera:** Promedio 1,98 m, Mínimo 1,27 m, porcentaje de uniformidad 0,64 %.
5. **Calzada:** Promedio 7,38 m, Mínimo 5,50 m, porcentaje de uniformidad 0,75 %.
6. **Factor de mantenimiento:** No existe un ciclo de mantenimiento preventivo por lo que se considera uniformidad en todo el sector.
7. **Distancia entre luminarias:** Promedio 28,76 m, Mínimo 10,15 m, porcentaje de uniformidad 0.35 %.

Con estos resultados se ha obtenido una suma de 5.74, siendo 7 el 100%; obtenemos la uniformidad de 82%. Para dar mayor exactitud a los resultados tomamos el 80%.

$$P = 0.8$$

3.4.1.6 VARIABILIDAD NEGATIVA (Q)

Probabilidad con la que se rechazó la hipótesis, Esta viene dada por la siguiente ecuación.

$$Q = 1 - P \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Por lo que obtenemos: **Q = 0.02**

3.4.1.7 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Con los datos de N, Z, P, Q y con un error que varía desde el 6 al 10% obtenemos la siguiente tabla:

DATOS:	N	Z	E	P	Q	n
1	304	1,65	0,06	0,8	0,2	87
2	304	1,65	0,07	0,8	0,2	69
3	304	1,65	0,08	0,8	0,2	56
4	304	1,65	0,09	0,8	0,2	46
5	304	1,65	0,1	0,8	0,2	38

Tabla 3.2: Tamaño de la Muestra.
Fuente: Autores.

3.4.2 FACTOR DE MANTENIMIENTO

Para el factor de mantenimiento se ha considerado el factor que se estableció en el diseño inicial del sistema que se encuentra actualmente, el cual corresponde a un ciclo de limpieza de 2 años, el mismo que es de 0,9.

3.4.3 SIMULACION DEL SISTEMA ACTUAL

Una vez obtenido el cálculo del tamaño de muestra en la cual consta de 46 cuadras, se procederá al análisis del sistema con luminarias de vapor de sodio, usando programas especializados para el cálculo lumínico, como es el caso de Ulysse; que es un software especializado en proyectos de iluminación profesionales.

Para esto se realizó el muestreo a cada una de las cuadras escogidas aleatoriamente, determinando así cada uno de los parámetros necesarios para la simulación, cuyos resultados se muestra detalladamente en el Anexo 1 y 2.

De esta manera el sistema de alumbrado público del centro histórico de la ciudad de Cuenca converge en el siguiente promedio de resultados:

➤ Calles Principales.

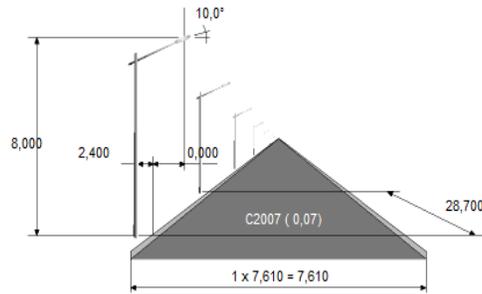


Figura 3.12: Esquema de calles principales.
Fuente: Autores.

Luminarias de Vapor de sodio (promedio)								
Calles Principales								
H[m]	d[m]	Acera[m]	Calzada[m]	Lmed [cd/m ²]	Uo [%]	Emed [lux]	Ti [%]	UI 1 [%]
8,00	28,70	2,40	7,61	3,20	54,00	45,70	10,00	70,40

Tabla 3.3: Promedio Calles Principales.
Fuente: Autores.

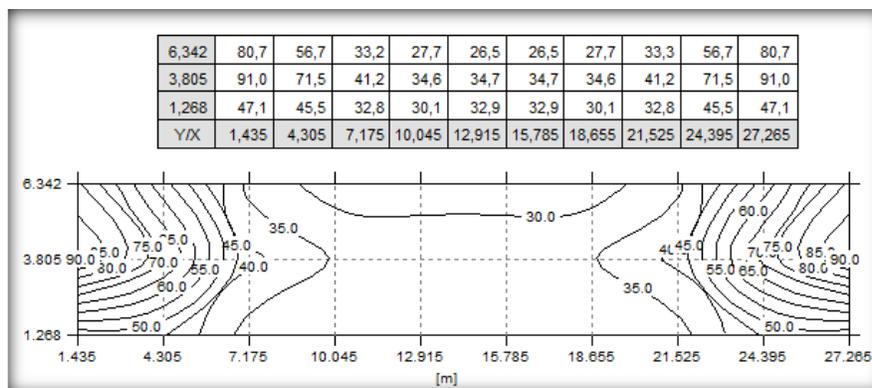


Figura 3.13: Malla de Iluminancia en calles principales (Lux).
Fuente: Autores.

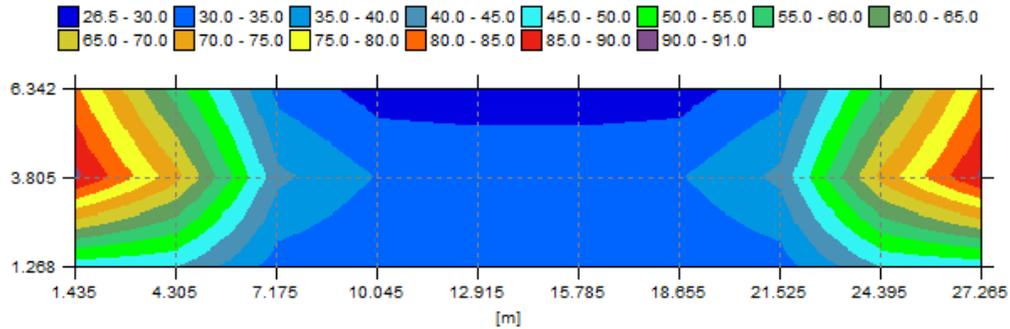


Figura 3.14: Iluminancia en calles principales (Lux).
Fuente: Autores.

➤ Calles Transversales.

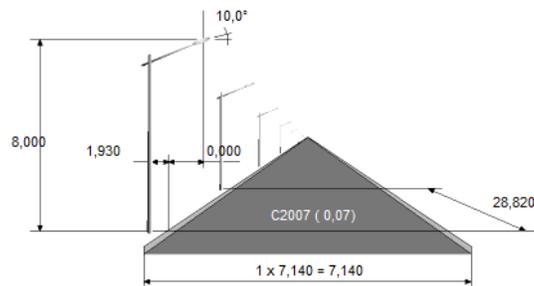


Figura 3.15: Esquema de calles transversales (Lux).
Fuente: Autores.

Luminarias de Vapor de sodio (promedio)								
Calles Transversales								
H[m]	d[m]	Acera[m]	Calzada[m]	Lmed [cd/m ²]	Uo [%]	Emed [lux]	Ti [%]	UI 1 [%]
8,00	28,82	1,93	7,14	3,27	56,70	46,50	10,40	70,40

Tabla 3.4: Promedio Calles Transversales.
Fuente: Autores.

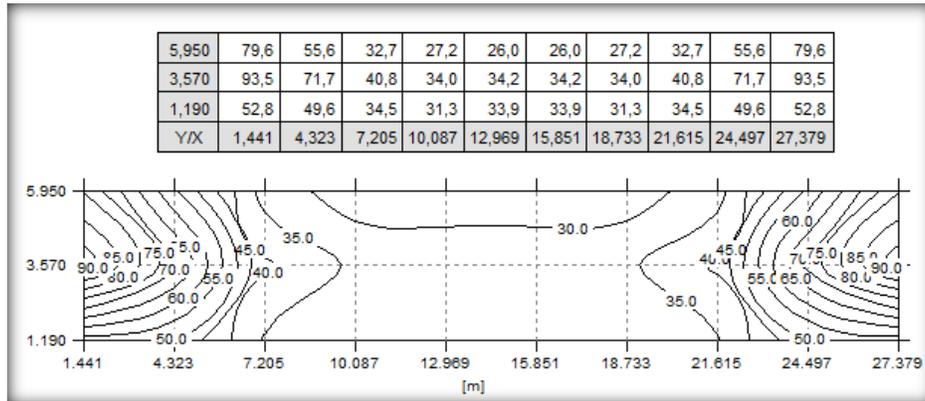


Figura 3.16: Malla de Iluminancia en calles transversales (Lux).
Fuente: Autores.

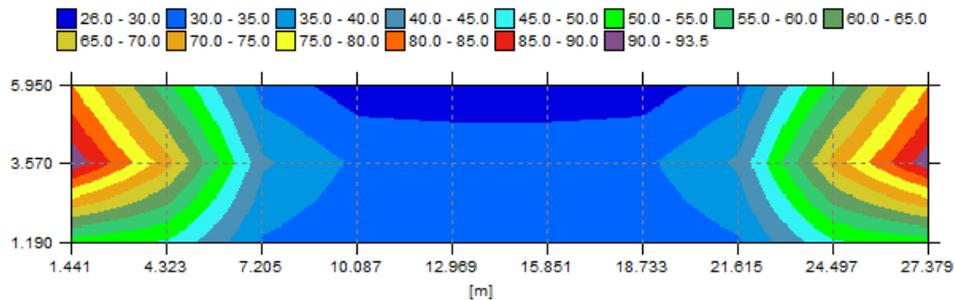


Figura 3.17: Iluminancia en calles transversales (Lux).
Fuente: Autores.

Los porcentajes mínimos de las vías principales, se presentó en la calle Antonio José de Sucre entre Tarqui y Juan Montalvo (postes 46, 47 según el Anexo 1).

De esta manera se muestran los resultados, determinando así niveles de uniformidad longitudinal levemente debajo del mínimo requerido para una vía tipo M3 (Anexo 3), establecida para las vías del centro histórico mediante la regulación No. CONELEC 008/11

Luminarias de Vapor de sodio (min)								
Calles Principales								
H[m]	d[m]	Acera[m]	Calzada[m]	Lmed [cd/m ²]	Uo [%]	Emed [lux]	Ti [%]	UI 1 [%]
8,00	48,80	1,70	6,00	2,07	44,30	28,50	15,50	32,60

Tabla 3.5: Mínimo Calles Principales.
Fuente: Autores.

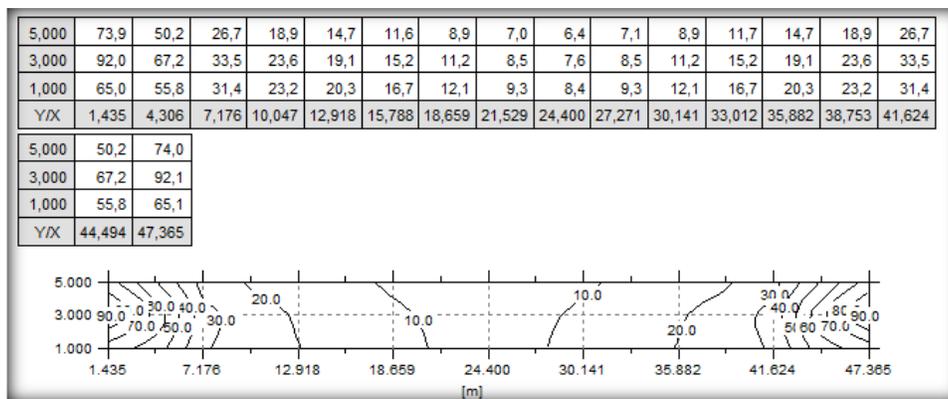


Figura 3.18: Malla de Iluminancia mínima en calles principales (Lux).
Fuente: Autores.

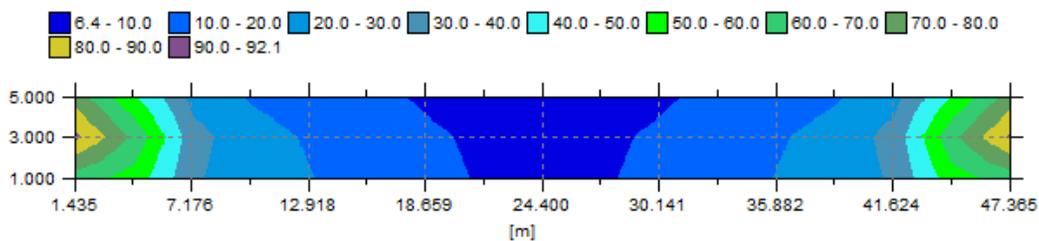


Figura 3.19: Iluminancia mínima en calles principales (Lux).
Fuente: Autores.

En las vías Transversales, de igual forma se presentó los porcentajes mínimos en la calle Manuel Vega entre Mariscal Lamar y Gran Colombia (postes 163, 164 según el Anexo 2).

Luminarias de Vapor de sodio (min)								
Calles Transversales								
H[m]	d[m]	Acera[m]	Calzada[m]	Lmed [cd/m ²]	Uo [%]	Emed [lux]	Ti [%]	UI 1 [%]
8,00	50,00	1,50	9,00	1,71	37,70	24,40	12,70	34,50

Tabla 3.6: Mínimo Calles Transversales.
Fuente: Autores.

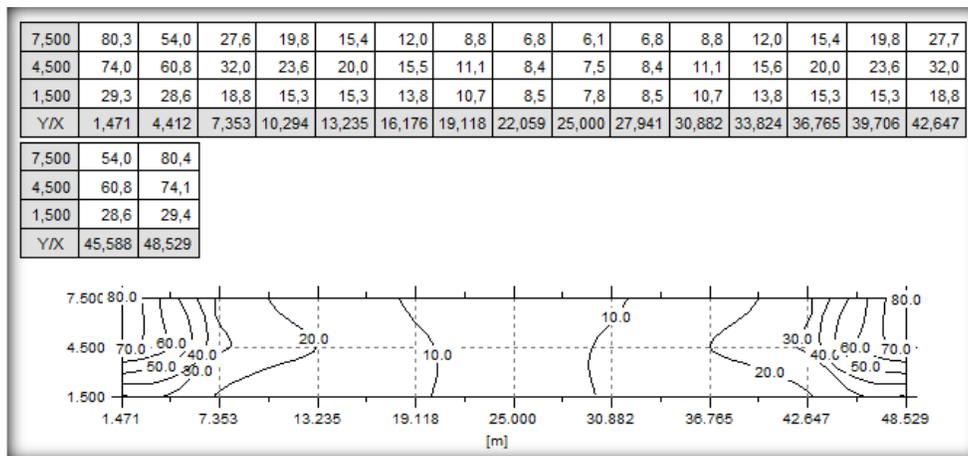


Figura 3.20: Malla de Iluminancia mínima en calles Transversales (Lux).
Fuente: Autores.

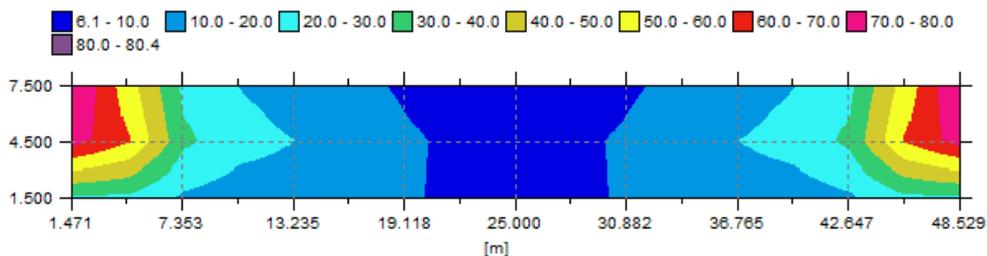


Figura 3.21: Iluminancia mínima en calles transversales (Lux).
Fuente: Autores.

En promedio, tanto las calles principales como las trasversales cumplen con las normas establecidas para las vías de tipo M3 ($L_{med} = 1,00 \text{ cd/m}^2$; $U_o \geq 0,4$; $UI \geq 0,6$; $TI \leq 15\%$). A diferencia de las calles que presentan los valores mínimos

(Anexo 1 y 2) que se encuentran levemente bajo el porcentaje de uniformidad establecido por la norma.

3.4.4 CONSUMO ENERGETICO DEL SISTEMA ACTUAL

El consumo energético de una luminaria de vapor de sodio depende de la potencia de la bombilla instalada y los equipos auxiliares que requiere para el funcionamiento de la misma, tales como el balastro y temporizador en el caso de luminarias de doble nivel de potencia.

Según la Regulación No. CONELEC 005/14, la potencia total consumida por una luminaria en función de la lámpara instalada está determinada por la siguiente tabla:

Potencia (W)	Potencia máxima en auxiliares (%)
$P \leq 70$	16
$70 < P \leq 100$	15
$100 < P \leq 150$	13
$P > 150$	12

Tabla 3.7: Potencia total consumida de una luminaria de vapor de sodio alta presión.
Fuente: Regulación No. CONELEC 005/14.

En la siguiente tabla se ilustra la demanda energética de sistema de iluminación actual.

Luminarias de Sodio de Alta Presión							
Tipo de Luminaria	Tensión	Potencia (w)	Número de luminarias	Consumo unitario KWH/día	Total KWH día	Total KWH Mensual	Total KWH Anual
Sodio doble nivel de potencia	240 V	150	10	1,5933	15,933	477,99	5815,545
		250	1130	2,632	2974,16	89224,8	1085568,4
Sodio de potencia constante		100	30	1,38	41,4	1242	15111
		150	45	2,034	91,53	2745,9	33408,45
		250	37	3,36	124,32	3729,6	45376,8
TOTALES					3247,343	97420,29	1185280,2

Tabla 3.8: Demanda energética del sistema actual.
Fuente: Autores.

3.4.5 ANALISIS DE MUESTRAS DE CAMPO

A continuación se muestra los valores obtenidos mediante un luxómetro de en una calle tomada al azar para confirmar los resultados de la simulación:

Muestras (lux)			
Gran Colombia	Hermano Miguel y Antonio Borrero	Nº postes	Emed [lux]
		31 - 32	21,00
32 - 33	22,50		
33 - 34	18,50		
Prom.		20,66666667	

Tabla 3.9: Consumo energético con Luminarias led.
Fuente: Autores.

Cabe mencionar que el luxómetro utilizado no está debidamente calibrado, por lo cual las medidas acarrear errores.

Según los resultados obtenidos podemos determinar que los valores calculados mediante un software de simulación, así como los obtenidos mediante una prueba de campo, difieren debido a la omisión del ciclo de mantenimiento establecido por el diseño inicial.

Promedios	
Calculado	Muestra
<i>Emed [lux]</i>	<i>Emed [lux]</i>
45,30	20,67

Tabla 3.10: Comparación de resultados de simulación y pruebas de campo.
Fuente: Autores.

3.5 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE ILUMINACION LED

Para la implementación del nuevo sistema de alumbrado público con tecnología led, se realizó un diseño acorde a los parámetros de iluminación establecidos para una calle tipo M3 que presenta el sistema actual.

De esta manera se plantea la sustitución directa de luminarias de sodio por led, razones por las cuales; parte de la iluminación del sector San Blas, se encuentra instalada en los postes de las redes aéreas de distribución, sin contar con circuitos expresos para alumbrado público.

Al igual que el análisis del sistema actual; se determinó los resultados de iluminación en base a los valores promedios de las calles principales obtenidos del proceso de muestreo.

3.5.1 SIMULACION DEL NUEVO SISTEMA

El proceso de simulación se efectuó en el programa de diseño lumínico Dialux, software que cuenta con una extensa base de datos actualizada de luminarias con tecnología led existentes en el mercado.

Se utilizó una luminaria existente del mercado, la misma que fue elegida por sus mejores características lumínicas con respecto a otras y por razones comerciales la nombraremos Luminaria tipo Led.

Los resultados obtenidos de la simulación con el promedio se muestran a continuación:

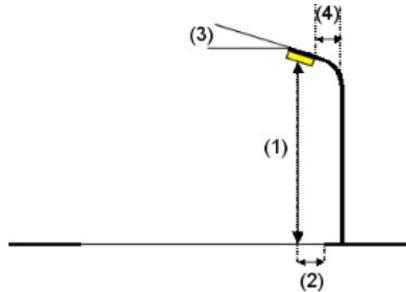


Figura 3.22: Esquema de Luminaria.
Fuente: Autores.

- Luminaria: Tipo LED.
- Flujo luminoso (Luminaria): 14396 lm
- Flujo luminoso (Lámparas): 17625 lm
- Potencia de las luminarias: 153.0 W
- Organización: unilateral abajo
- Distancia entre mástiles: 28.700 m
- Altura de montaje (1): 8.000 m
- Altura del punto de luz: 8.100 m
- Saliente sobre la calzada (2): -0.650 m
- Inclinación del brazo (3): 10.0 °
- Longitud del brazo (4): 2.400 m

Luminarias LED (promedio)								
Calles Principales								
H[m]	d[m]	Acera[m]	Calzada[m]	Lmed [cd/m ²]	Uo [%]	Emed [lux]	Ti [%]	UI 1 [%]
8,00	28,70	2,40	7,61	1,31	0,57	19,00	12,00	82

Tabla 3.11: Calles principales con Luminarias led.
Fuente: Autores.

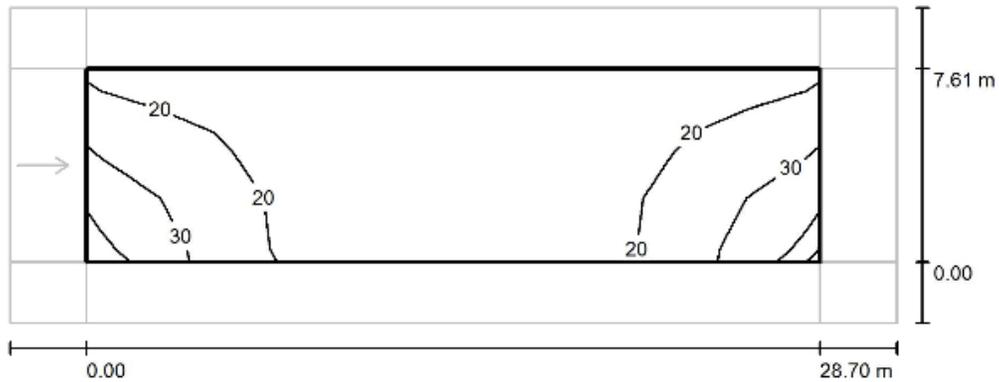


Figura 3.23: Malla de Iluminancia con luminarias led (Lux).
Fuente: Autores.

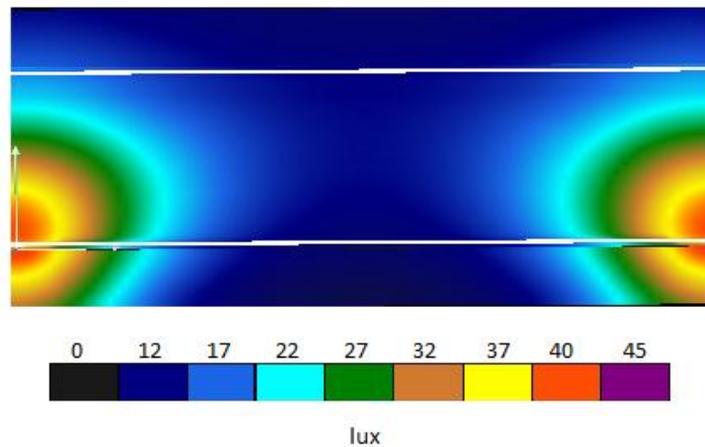


Figura 3.24: Iluminancia con luminarias led (Lux).
Fuente: Autores.

Aunque la nueva disposición de luminarias, cumple con los requerimientos mínimos para una vía tipo M3, esta presenta valores de iluminación por debajo del sistema actual.

3.5.2 CONSUMO ENERGETICO DEL NUEVO SISTEMA

El número de luminarias led de 153 W que deberían ser instaladas en el centro histórico de la ciudad es igual a 1252, puesto que se plantea una sustitución directa de Luminarias Sodio por led.

De esta manera, con un 10% de potencia para los equipos auxiliares podemos determinar el consumo energético del nuevo sistema.

Luminarias Led							
Tipo de Luminaria	Tensión	Potencia (w)	Número de luminarias	Consumo unitario KWH	Total KWH	Total KWH Mensual	Total KWH Anual
Led	240 V	153	1252	2,0196	2528,5392	75856,176	922916,808
TOTALES					2528,5392	75856,176	922916,808

Tabla 3.12: Consumo energético con Luminarias led.
Fuente: Autores.

3.5.3 ANALISIS DE COSTO-EFICIENCIA

Para el análisis utilizaremos un enfoque de mínimo costo del proyecto, ya que no se trata de generar utilidades, más bien el obtener un ahorro en la relación de consumo energético y costos de inversión en cada uno de los sistemas.

3.5.3.1 VALOR ACTUAL DE COSTO

Para la valoración de costos, tomaremos en cuenta el valor del dinero en el tiempo, por lo que consideraremos el concepto de valor actual de costos (VAC) del proyecto, lo que nos daría una certeza de viabilidad o rechazo de un proyecto de inversión como el que estamos planteando.



La fórmula del VAC es:

$$VAC = INVERSION + \sum_{n=1}^t \frac{COSTOS}{(1+i)^n}$$

Ec (3.5)

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/tesis.pdf>.

De donde:

- VAC: Valor actual de costos.
- INVERSIÓN: Valor total del proyecto.
- COSTOS: Flujo de costos que se genera durante la vida útil del proyecto
- i: tasa de descuento.
- n: número de periodo (tiempo).

Los datos necesarios se obtuvieron de la siguiente manera:

INVERSIÓN

El valor total del presupuesto de luminarias tipo sodio y led ascienden a 1.526.141,93 y 2.144.501,72 dólares Americanos respectivamente; los mismos que se obtuvieron mediante consulta a ingenieros contratistas y proveedores.

Ver Anexos 4 y 5.

FLUJO DE COSTOS

Para determinar el flujo de costos, el consumo energético generado por cada uno de los sistemas de iluminación que se muestran en las tablas 3.8 para sodio y 3.12 para led, se multiplica por el costo del kWh para alumbrado público que a enero de 2015 es de USDc. 5.6587 para la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur (Anexo 6).

Costos de Consumo Energético			
Sodio		Led	
Total kWh Anual	Total \$ anual	Total kWh Anual	Total \$ anual
1185280,2	67071,45	922916,80	52225,093

Tabla 3.13: Costo de consumo energético.
Fuente: Autores.

No se genera costos por mantenimiento preventivo puesto que no existe un ciclo de mantenimiento establecido.

TASA DE DESCUENTO

La tasa de descuento corresponde al costo de oportunidad de una inversión a través del tiempo, ya que el valor del dinero no es el mismo al inicio de un periodo que al final. La tasa utilizada es la referencial del Banco Central para operaciones empresariales a 15 de marzo de 2015, ésta es del 9.43% anual.

NÚMERO DE PERIODOS

Es el tiempo que dura el proyecto el cual está delimitado por el promedio de vida útil de las luminarias led, es decir 14 años. [6]

Para comparar los valores del VAC de los dos tipos de luminarias se tuvo que tomar como base los años de vida útil de las luminarias tipo LED y sodio, estas últimas ajustadas al final con su reposición a los ocho años de vida útil promedio.

COSTO DE MANTENIMIENTO

Para el cálculo de los costos por mantenimiento se estableció un ciclo de mantenimiento de tres años, valores máximos establecidos por el software de simulación; de esta manera se recolecto información del departamento de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Regional Centrosur.

El costo de un grupo o cuadrilla (3 personas) es de USD. 65 por hora. La cantidad de luminarias reparadas promedio es de: 30 luminarias por día de trabajo (8 horas). Es decir 3.75 luminarias y un costo de USD. 65 por hora.

Para el costo de las luminarias led se establece el 1% del consumo total del nuevo sistema. [6]

Costos de mantenimiento USD.	
Sodio	Led
65103,99	522,25

Tabla 3.14: Costo de mantenimiento.
Fuente: Autores.

3.5.3.2 COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)

Cuando estamos frente a dos proyectos que tienen diferente vida útil pero mantienen el mismo beneficio, podemos determinar el costo anual equivalente utilizando la siguiente fórmula.

$$CAE = VAC * \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Ec (3.6)

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/tesis.pdf>

Donde:

- CAE: Costo anual equivalente
- VAC: Valor actual de costos
- I: Tasa de descuento
- N: Número de periodos

El proyecto de inversión más conveniente es el que presente el menor costo anual equivalente

3.5.3.3 RESULTADO DE COSTOS

De los cálculos realizados se obtuvieron los siguientes resultados

Tiempo	Luminarias	Inversión	Costos	Costo Total	VAC	CAE
14,00	Sodio	1.526.141,93	1.004.104,29	2.530.246,22	1.648.565,96	216.879,70
14,00	Led	2.144.501,72	731.151,31	2.875.653,03	2.541.627,81	334.367,86

Tabla 3.15: VAC y CAE.

Fuente: Autores.

Los cálculos se muestran en los Anexos 7 y 8.

Por los resultados obtenidos del análisis, podemos observar que las lámparas de sodio generan al presente un menor costo que asciende a USD 1.648.565,96; que las luminarias LED cuyo VAC es de USD 2.541.627,81.

También podemos decir que el Costo Anual Equivalente en las lámparas sodio y led que son de USD 216.879,70 y USD 334.367,86 respectivamente.

Por lo que podemos concluir que la alternativa más favorable que reduce los costos es la utilización de lámparas de sodio para el alumbrado público.

3.6 COMPARACION DE LOS DOS SISTEMAS

Para establecer las diferencias entre los dos sistemas, se determinan parámetros de comparación ya sea constructivos y efectos que pueden causar en la red y en el medio ambiente.

3.6.1 TIPO DE LUMINARIA

Las luminarias instaladas en el sistema de iluminación que tienen el centro histórico de la ciudad de Cuenca son:

- ONYX (Schreder) 250 W, doble nivel de potencia.

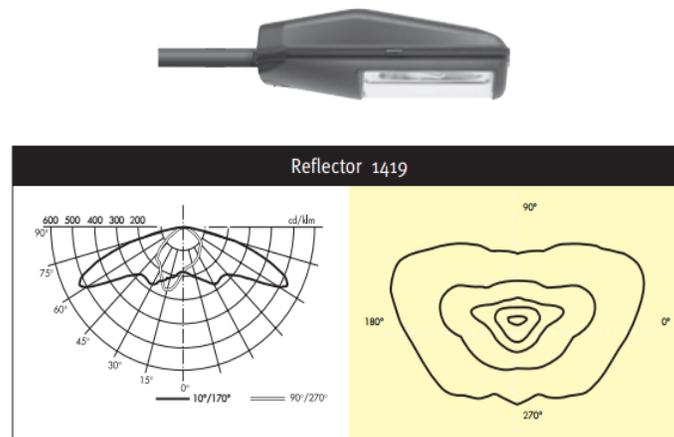


Figura 3.25: Distribución fotométrica ONXY.
Fuente: Catálogos.

- INTI (General Public Lighting) 250 W, doble nivel de potencia.

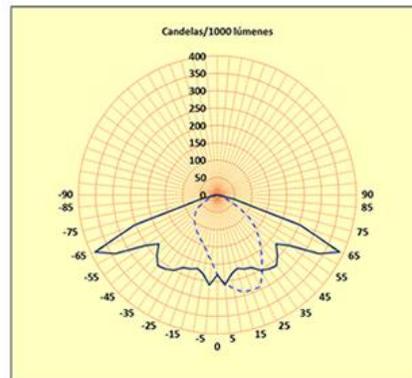


Figura 3.26: Distribución fotométrica INTI.
Fuente: Catálogos.

Luminaria implementada en el nuevo sistema: Tipo Led 153 W.

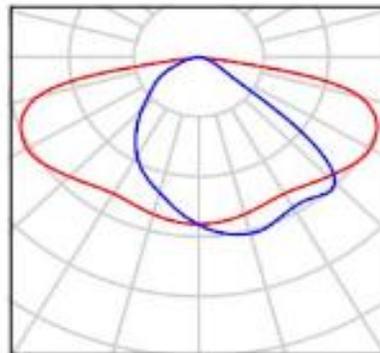


Figura 3.27: Distribución fotométrica Luminaria LED.
Fuente: Catálogos.

3.6.2 CONSUMO ENERGETICO DE EQUIPOS AUXILIARES

El consumo energético de equipos exiliares de cada uno de los sistemas se establecen en las siguientes tablas:

Consumo Energético de Equipos Auxiliares Luminarias de Sodio de Alta Presión							
Tipo de Luminaria	Tensión	Potencia (w)	Numero de Luminarias	Perdidas unitario KWH/día	Total KWH diario	Total KWH anual	Consumo Anual (\$)
Sodio doble nivel de potencia	240 V	150	10	0,234	2,34	842,4	47,67
		250	1130	0,36	406,8	146448	8287,05
Sodio de potencia constante		100	30	0,18	5,4	1944	110,01
		150	45	0,234	10,53	3790,8	214,51
		250	37	0,36	13,32	4795,2	271,35
Total:							8930,58

Tabla 3.16: Consumo Energético de Equipos Auxiliares Luminarias de Sodio.
Fuente: Autores.

Consumo Energético de Equipos Auxiliares Luminarias Led							
Tipo de Luminaria	Tensión	Potencia (w)	Numero de Luminarias	Perdidas unitario KWH/día	Total KWH diario	Total KWH anual	Consumo Anual (\$)
Led	240 V	153	1252	0,1836	229,8672	82752,192	4682,70
Total:							4682,69

Tabla 3.17: Consumo Energético de Equipos Auxiliares Luminarias LED.
Fuente: Autores.

La diferencia entre consumos energéticos es de USD. 4247,89; favoreciendo a la tecnología led.

3.6.3 FLUJO LUMINOSO

En la siguiente tabla comparativa se muestra el flujo luminoso de los tres tipos de luminarias a estudio.

Luminaria	Sodio (lux)	Led (lux)
Flujo Luminoso (ϕ)	28000	14396

Tabla 3.18: Flujos Luminosos.
Fuente: Catálogo.

3.6.4 FACTOR DE POTENCIA

Relación entre potencia activa y la aparente.

	Factor de Potencia (capacitivo)
Sodio AP	0,92
LED	0,98

Tabla 3.19: Factor de potencia.
Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/tesis.pdf>.

3.6.5 VIDA ÚTIL DE LAS LAMPARAS

La vida útil de las lámparas viene establecida en horas de uso, las mismas que se muestran en la siguiente tabla.

	Vida Útil (h)
Sodio AP	10000 - 28000
LED	>50000

Tabla 3.20: Vida Útil.
Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/tesis.pdf>

3.6.6 TIEMPOS DE ENCENDIDO

Establece los tiempos que una luminaria alcanza su nivel normal de iluminación.

	Tiempo de encendido (min)
Sodio AP	5 - 10
LED	0

Tabla 3.21: Tiempo de encendido.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/tesis.pdf>.

3.6.7 TEMPERATURA DEL COLOR E INDICE DE RENDIMIENTO DEL COLOR (CRI)

- **Temperatura de color.**

Es la dominancia que presenta alguno de los colores del espectro lumínico sobre los demás, de esta manera altera el color blanco el cual tiende hacia el rojo cuando esta es baja y hacia el azul cuando esta es alta.

	Temperatura del color (K°)
Sodio AP	2000 - 3500
LED	3000 - 6000

Tabla 3.22: Temperatura del color.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/tesis.pdf>.

- **CRI**

Determina el color de un objeto que una fuente de luz refleja ante el ojo humano, es decir cómo se percibe las variaciones sutiles de color. Mientras mayor es el CRI, mejor es su capacidad de rendimiento de color.

	Índice de rendimiento de color (%)
Sodio AP	< 50
LED	65 - 90

Tabla 3.23: Índice de rendimiento color.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/tesis.pdf>.

3.6.8 EFICACIA LUMINOSA

Es la relación del flujo luminoso de la lámpara por la potencia que consume la misma.

	Eficacia (lm/W)
Sodio AP	80 - 130
LED	> 60

Tabla 3.24: Eficacia.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/tesis.pdf>.



CAPITULO 4

4. ANALISIS DE SISTEMAS DE TELEGESTION DE ALUMBRADO PÚBLICO.

4.1 FUNDAMENTOS DE SISTEMAS DE CONTROL

Con los sistemas de control se puede diseñar modelos matemáticos que gobiernan los sistemas físicos siempre manteniéndose acorde a especificaciones establecidas. Los sistemas de control ejercen una importante influencia sobre los aspectos de la vida moderna, en la industria cada vez se va desarrollando más debido a que se puede automatizar todos sus procesos. Los avances en el control automático brindan los medios adecuados para lograr el funcionamiento óptimo de cualquier sistema dinámico. [20]

La ingeniería de control tiene por objeto el manejo automático de un proceso que de otra manera tendría que ser operado manualmente. En donde se aplique estos sistemas, es porque es necesario un fino control o existen muchas variables por lo que los sistemas de control mediante la automatización son fundamentales en el aumento de la calidad y la eficiencia de los procesos. Los componentes de los sistemas de control son, básicamente, dispositivos eléctricos, electrónicos mecánicos y electromecánicos; generalmente se utiliza una combinación de estos. [27]

4.1.1 DEFINICIONES DE ELEMENTOS QUE FORMAN O INTERVIENEN EN UN SISTEMA DE CONTROL.

- **Planta:** Es la parte del sistema que se requiere controlar, se ve afectada por señales aplicadas, denominadas señales de entrada, y proporciona señales de interés particular, se denominan señales de salida (por ejemplo, un horno de calentamiento controlado, reactor químico, amplificador operacional, voltaje, corriente, potencia etc.). [21]

- **Perturbaciones:** es una señal que tienden a afectar adversamente el valor de la salida del sistema. Las perturbaciones actúan sobre un sistema modificando, su funcionamiento por lo que su presencia implica la necesidad de control. Dentro del sistema pueden ser perturbaciones internas o externas. [21]
- **Control de realimentación:** este control se realiza cuando se presentan perturbaciones en la planta del sistema, reduce las diferencias entre la señal de entrada y salida del sistema, disminuyendo así el error.
- **Controlador:** dentro del sistema es el que rige su comportamiento. Si una ley de control funciona aunque uno se haya equivocado en el modelo, se dice que esa ley es robusta.[20]
- **Servosistema:** sistema de control realimentado en el que se hace especial hincapié en la capacidad del sistema de seguir una referencia.[20]
- **Regulador:** en la operación del sistema de control, el regulador se encarga de rechazar las perturbaciones. [20]
- **Control en lazo abierto:** se da cuando la señal de salida no se utiliza para modificar la entrada. Se utiliza cuando la señal de salida no se puede medir o cuando no exista perturbaciones; debe tener un buen modelo de planta. Si el sistema en lazo abierto cumple las especificaciones necesarias, resulta más sencillo y barato construirlo que un sistema en lazo cerrado.

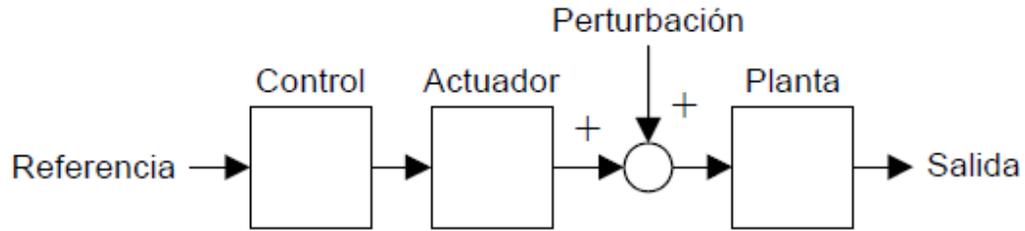


Figura 4.1: Sistema de lazo abierto.

Fuente: Ingeniería de Control – Control de Sistemas Continuos.

- Sistema en lazo cerrado: la variable controlada se mide y se utiliza esa medición para modificar la entrada sobre la planta. Esa medida se lleva a cabo generalmente por un sensor. [20]

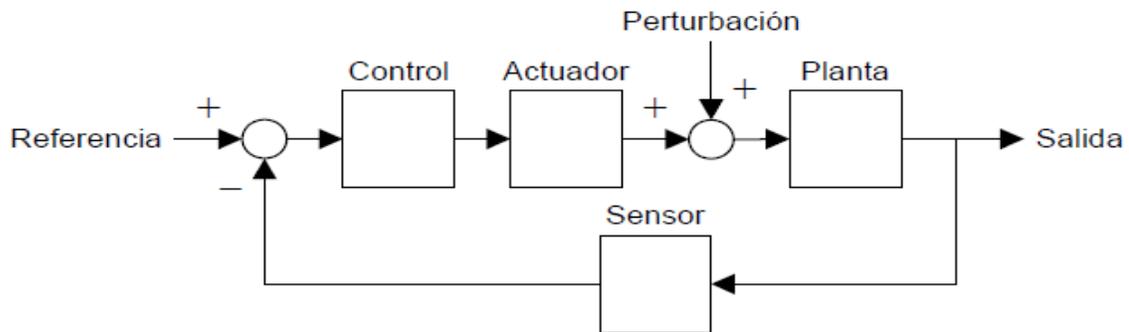


Figura 4.2: Sistema de lazo cerrado.

Fuente: Ingeniería de Control – Control de Sistemas Continuos

4.1.2 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control se pueden clasificar de diversos modos. A continuación se señalan algunos.

4.1.2.1 SEGÚN LA CARACTERÍSTICA TEMPORAL DE LA LEY DE CONTROL

[20]

- Control fijo o estándar: Los parámetros de la ley de control no varían en el tiempo. Las leyes del actuador y de la planta son fijas.

- Control adaptable: La ley de la planta cambia, y se puede decidir para cada ley un controlador distinto.
- Control adaptativo: Va cambiando el control variando los parámetros del modelo; utilizado en modelos donde la planta varía con el tiempo.

4.1.2.2 SEGÚN EL NÚMERO DE ENTRADAS Y SALIDAS [20]

- El sistema que consta de una única entrada y una única salida SISO (*single input, single output*).
- El sistema que consta de varias entradas y varias salidas MIMO (*multiple input, multiple output*).

4.1.2.3 SEGÚN SU LINEALIDAD [20]

- Sistemas lineales: Cuando las ecuaciones diferenciales que describen al sistema son lineales.
- Sistemas no lineales: Cuando las ecuaciones diferenciales que describen al sistema no son lineales.

4.1.2.4 SEGÚN LA CONTINUIDAD DEL SISTEMA [20]

- Sistemas continuos: Son aquellos en que las magnitudes se representan por funciones continuas de la variable real.
- Sistemas discretos: Son las magnitudes solo pueden tomar un número finito de valores y son funciones de la variable discreta.



4.1.2.5 SEGÚN LOS PARAMETROS DEL SISTEMA [20]

- Sistemas de parámetros concentrados: Los parámetros se suponen concentrados en puntos concretos. El sistema está descrito por ecuaciones diferenciales ordinarias.
- Sistemas de parámetros distribuidos: Los parámetros se encuentran distribuidos espacialmente. El sistema está descrito por medio de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.

4.2 SISTEMAS DE TELEGESTION DE ALUMBRADO PÚBLICO

4.2.1 CONCEPTOS BASICOS DE TELEGESTION

La Telegestión trata del control que se puede llegar a tener de las instalaciones eléctricas aisladas o distribuidas geográficamente. Esta tecnología se base en herramientas informáticas, eléctricas, electrónicas y de telecomunicaciones.

A continuación mencionaremos algunas herramientas como la telemedida, el telemando y el telecontrol.

- Telemedida: recopila toda la información de los parámetros que intervienen para ponerla a disposición del centro de control del sistema.
- Telemando: Brinda la posibilidad de realizar controles inalámbricos manuales desde el centro de control a elementos en estaciones remotas que componen el sistema; mediante este se tiene un flujo bidireccional de información. Ofrece un servicio durante todas las horas del año que es indispensable para mantener una supervisión de todos los equipos.



- **Telecontrol:** Brinda la posibilidad de integrar al sistema equipos autónomos programables estos y están en la capacidad de planificar y/o controlar de forma automática el sistema. En base a los algoritmos pueden llegar a tomar acciones para que el sistema esté en perfecto funcionamiento.

En los últimos años la tecnología ha avanzado de manera tal, que los equipos para la telegestión de última generación son capaces de adoptar cualquier tipo de cambio; solo basta con modificar la programación y adicionar el equipo adecuado al sistema de telegestión. [23]

Dentro de los beneficios de la telegestión podemos mencionar los siguientes: ayuda a brindar un servicio óptimo, se tiene un análisis preciso, ahorro de energía, etc. En contraparte se puede decir que la desventaja es su costo de implementación.

4.2.2 MODULOS QUE CONFORMAN UN SISTEMA DE TELEGESTION DE ALUMBRADO PUBLICO

El sistema de telegestión para el servicio de Alumbrado Público es un sistema modular que se puede agrupar en tres niveles:

- **PRIMER NIVEL**

“Constituido por los equipos instalados en las luminarias, los cuales reportan el estado de su información y hacen el control de cada punto luminoso. Éste nivel detecta el funcionamiento y reporta las fallas que se pueden presentar en sus componentes, transmitiendo los datos al siguiente nivel de control, mediante un sistema de comunicación.” [25]



➤ **SEGUNDO NIVEL**

“Conformado por los equipos instalados en los centros de distribución, donde se hace el control para cada circuito exclusivo de Alumbrado Público en baja tensión; en resumen son concentradores que registran los eventos, las maniobras necesarias, miden o registran los diferentes parámetros eléctricos, registran anomalías o averías en cada circuito de baja tensión. Desde estos concentradores se transmite al nivel superior la información recibida de cada una de las luminarias existentes en los circuitos exclusivos de alumbrado, y la propia que se llegue a generar por la operación misma del centro de distribución.” [25]

➤ **TERCER NIVEL**

“Corresponde al centro de control o sala de operación del sistema de Alumbrado Público; en este lugar se recibe la información de los centros de distribución, y se gestiona la operación de los componentes del sistema; en él se realizan los análisis y se determinan los correctivos que sean necesarios, permite la supervisión y control de la información del sistema, mediante una unidad de mando central, recibe la información de los otros dos niveles a través del sistema de comunicación y se gestiona la totalidad de la información, se hace el análisis, se determinan las respuestas operativas a todos los eventos y se centraliza toda la información y control de las diferentes bases de datos que interactúan en el funcionamiento de un sistema de alumbrado; lleva el procesamiento de todas las señales, genera despliegues gráficos, listas de alarmas, eventos, reportes, realiza los análisis y elabora el cálculo de indicadores. El software de telegestión del servicio de alumbrado que se elija para el centro de control, debe interactuar con el sistema de información de la infraestructura (base de datos de la infraestructura), con el sistema de atención de quejas y reclamos, y mantenimiento del servicio y con el sistema de gestión de la red eléctrica de media y baja tensión.” [25]

4.2.3 MEDIOS DE COMUNICACIÓN EN UN SISTEMA DE TELEGESTION.

Para los sistemas de telegestión se utiliza un sistema de telecomunicación que los relaciona entre sí. Mediante la comunicación de los sistemas se llega a tener toda la información en los centros de control y desde ahí se monitorea a los diferentes componentes del Sistema de Alumbrado Público.

Mediante el módulo de comunicaciones se transmiten las diferentes señales de estado de cada uno de los componentes del Sistema de Alumbrado Público, las cuales se almacenan en bases de datos; así los operadores, pueden determinar las respuestas a los diferentes eventos asociados. [25]

El medio que se utiliza para la transmisión de información puede ser:

- Alámbrica: Cuando la información que se transmite es a través de cables. Se debe tener en cuenta en la elección del cable que las atenuaciones y la interferencia sean pequeñas. [22]
- Inalámbrica: Cuando la información que se transmite es mediante ondas electromagnéticas a través del aire o el vacío.

4.2.3.1 TRANSMICION ALAMBRICA

4.2.3.1.1 COMUNICACIONES MEDIANTE CABLE ELECTRICO PLC (POWER LINE COMMUNICATIONS)

También denominada BPL (Broadband over Power Lines) es una tecnología que aprovecha el sistema eléctrico para la transmisión de datos para transmitir y recibir datos; es una manera eficiente para comunicarse con puntos luminosos sin la necesidad de cableado adicional. [25]

Las frecuencias en el ancho de banda del rango de 20 kHz a 200 kHz conforman lo que se denomina banda estrecha y puede ser usada para la transmisión de información modulada por la red eléctrica.

Los módems PLC (Power Line Communications) transmiten en gamas de media y alta frecuencia entre 1,6 y 40 MHz dependiendo del sistema. Básicamente se usan 3 tipos de modulación:

- DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation): puede operar con baja densidad de potencia espectral (PSD).
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex): usa un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos (p. e. Codengy y DS2)
- GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying): es una forma especial de modulación en banda estrecha (p. e. Ascom). [25]

Es una tecnología donde el ancho de banda actualmente en el mercado alcanza velocidades de 600Mbps (75 MB/s), permitiendo la distribución de datos, voz y vídeo de manera rápida y confiable.

En relación con otras tecnologías está puede llegar a cualquier parte puesto que la instalación ya existe; la conexión es permanente durante las 24 horas del día, y no se necesita realizar ningún otro tipo de obra adicional. A través de la esta tecnología se puede obtener múltiples servicios como puede ser videoconferencias, voz sobre IP, redes LAN, juegos en línea, comercio electrónico, etc.

La tecnología PLC se enfrenta a una serie de desventajas que debe superar; como el estado de las líneas eléctricas. Si las redes están deterioradas, los cables se encuentran en mal estado o tienen empalmes mal hechos no es posible utilizar esta tecnología. [26]

“Las señales de BPL no pueden pasar fácilmente a través de los transformadores (su alta inductancia los hace actuar como filtros de paso bajo, dejando pasar solo las señales de baja frecuencia y bloqueando las de alta) y por esta razón requieren repetidores en los centros de distribución.

La tecnología BPL tiene que ver con la intensidad de la señal junto con la frecuencia de operación. Se espera que el sistema trabaje en frecuencias en la banda de 10 a 30 MHz, que es utilizada por emisoras radiales internacionales en onda corta y por diversos sistemas de comunicaciones, lo que puede producir interferencia.” [25]

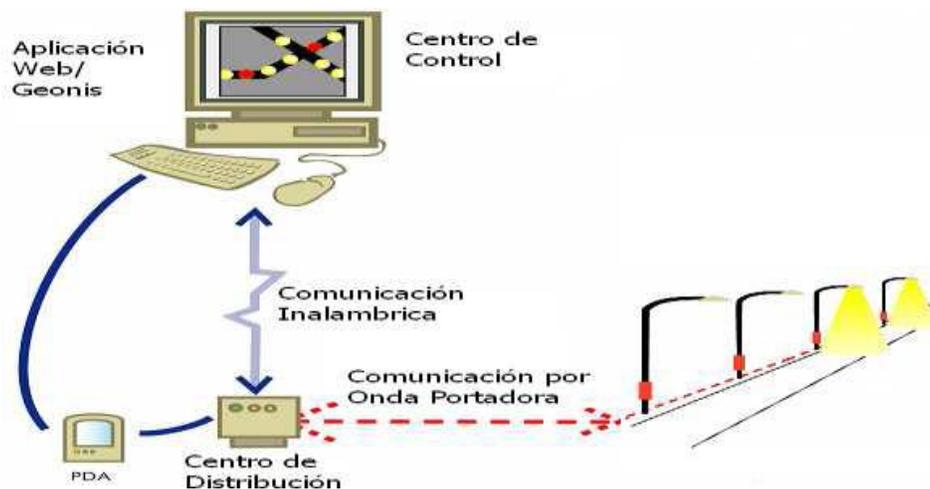


Figura 4.3: Esquema de telegestión del servicio de Alumbrado Público, usando comunicación con PLC (Power Line Communications) y comunicación en Internet a través de la WEB.

Fuente: Proyecto Piloto De Telegestión Del Servicio De Alumbrado Público De La Ciudad De Bucaramanga.

El método de comunicación basado en PLC (Power Line Communications) se centra en una comunicación punto a punto, lo que en el caso del Sistema de Alumbrado Público debido a cualquier accidente que se presentara en el poste o luminaria desaparece de la cadena de comunicación, rompiéndose de esta forma la vía de comunicación.

Se debe considerar que para el uso de esta tecnología se debe contar con circuitos expresos para el Sistema de Alumbrado Público.

4.2.3.2 TRANSMISION INALAMBRICA

Las redes inalámbricas son aquéllas que carecen de cables. Para transportar la información de un punto a otro de la red sin necesidad de un medio físico, se utilizan ondas portadoras para el transporte de la información. Se realiza por medio de un proceso conocido como modulación de la portadora. El aparato transmisor agrega datos a una onda de radio (onda portadora). Esta onda, al llegar al receptor, es analizada por éste, el cual separa los datos de la Portadora.

Para la aplicación de la telegestión en los sistemas de Alumbrado Público la comunicación inalámbrica puede llegar a ser una solución ideal, ya que la información siempre se encontrara a disposición con solo tener acceso a internet.

En la figura 4.4 se puede observar la clasificación de los protocolos de comunicación inalámbrica.

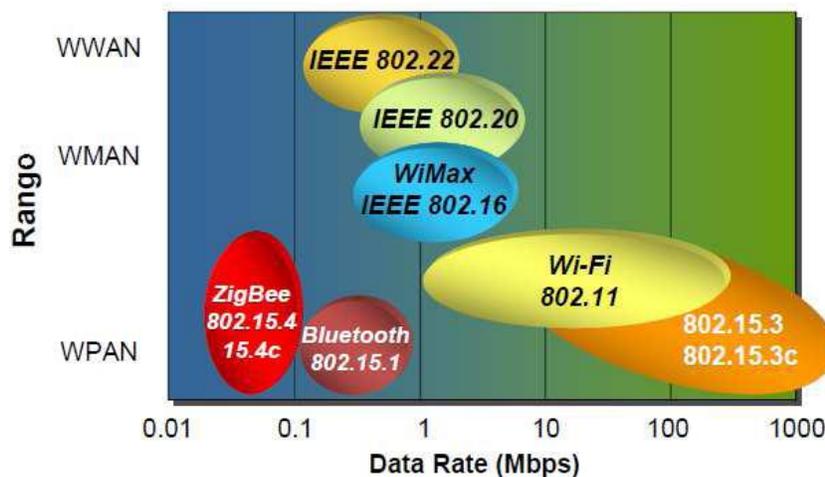


Figura 4.4: Clasificación de las diferentes categorías de protocolos de comunicación inalámbrica y sus rangos de velocidad de transmisión de datos.

Fuente: Marco Teórico De La Telegestión Del Servicio De Alumbrado Público. [24]



4.2.3.2.1 WPAN

WPAN, (en inglés Wireless Personal Área Networks, red Inalámbrica de área personal) es una red de computadoras para la comunicación entre distintos dispositivos (tanto computadoras, puntos de acceso a Internet, teléfonos celulares, PDA, dispositivos de audio, impresoras, etc.) cercanos al punto de acceso. Estas redes normalmente son de unos pocos metros y para uso personal.

Una WPAN puede entenderse como una cápsula personal de comunicación alrededor de una persona. Dentro de dicha cápsula, que se mueve en la misma forma en que lo hace la persona, los dispositivos personales se pueden conectar entre ellos.

Se usan varios tipos de tecnología para las WPAN, entre ellas se encuentran la tecnología Zigbee, la tecnología Bluetooth y la tecnología Wi-Fi. [24]

4.2.3.2.1.1 TECNOLOGIA ZIGBEE

Es una especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal área network, WPAN). Tienen como propósito dar a las aplicaciones una comunicación segura con bajas tasas de envío de datos. [22]

- Estándar IEEE 802.15.4: Define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (low-rate wireless personal área network, LR-WPAN). El propósito del estándar es definir los niveles de red básicos para dar servicio a un tipo específico de red inalámbrica de área personal (WPAN).



ZigBee es una tecnología inalámbrica que puede usarse en bandas libres ISM de 2.4 GHz a nivel mundial con velocidades comprendidas entre 20 kB/s y 250 kb/s, con rangos de alcance de entre 10 metros a 75 metros.

Ofrece un mejor soporte para las redes más grandes, brindando más opciones de gestión, flexibilidad y desempeño. En caso de existir interferencia se realiza un cambio de canal en forma dinámica. Posee la capacidad para dividir mensajes más largos y permitir la interacción con otros protocolos y sistemas optimizando el flujo de información en las grandes redes. [22]

La desventaja de esta tecnología es que la capacidad de transferencia de datos y cobertura es pequeña en comparación de otras tecnologías.

4.2.3.2.1.2 TECNOLOGIA BLUETOOTH

También conocida como IEEE 802.15.1, trabaja en dos capas del modelo OSI que son la de enlace y aplicación, incluye un transceptor que trasmite y recibe a una frecuencia de 2.4 GHz. Las conexiones que se realizan son de uno a uno con un rango máximo de 10 metros, si se deseara ampliar la distancia se tendría que utilizar repetidores los cuales nos ayuda a alcanzar una distancia de 100 metros.

Por cuestiones de seguridad cuenta con mecanismos de encriptación de 64 bits y autenticación para controlar la conexión y evitar que otros dispositivos puedan acceder a los datos o realizar su modificación.

Los dispositivos que incorporan esta tecnología se reconocen entre si y utilizan el mismo lenguaje de la misma forma que lo hacen otros dispositivos como son la computadora y la impresora.



4.2.3.2.1.3 TECNOLOGIA WI-FI

Conocida como IEEE 802.11, para tener una red inalámbrica en casa sólo necesitaremos un punto de acceso, que se conecta al módem, y un dispositivo WI-FI que se conectaría en nuestro aparato.

Los estándares IEEE 802.11b, IEEE 802.11g e IEEE 802.11n disfrutan de una aceptación internacional debido a que la banda de 2.4 GHz está disponible casi universalmente, con una velocidad de hasta 11 Mbit/s, 54 Mbit/s y 300 Mbit/s, respectivamente.

En la actualidad ya se maneja también el estándar IEEE 802.11ac, conocido como WI-FI 5, que opera en la banda de 5 GHz y que disfruta de una operatividad con canales relativamente limpios. Esta banda ha sido recientemente habilitada y, además, no existen otras tecnologías que la estén utilizando, por lo tanto existen muy pocas interferencias.

4.2.3.2.2 WNAM

Redes inalámbricas de área metropolitana se basan en el estándar 802.16. También conocido como bucle local inalámbrico.

“La mejor red inalámbrica de área metropolitana es la WiMAX, que puede alcanzar una velocidad aproximada de 70 Mb/s en un radio de varios kilómetros.

La tecnología WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave access) es una tecnología WAN que permite realizar conexiones inalámbricas a distancias superiores a los 45 kilómetros del emisor de la señal. El estándar IEEE 802.16, utilizado por WiMax, está diseñado para operar con frecuencias desde los 2 GHz a los 66 GHz.” [24]



4.2.3.2.3. WWAM

Las redes inalámbricas de área extensa son las que tienen el alcance más amplio de todas las redes inalámbricas. Por esta razón, todos los teléfonos móviles están conectados a una red inalámbrica de área extensa. Las tecnologías principales son: [25]

- GSM (Global System for Mobile Communication): El Sistema Global para las Comunicaciones Móviles es un sistema estándar para comunicación utilizando teléfonos móviles que incorporan tecnología digital; además se trata de uno de los estándares de comunicación más utilizado en el mundo.
- GPRS (General Packet Radio Service): Este modelo es un modelo analítico simple para dimensionar células de radio donde se mezcla el tráfico de voz con el de datos. Permite un tráfico de paquetes basado en IP de un aparato móvil a internet. Los recursos se comparten por un esquema llamado de partición parcial, donde algunos de los canales son dedicados para voz.
- UMTS (Universal Mobile Telecommunication System): Es una de las tecnologías usadas por los móviles de tercera generación, sucesora de GSM. Aunque inicialmente esté pensada para su uso en teléfonos móviles, la red UMTS no está limitada a estos dispositivos, pudiendo ser utilizada por otros. Sus tres grandes características son las capacidades multimedia, una velocidad de acceso a Internet elevada, la cual también le permite transmitir audio y video en tiempo real; y una transmisión de voz con calidad equiparable a la de las redes fijas. Además, dispone de una variedad de servicios muy extensa. [28]



4.2.3.2.4 SISTEMAS DE TERCERA GENERACION (3G) [4.3]

En la actualidad, existen aproximadamente 164 redes comerciales en 73 países usando la tecnología WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access* o en español Acceso múltiple por división de código de banda ancha). Esta es una tecnología móvil inalámbrica que aumenta las tasas de transmisión de datos de los sistemas GSM utilizando la interfaz aérea CDMA (multiplexación por división de código o *Code Division Multiple Access*) en lugar de TDMA (multiplexación por división de tiempo), y por ello ofrece velocidades más altas en dispositivos inalámbricos móviles y portátiles. [29]

La tecnología de 3G busca poner al servicio del usuario servicios como: uso eficiente del espectro, gran calidad en el servicio de voz, acceso a internet, servicios multimedia, video llamadas, acceso remoto a distintos sistemas, etc.

4.2.3.2.5 SISTEMAS DE CUARTA GENERACION (4G)

Estará basada totalmente en IP, siendo un sistema de sistemas y una red de redes, no es una tecnología o estándar definido, sino una colección de tecnologías y protocolos para permitir el máximo rendimiento de procesamiento, alcanzándose después de la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas así como en ordenadores, dispositivos eléctricos y en tecnologías de la información así como con otras convergencias para brindar velocidades de acceso entre 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, manteniendo un servicio de punto a punto con alta seguridad y permitiendo ofrecer servicios de cualquier clase en cualquier momento, con un mínimo coste.

Algunos de los estándares fundamentales para 4G son WiMAX, WiBro, y 3GPP LTE (Long Term Evolution). Para poder hacer realidad esta red es necesario no sólo integrar las tecnologías existentes, también es necesario hacer uso de



nuevos esquemas de modulación o sistemas de antenas que permitan la convergencia de los sistemas inalámbricos.

Los componentes fundamentales de una red 4G son:

- Sistemas Multiantena (MIMO).
- SDR (Software Define Radio).
- Sistemas de acceso existentes como TDMA, FDMA, CDMA y sus posibles combinaciones son fundamentales en sistemas 3G y también lo son los sistemas ya empleados en los estándares 802.11 (Wi-Fi), 802.16a (WiMAX) y 802.20 (MBWA) como son OFDMA, MC-CDMA y Single Carrier FDMA.
- Estándar IPv6 para soportar gran número de dispositivos inalámbricos, y asegurar una mejor calidad de servicio además de un enrutamiento óptimo.

El LTE surge a partir de la necesidad de satisfacer la creciente demanda de los usuarios y redes, y será la tecnología que acabe sustituyendo a la actual UMTS dentro de los sistemas 4G. Esta tecnología está basada en el uso de protocolos IP.

4.2.4 DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE TELEGESTIÓN DE ALUMBRADO PÚBLICO. [22]

Las tecnologías de telegestión para Alumbrado Público de posibles proveedores de esta tecnología que se analizarán, son las siguientes:

4.2.4.1 MINOS DE UMPI ELECTRÓNICA DE ITALIA (SCI SISTEMAS CONTROLADORES INTELIGENTES S.A.). [22][25]

Permite telegestionar y telecontrolar desde cualquier ordenador, el estado de todos los elementos que componen las instalaciones existentes, utiliza la tecnología de comunicación por onda portadora. Permite además, transformar la



lámpara y la red de alumbrado en una infraestructura inteligente con capacidad para integrar y telegestionar servicios adicionales de utilidad y seguridad públicas.

Contribuye a la reducción de la contaminación atmosférica y lumínica, para garantizar altos niveles de fiabilidad, seguridad, continuidad y calidad de servicio.

➤ Ahorro Energético

La utilización planificada y programada permite reducir hasta el 45% del consumo energético mediante:

- La reducción de flujo luminoso y apagado de cada punto de luz.
- La optimización de los ciclos de funcionamiento.
- La programación personalizada del reloj astronómico para el encendido/apagado puntual de las instalaciones.
- La reducción de los encendidos diurnos para buscar averías.

➤ Ahorro en Mantenimiento

Con la telegestión punto a punto que ofrece Minos System es posible:

- Ahorrar en los costos gracias a la optimización de los tiempos de intervención.
- Ahorrar en la organización general del servicio.
- Ahorrar en los materiales gracias al control minucioso y efectivo de los componentes.
- Eliminar los costos innecesarios debidos a la búsqueda de averías.

2.2.4.1.1 CARACTERÍSTICAS Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA MINOS. [22][25]

El sistema está compuesto por diferentes equipos que tienen la siguiente estructura de comunicación:

SYRA:

Es el dispositivo de control y comando remoto que se coloca en cada lámpara. Utiliza la comunicación por onda portadora para telegestionar todos los eventos y las anomalías de la lámpara. Es compatible con cualquier lámpara (tipo, potencia y marca) y puede montarse en el interior de la luminaria.

Su arquitectura se observa de forma esquemática a continuación:

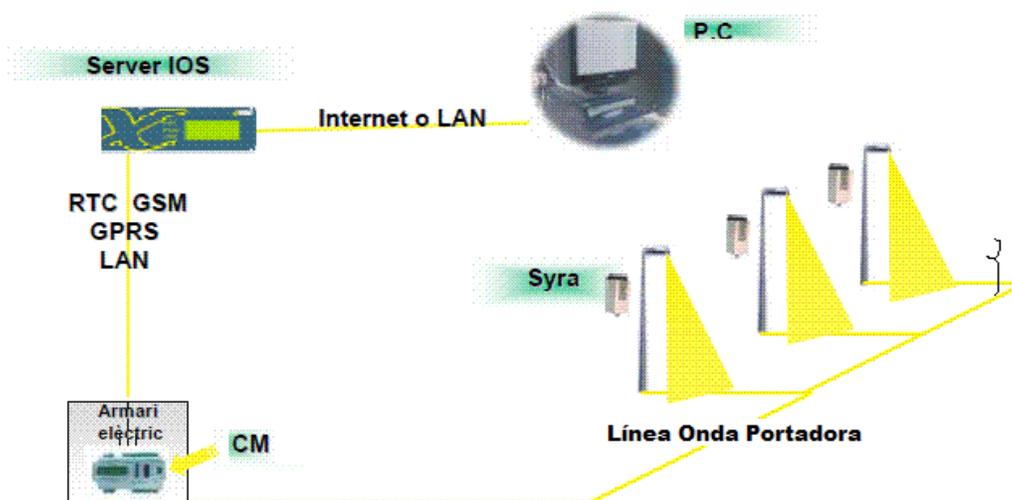


Figura 4.5: Arquitectura del Sistema Minos.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/704/1/te335.pdf>.

Funciones Principales:

- Comando ON/OFF.



- Comando cambio de nivel (reducido-plena potencia o viceversa).
- Desactivación automática del arrancador (en condiciones de lámpara averiada).

El SYRA detecta las siguientes incidencias:

- Lámpara en corto circuito.
- Lámpara averiada.
- Condensador con capacidad inadecuada.
- Lámpara parpadeante (envejecida).
- Ausencia de corriente en el equipo.
- Fusible averiado, (se detecta porque no se recibe información)

CARACTERÍSTICAS DEL DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN (UNIDAD ANDROS CM).

La Unidad Andros es el dispositivo electrónico que se localiza en el centro de distribución, que tiene a su cargo la comunicación vía modem (GSM, GPRS, PSTN) por línea dedicada o TCP/IP de todos los eventos de las unidades SYRA; las lecturas de los consumos de energía, y de los parámetros eléctricos. Las anomalías detectadas en la parte de alimentación de energía, controla los estados On/Off de las luminarias, y las reducciones del flujo luminoso a través de las unidades SYRA, la programación del reloj astronómico y las comunicaciones con el servidor del centro de control.

Sus características de control son:

- Incorpora reloj astronómico, se pueden definir tres horarios
- Capaz de gestionar 255 luminarias por cada armario.
- Memoria interna para 2500 eventos.
- Gestiona los cambios ON/ OFF.

- Dispone de 16 entradas para los controles externos
- Dispone de una salida de relé para encendido de la instalación.
- Dispone de 6 salidas de colector abierto para asociar a relés y gestionar la conexión o desconexión de otros equipos.
- Controles sobre la tensión de red (fallos de red sobretensiones)
- Se le pueden programar hasta tres números telefónicos diferentes para aviso de emergencia mediante mensajes SMS personalizables por el gestor (requiere modem GSM conectado).
- Permite dividir las luminarias asociadas hasta en 7 grupos para hacer una gestión de encendido o apagado o reducción de flujo luminoso diferenciada.
- Dispone de una batería interna que le proporciona autonomía hasta por 5 horas.

SERVIDOR “IOS”

Es el servidor central que contiene el software de gestión capaz de gestionar hasta 100 unidades ANDROS CM. El servidor se comunica de forma automática con las unidades Andros CM una vez al día por defecto o en la periodicidad que se desee.

También se puede conectar en forma manual en cualquier momento y con la periodicidad deseada, descargando los eventos y el estado de los equipos conectados.

Se puede acceder al servidor IOS por cualquier PC conectado por LAN/Intranet, si está en una red local o a través de Internet si se ha conectado a la red mediante una dirección IP (debe ser fija).

➤ CARACTERÍSTICAS DE LAS COMUNICACIONES

Utiliza PLC (Power Line Communications) entre las diferentes Unidades Syra instaladas en cada una de las luminarias hasta la Unidad Andros, desde ésta



Unidad se puede comunicar vía RTC, GSM, GPRS, Radio, Ethernet, líneas dedicadas, (Internet o LAN desde las unidades ANDROS a los PC del centro de control).

➤ **CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SISTEMA MINOS.**

Con balastos electrónicos Dalí controla reducciones del flujo luminoso del 95 a 30%.

Por su tamaño las unidades Syra se pueden instalar en la luminaria en la parte superior del poste metálico o en su base.

El software “Minos-X” opera con Linux, admite la configuración de 10 a 100 cuadros. Puede desplegar toda la información de una estación meteorológica y predecir el tiempo atmosférico, (temperatura, humedad, presión, rayos UV, fenómenos de lluvia, velocidad del viento).

➤ **CARACTERÍSTICAS DEL PLC:**

- Sistema de modulación 2 ASK a 112 kHz.
- 12 bits de ancho de los mensajes
- (control/comando: bits 1-4), (direcciones: bits 5-12).
- Retransmite 20 mensajes consecutivos con pausa de 12 mili Segundos
- Codificación de bits Manchester (2 mS, 4 mS)
- Mínima señal detectable: 40 mVpp.

2.2.4.2 STREETLIGHT.VISION DE ELO SISTEMAS ELECTRÓNICOS S.A. [22]

ELO es reconocida como un proveedor clave de equipos de calidad y sistemas electrónicos para el mercado de suministro de electricidad de Brasil y de América del Sur. ELO ofrece paquetes integrados de productos y sistemas a empresas de servicios para automatizar los procesos.



2.2.4.2.1 MONITOREO STREETLIGHT, MENOS ENERGÍA, MAS CONTROL [22]

ELO Sistemas Electrónicos es el proveedor de la Solución de Monitoreo del alumbrado público abierta y multi-proveedor que está diseñada por Streetlight.Visión y Echelon. Gracias a la solución “Streetlight.Visión”, ciudades y empresas de Mantenimiento de alumbrado público se benefician de:

- Más del 50% de ahorro energía en sus redes de alumbrado público: Con la solución de Streetlight.Visión, se puede atenuar cada lámpara en cualquier nivel que desee (en el rango que está permitido por el balasto y la lámpara) y en cualquier hora programada (basada en la salida y puesta del sol o fija el tiempo) o en base a las condiciones externas (tráfico, tiempo, presencia).
- Reducidos esfuerzos de mantenimiento, eficiencia mejorada: Detecta automáticamente fallas de las lámparas, el sistema también realiza un seguimiento de la vida útil de las lámparas, para poder realizar el cambio de la lámpara.
- Mayor control y visibilidad: La interface del mapa basado en tiempo real permite actuar de forma remota en cualquier configuración individual o grupal de lámparas de alumbrado público, reduciendo la inspección en terreno.

Streetlight Vision es una solución abierta; esta puede controlar las luminarias de 15 fabricantes, para no atarlo con un único proveedor de hardware, a diferencia con los sistemas propietarios. Soporta el protocolo estandarizado ISO14908 (también llamado LonWorks en powerline) así como algunos otros protocolos.

2.2.4.2.2 ARQUITECTURA TÉCNICA DE STREETLIGHT.VISIÓN [22]

La solución Streetlight.Visión tiene como objetivo proporcionar proyectos de alumbrado exterior, con ahorro de energía y mantenimiento al tiempo que mejorar la calidad del servicio de iluminación y seguridad. Para alcanzar estos objetivos, mientras tiene una plataforma robusta y abierta a la evolución, la arquitectura de la solución es la siguiente:

Su arquitectura se observa de forma esquemática a continuación:

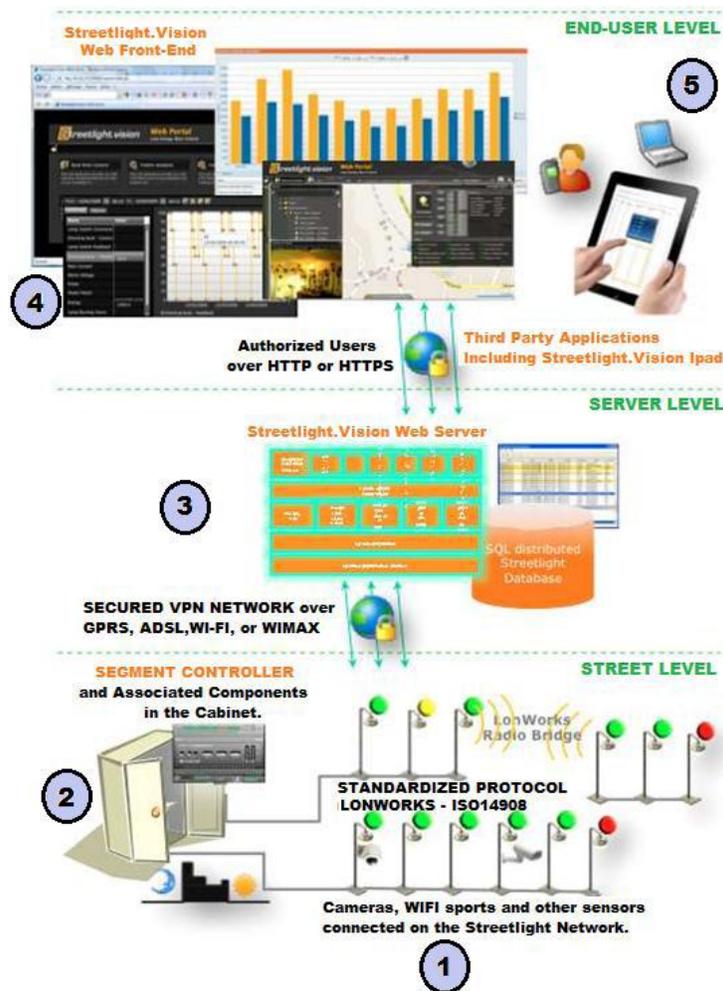


Figura 4.6: Arquitectura Streetlight.Vision.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/704/1/te335.pdf>.

1. CONTROLADORES DE LÁMPARA (LC)

Un controlador de luminaria se instala en cada punto de luminaria. Los controladores de luminaria se comunican con el controlador de segmento (SC), utilizando la tecnología de LonWorks. Esto proporciona fiabilidad y repite automáticamente la señalización incluso en los segmentos eléctricos muy largos. Los controladores de lámpara reciben comandos (ON, OFF, regulación, ajuste, etc.) y envía datos (por ejemplo lámpara y balasto, bajo factor de potencia, horas de funcionamiento, la retroalimentación de la lámpara, etc.). Existen ya LC que son compatibles con el software Streetlight.Vision, para controlar cualquier tipo de lámpara (HPS, Metal Halide, LED, Inducción) y cualquier tipo de balasto (electrónico, magnético, LED drivers) en cualquier luminaria o un poste.

El protocolo LonWorks es el único protocolo existente estándar (ISO 14908) que le proporciona:

- *Robustez:* Se ha utilizado en todo el mundo con más de 100 millones de dispositivos, incluyendo alumbrado público.
- *Fiabilidad:* cualquiera que sea la calidad de los cables eléctricos. La tecnología LonWorks ofrece una repetición automática la señal que automáticamente y sin problemas, encuentra el mejor camino para comunicarse con cualquier dispositivo de la red.
- *Facilidad de instalación:* El software de configuración Streetlight.Vision ofrece un proceso fácil de configurar cualquier segmento de alumbrado público en cuestión de minutos.

2. CONTROLADORES DE SEGMENTO (SC)

Se instala en el gabinete o cabina del alumbrado público. Se basa en un sistema operativo fiable en tiempo real. Ofrece un reloj astronómico para cambiar las lámparas tenues y sobre la base de amanecer/atardecer, un programador de



tareas para enviar comandos de regulación a tiempo fijo y/o la luz solar, un sistema de gestión de alarmas local, un sistema dinámico de escenario al aire libre de iluminación (para considerar las condiciones externas para el cambio y la regulación); un sistema de registro de datos local y la gestión de la red powerline. Se envía registros de datos al software del servidor Web Streetlight.Vision Web que recoge y almacena en la base de datos central.

Principales características:

- Se comunica con, comandos y monitoreo sobre cada controlador de luminarias a través de Powerline (protocolo LonWorks estandarizado por el International Standard Organization).
- Agendas internas para enviar comandos a cada controlador de luminaria individual.
- Reloj astronómico interno y un reloj en tiempo real para enviar comandos en la salida y puesta del sol o tiempos fijos.
- Gestión de alarmas del Gabinete: el SC toma cualquiera entrada digital para transformar estas en alarmas del gabinete, tales como:
 - Apertura de puerta de la cabina.
 - Alarma de Detector de Suministro del Segmento.
 - Alarma de detección de robo de energía.
 - Alarma de detección de Baja Potencia.
- Control remoto y monitoreo de los dispositivos de la cabina:
 - Control remoto del interruptor del circuito principal
 - Control remoto de cualquier punto de iluminación
 - Medición de Potencia, energía, factor de potencia, corriente, voltaje y estos datos con rangos de lectura configurable.
- Prioridad de entrada de Controlador en la cabina y sobre los puntos de iluminación, esto permite escenarios, tales como:



- Forzar una o más calles para ENCENDER cuando el botón FORCE ON es conectado en la cabina (igual con OFF, lo mismo con BACK TO AUTOMATIC)
- Conectar un grupo de alumbrado público LED o INDUCCION, cuando la presencia de personas o automóviles se detecta
- Reducir la iluminación a uno o más grupos de luminaria cuando se detecte lluvia o niebla, para reducir deslumbramiento.
- Reducir o Aumentar iluminación, dependiendo del tráfico.

3. SERVIDOR WEB STREETLIGHT.VISION

El servidor Web Streetlight.Vision es instalado en la nube Streetlight.Vision CLOUD o en su propio servidor o en el proveedor preferido de servicios locales. Esto controla la red de Alumbrado Público, obteniendo datos históricos de cada controlador de segmento, los filtros y agrega todos los datos históricos en la base de datos SQL central. Esto ofrece servicios web avanzados, tales como alarmas, reportes, control en tiempo real y automatización. La plataforma Web Server Streetlight.Vision está lista para ofrecer las aplicaciones Smart City (Ciudad Inteligente) gracias a su modelo de datos evolutivo.

4. USUARIO FINAL WEB FRONT-END

El software es 100% web y basado en la nube (Cloud-based). El software proporciona una aplicación web intuitiva para análisis de fallas, análisis de energía, control en tiempo real sobre mapas en línea, análisis de las horas de funcionamiento, etc. El software también proporciona interfaces de servicios web para permitir a sus propias aplicaciones para obtener datos y servicios (por ejemplo, sistema de facturación, aplicaciones de mantenimiento)

5. INVENTORY.VISION, SLV.

La aplicación Streetlight.Vision INVENTORY.VISION y el software SLV Silverlight se ejecutan en Windows Tablet-PC influenciando la interface de servicio web Streetlight.Vision para proporcionar una herramienta intuitiva a la posición, el inventario y administración de Puntos de iluminación sobre Google y mapas satelitales.

➤ SOBRE EL SOFTWARE STREETLIGHT.VISION

El software de monitoreo Streetlight.Vision se compone de los siguientes módulos de software, para el control del Alumbrado Público:

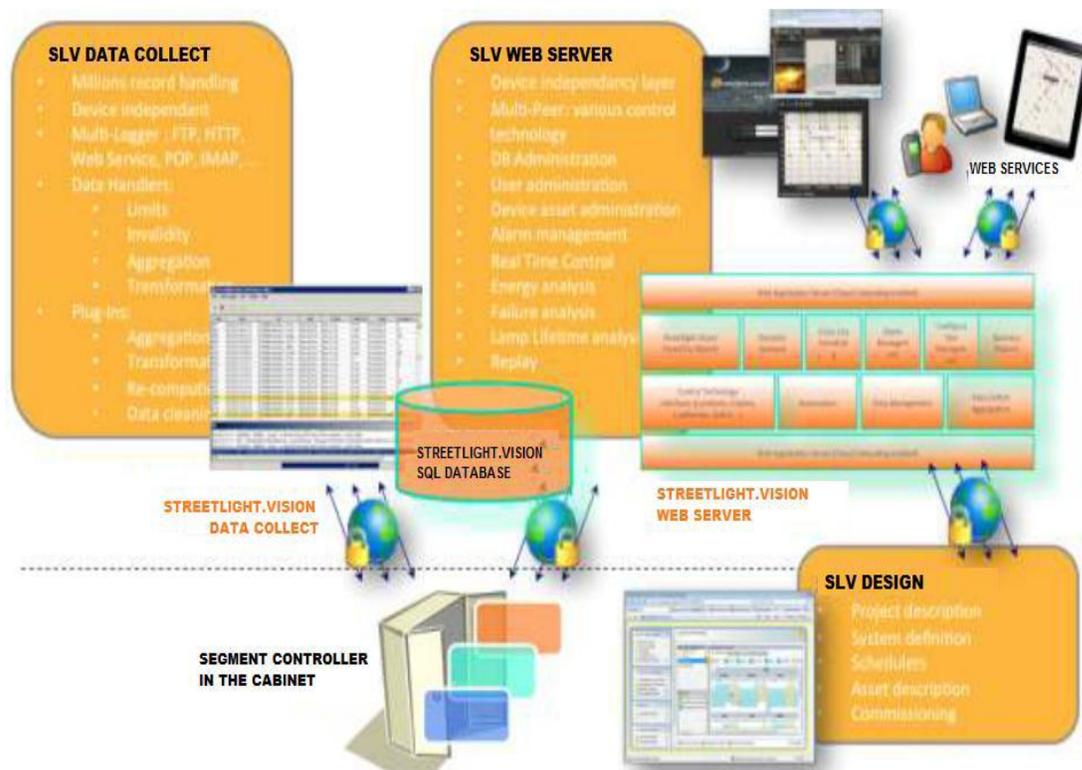


Figura 4.7: Arquitectura del Software Streetlight.Vision.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/704/1/te335.pdf>.



- DISEÑO SLV: CONTROLADOR DE SEGMENTO Y ESCENARIOS DE CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE

También llamado SLV DESIGN. Este software funciona como un módulo independiente dentro de su navegador web preferido.

Permite a los usuarios finales autorizados configurar el controlador de segmento (SC), crea/configura los controladores de las luminarias (CL) a ser controlados sobre Powerline; configurar los grupos de luminarias y agendas, configura las entradas de los controladores de segmentos y dinámicos escenarios de iluminación al aire libre e ingresa las posiciones geográficas de todos los dispositivos.

Con Streetlight.Vision, la configuración de un Controlador de Segmento con un máximo de 150 a 200 controladores de luminaria toma menos de una hora. Permite la configuración incremental/diferencial del Controlador de Segmento para cambiar parte de la configuración en cualquier momento.

- SLV DATA COLLECT: COLECTA, AGREGAR Y ALMACENAR DATOS DESDE CIENTOS DE SC'S

Maneja los archivos de datos enviadas por cientos de controladores de segmentos. Este filtra los mensajes entrantes, lee el contenido, decodifica los registros, almacena los registros válidos y agrega datos tales como energía y horas de funcionamiento.

SLV DATA COLLECT a diferencia de otro software de control/monitoreo no necesita ninguna acción humana para recaudar millones de datos desde cientos de Controladores de Segmentos. Este identifica automáticamente al Controlador de Segmento que está enviando datos.

- **SLV WEB SERVER: EL SERVIDOR DE MONITOREO DE ALUMBRADO PÚBLICO**

SLV WEB SERVER, proporciona:

- *Gestión de los miles de controladores de Luminarias*; permite administrar varias ciudades en una sola base de datos y distribuir los derechos de acceso correctamente.
- *Servicios de Gestión de Alarmas*; Las alarmas pueden ser definidas sobre la base de condiciones de disparo.
- *Envío de reportes Web*; permite a un administrador definir qué reporte (reporte de la energía, el reporte de fallas) se requiere, a quien enviar el mensaje y con qué frecuencia debe enviar.
- *Software de Servicios Web de interface para terceros*; está diseñado para ser conectado con otras aplicaciones tales como facturación y sistema de mantenimiento.
- *Web front-end* para usuarios finales autorizados con las aplicaciones web Streetlight relacionadas para facilitar la gestión de toda la red de alumbrado público de múltiples ciudades en un servidor simple. El Web SLV Front-End es personalizado a través del perfil de usuario: apariencia y características (colores e imágenes), así como los derechos de control de acceso y el lenguaje dependen del perfil de usuario.

Con las Web Apps (Aplicaciones Web) está disponible en la Web SLV Front-End:

- *Análisis de fallas*: el software proporciona la lista de todas las fallas desde cada gabinete o cabina y cada uno de los puntos de luminaria. El software permite al administrador configurar escenario de alarma para notificar al operador de mantenimiento, cuando más de una luminaria falle en la misma calle, cuando al menos una luminaria falle en un lugar importante en la

ciudad o cuando un Controlador de Segmento no ha enviado todos los datos desde más de 12 horas, etc.

- *Configuración de Agenda:* Esta aplicación web permite al usuario final autorizado cambiar la agenda o programación en un o más controladores de segmento. También se ofrece con un mecanismo manual sincronizar los relojes de los Controladores de Segmento, incluso si los controladores del segmento, deben ser configurados para sincronizar con un servidor valido NTP (Network Time protocolo).
- *Ejecución de análisis de horario:* el software proporciona un análisis del número de horas de operación para cada lámpara y gabinete. También puede ser utilizado para anticipar el término de la vida útil de la lámpara. El software calcula el porcentaje restante de duración de la lámpara a fin de proporcionar indicadores a los operadores de mantenimiento.
- *Análisis de Consumo de energía y de los ahorros:* el software calcula el consumo de energía basado en los datos que fueron colectados desde los controladores de las luminarias, así como de los medidores inteligentes instalados en el gabinete.
- *Control y comando en tiempo real para cada controlador de luminaria individual:* Esta aplicación permite a los usuarios autorizados el control remoto, comando y monitoreo de cada controlador de segmento y de cada controlador de luminaria desde un mapa de navegación, proporciona a los operadores un informe detallado y en tiempo real de cualquier situación para aumentar la calidad del mantenimiento para el Sistema de Alumbrado Público. [22]

2.2.4.3 ISDE [4.3]

Es una empresa fundada en el año 2005 como filial para el Ecuador de ISDE España, con el objetivo primordial de importar y distribuir equipos electrónicos de

control, destinados a la automatización de viviendas, edificios y alumbrado público, así como aportar soluciones avanzadas en redes de control.

Utiliza tecnología LonWorks, estándar abierto de comunicaciones con implantación a nivel mundial; que permite el desarrollo de productos en más de 1000 empresas en todo el mundo. Dispone de la certificación oficial de Echelon Corp. Como LID en España (LonWorks Independent Developer).

ISDE posee tres modelos generales para Telegestión de Alumbrado Público.

- PRIMER MODELO, CON UN EQUIPO DE CONTROL ASL-XXX PARA LAS LUMINARIAS Y MÓDULO DE COMUNICACIÓN POR RADIO.

Objetivos:

- Ahorro energético gracias al control horario de encendido y regulación de las luminarias (franjas lumínicas).
- Reducción de costos en la factura eléctrica.
- Evitar el costo de realizar rondas nocturnas de verificación.
- Gestión de Averías.
- Verificación del consumo energético real.
- Detección de conexiones no autorizadas.

Beneficios:

- Incremento de la vida útil de las luminarias hasta un 30%.
- Detección de alarma de sabotaje en el cuadro eléctrico.
- Control remoto de cada una de las luminarias mediante configuración horaria.
- Control desde un puesto de supervisión.



SUBSISTEMAS QUE INTERVIENEN EN LA INSTALACIÓN Y SU FUNCIONALIDAD:

➤ EQUIPOS DE COMUNICACION:

Controlador de cuadro:

- Comunicación con la red de alumbrado público.
- Configuración horaria del encendido y apagados.
- Almacenamiento diario del estado de los equipos.
- Detección de apertura del cuadro eléctrico.
- Comunicación vía MODBUS con analizador/es de redes instalados en el cuadro.
- Gestión de las comunicaciones con la red de alumbrado público mediante acoplador trifásico.

Comunicaciones entre cuadro y supervisión:

- El controlador de cuadro tiene la posibilidad de comunicarse con un centro de supervisión a través de Ethernet, Wimax, Wifi, GPRS/3G.
- En caso de fallo, el sistema seguirá funcionando, encendiendo automáticamente (modo noche) las luminarias al máximo de su potencia, pero sin realizar ningún tipo de regulación.

➤ SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LA INSTALACIÓN:

- Recepción de toda la información de alarmas y estados de las luminarias.
- Configuración de horarios para gestión inteligente de los niveles de iluminación y contribuir al ahorro energético.
- Control manual de los circuitos de iluminación.

➤ DISPOSITIVOS (ASL-XXX)

Cada una de las farolas de la instalación está dotada de un equipo de control (ASL-XXX).



Figura 4.8: Equipo de control ASL-4X0.

Fuente: <http://www.isde-ecuador.com/31-urbotica.html>

Información proporcionada:

- Estado de la luminaria
 - Corriente y potencia consumida.
 - Tensión en el equipo.
 - Horas de funcionamiento.
 - Alarmas por exceso y defecto de corriente y tensión.
 - Control del encendido y nivel de iluminación.
- SEGUNDO MODELO, CON UN EQUIPO DE CONTROL ACAAL 0-10V PARA LAS LUMINARIAS Y MÓDULO DE COMUNICACIÓN GPRS.

Objetivos:

- Medición de energía eléctrica, potencia, factor de potencia, tensiones y corrientes de cada una de las fases, así como también realizando análisis de la red.
- Cumplir con el reglamento de Alumbrado Público.
- Gestión de Averías, establecimiento de límites de tensión y corriente en cada fase.
- Visualización en tiempo real del consumo energético.

Beneficios:

- Gestión desde un puesto de supervisión.
- Posibilidad de analizar las redes en cualquier momento del año sin necesidad de realizar desplazamientos de personal a cada una de las cabeceras de línea.
- Obtención de gráficos e informes que facilitan el análisis de la información obtenida.
- Detección de alarma de sabotaje en el cuadro eléctrico.
- Control remoto de 2 líneas de luminarias mediante configuración horaria (por cada controlador de cuadro).

➤ EQUIPOS DE COMUNICACIÓN:

Controlador de cuadro:

- Configuración horaria del encendido y apagado por reloj astronómico (anochecer/amanecer).
- Detección de apertura del cuadro eléctrico (antisabotaje).
- Comunicación vía MODBUS con analizador/es de redes instalados en el cuadro.
- Control de alimentación de equipos y farolas.



Comunicaciones entre instalación y supervisión (Ethernet, Wimax, GPRS, Wifi, 3G).

El controlador de cuadro tiene la posibilidad de comunicarse con un centro de supervisión a través de un conector de Ethernet o vía GPRS.

➤ SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LA INSTALACIÓN:

- Recepción de toda la información de alarmas de tensión y de corriente.
- Configuración de horarios para gestión inteligente de los niveles de iluminación y contribuir al ahorro energético.
- Generación de gráficas de consumo y auditoria del mismo, que permitirá comparar consumos por días y diferentes niveles de iluminación.
- Gestión de los tiempos de encendido y niveles de iluminación de las luminarias, para la configuración de todos los equipos ICAAL de la instalación.

➤ DISPOSITIVOS DE CONTROL (ICAAL 0-10):

Cada una de las luminarias de la instalación está dotada de un equipo de control (ICAAL 0-10):

Controlador autónomo que realiza la reducción automática del flujo luminoso de las lámparas durante la noche sin necesidad de una señal de mando. Los niveles de máximo y de regulación son ajustables.



Figura 4.9: Equipo de control ICAAL-0.10.

Fuente: <http://www.isde-ecuador.com/31-urbotica.html>

➤ TERCER MODELO

Objetivos:

- Medición de consumos, energía eléctrica, potencia, factor de potencia, tensiones y corrientes de cada una de las fases, así como también realizando análisis de la red.
- Cumplir con el reglamento de Alumbrado Público.
- Gestión de Averías. Establecimiento de límites de tensión y corriente en cada fase.
- Visualización en tiempo real del consumo energético.

Beneficios:

- Gestión desde un puesto de supervisión.
- Posibilidad de analizar las redes en cualquier momento del año sin necesidad de realizar desplazamientos de personal a cada una de las cabeceras de línea.



- Obtención de gráficos e informes que facilitan el análisis de la información obtenida.
- Detección de alarma de sabotaje en el cuadro eléctrico.
- Control remoto de 2 líneas de luminarias mediante configuración horaria (por cada controlador de cuadro).

➤ EQUIPOS DE COMUNICACIONES

Controlador de Cuadro:

- Comunicación con la red de alumbrado público.
- Almacenamiento diario de la información de las líneas de alumbrado.
- Detección de apertura del cuadro eléctrico.
- Comunicación vía MODBUS con analizador/es de redes instalados en el cuadro.

Comunicaciones entre instalación y supervisión (Ethernet, Wimax, GPRS, Wifi, 3G).

El controlador de cuadro tiene la posibilidad de comunicarse con un centro de supervisión a través de un conector de Ethernet o vía GPRS.

➤ SUPERVISIÓN DE LA INSTALACIÓN:

- Recepción de toda la información de alarmas y estado de los consumos energéticos reales.
- Configuración de horarios para gestión inteligente de las líneas de alumbrado y así contribuir al ahorro energético.

➤ ENCENDIDO/APAGADO 2 LÍNEAS.

Encendido/Apagado por configuración horaria, reloj astronómico o de forma manual vía remota.

2.2.4.4 OWLET DEL GRUPO SCHREDER [22][25]

Owlet Nightshift es un sistema de telegestión para el seguimiento o monitoreo, control, medición y gestión de iluminación al aire libre. Basado en tecnologías abiertas que ahorra energía, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, mejora la fiabilidad y reduce los costes de mantenimiento.

Su arquitectura se observa de forma esquemática en el siguiente gráfico:

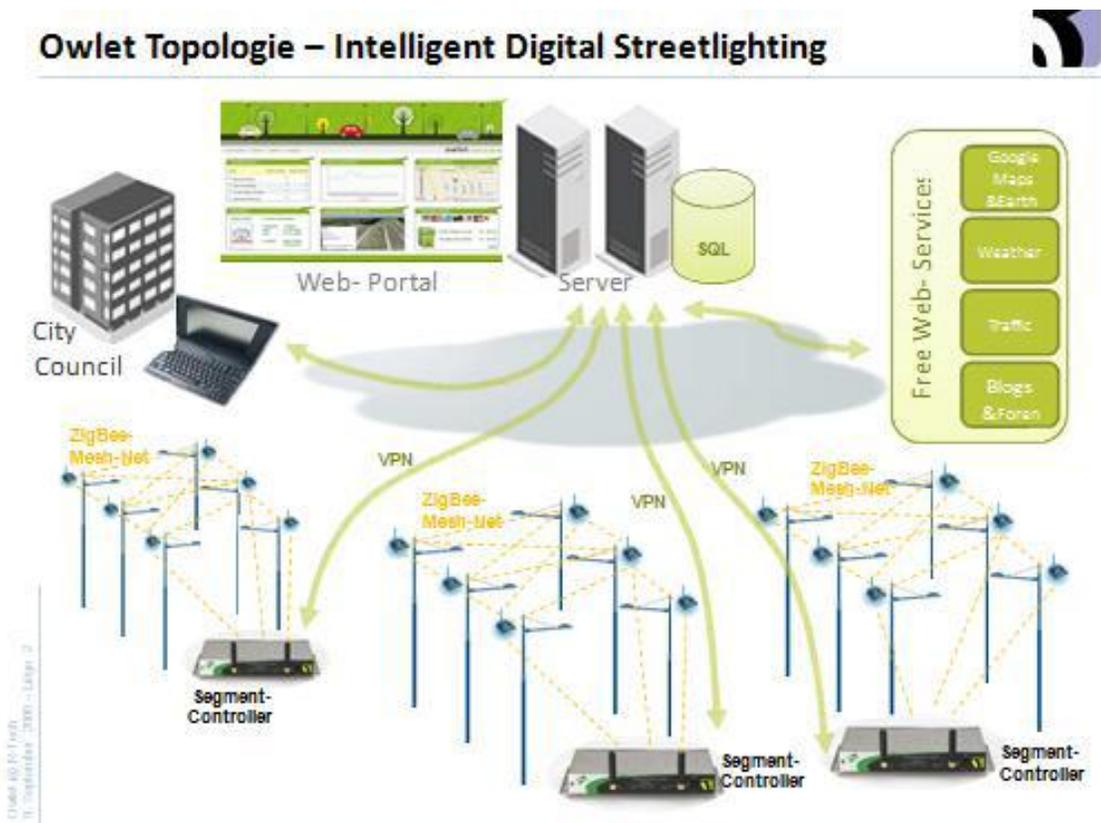


Figura 4.10: Arquitectura del sistema Owlet.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/704/1/te335.pdf>.

Características principales:

- Canales de comunicación ambos usados en cada transmisión.
- Posibilidad de repetición.
- No se presenta ruido en la comunicación.
- 5.4 kbit/seg, entre equipos.
- Secundaria 115 kHz; Primaria 132 kHz.
- IEEE 802.15.4 / ZigBee.
- 16 canales de comunicación cada uno de banda ancha.
- Selección automática o manual.
- Saltos dinámicos de la frecuencia no se detectan.
- Malla multifuncional que autocorrigue fallas entre nodos a través de las múltiples conexiones.
- 250 kbit/segundo.

➤ COMPONENTES DEL SISTEMA:

Owlet Nightshift software: Es de fácil utilización que monitorea, controla y administra la instalación de iluminación. El núcleo del sistema es el protocolo de comunicación abierto ZigBee, una tecnología de red de malla inalámbrica, ampliamente utilizado en varias industrias donde se necesita una tecnología de red con un estándar industrial seguro y fiable (estándar IEEE 802.15.4).

➤ CONTROLADORES DE LUMINARIA DE EXTERIOR (OLC)

El controlador de columna (CoCo) y el controlador de luminaria (LuCo) están disponibles en varias configuraciones. Todos los miembros de la familia comparten la comunicación confiable de ZigBee, las capacidades de conmutación, dimerización y detección de fallo de la lámpara. Los OLC son independientes del balasto, y soportan equipos convencionales como balastos magnéticos y de doble

potencia así como balastos electrónicos y controladores LED con interface de 1-10 V o el estándar DALI. Cada salida es capaz de conmutar hasta luminarias de 1000 W con una tensión de alimentación de 230 V.

➤ **CONTROLADOR DE COLUMNA (CoCo)**

Versión encapsulada, se puede suministrar hasta con dos interruptores de potencia independientes, cada uno mide la energía individual, ideal sí más de una carga se adjunta a un poste, es decir, doble encendido esto es las luminarias y el alumbrado navideño, pasacalles de publicidad, etc. El consumo de energía de cada salida se mide individualmente a través de un medidor de energía clase 1. Monitorea: Corriente, voltaje y factor de potencia. Presenta un reloj de respaldo astronómico construido en el interior, proporciona conmutación después del atardecer/antes del amanecer, incluso cuando los sistemas controladores de segmento del servidor web fallan en operación.

➤ **CONTROLADOR DE LUMINARIA (LuCo)**

LuCo es una opción si desea instalar el sistema dentro de las luminarias. El controlador está disponible en tres versiones: LuCo-D con DALIinterfaz, LuCo-M para construcciones con medidor de energía clase 1, y la LuCo-U sin medición para aplicaciones donde se utiliza un medidor de energía común en el alimentador principal. Al igual que en el CoCo, corriente, el voltaje y factor de potencia son también monitoreados permanentemente y registrados.

Un reloj de respaldo astronómico construido en el interior, proporciona conmutación después del atardecer/antes del amanecer, incluso cuando los sistemas controladores de segmento del servidor web fallan en operación.



➤ CONTROLADOR DE SEGMENTOS (SeCo)

Gestiona un segmento de hasta 150 unidades de CoCo y LuCo. Recoge los datos del OLC a través de la red de malla ZigBee y lo transmite a través de Internet al servidor web, garantizando la seguridad a través de una VPN.

La conexión a Internet se realiza ya sea con el ADSL, GPRS o 3G. Equipado con 2 entradas/salidas digitales y analógicas, así como también de una interfaz de Modbus capaz de adquirir datos desde un medidor de energía para todo un segmento para efectos de facturación, también puede enviar y recibir comandos de sensores remotos, es decir, el cambio de alimentación de la iluminación, el controlador de segmento es totalmente programable y se puede personalizar si es necesario. Puede organizar grupos (es decir, las intersecciones, las carreteras principales, cruces de peatones, etc.) recibir y ejecutar comandos de interruptor y atenuación.

2.2.4.5 AFEISA SISTEMAS Y AUTOMATIZACIÓN SA DE ESPAÑA [4.6].

Con su Sistema Teleastro afirma que tiene un desarrollo de implementación de más de 10 años en la Telegestión del servicio de Alumbrado Público en las municipalidades de España.

Su arquitectura se observa en la figura 4.11.



SISTEMAS DE AHORRO

- Mando y supervisión del equipo de ahorro.
- Alarmas adaptadas al tipo de sistema de ahorro.



PARÁMETROS ELÉCTRICOS

- Visualización local de los parámetros eléctricos.
- Apoyo al mantenimiento de las instalaciones.



RELOJ ASTRONÓMICO

- Versátil programación del alumbrado.
- Reloj sincronizado por internet.



ALUMBRADO

- Adaptable a cualquier cuadro eléctrico.
- Configurable a las necesidades de la instalación.



ALARMAS

- Envío de alarmas por GPRS, SMS y/o email.
- Supervisión, local o a distancia, de la instalación.



ACTUACIÓN

- Telemando y programación por Internet y/o SMS.
- Teclado y display para la actuación local.

Figura 4.11: Arquitectura del sistema Teleastro.

Fuente: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/704/1/te335.pdf>.

➤ CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Un Circuito para Reloj Astronómico (relé NC).
- Un Circuito para ahorro energético (relé conmutado).

- Dos Circuitos Especiales (relé NC).
- Seis entradas digitales para control de alarmas.
- Una entrada digital para control selector de manual.
- Tres entradas de medida de tensión 0-240 VAC de valor eficaz.
- Cuatro entradas analógicas de 0-2 VDC, de las cuales tres configurables de 0-1,5 VDC.
- Display LCD personalizado y teclado de seis teclas.
- Leds para la indicación del estado de cada uno de los circuitos.
- Un puerto RS232 para modem GPRS con protocolo TATP(TCP) y un puerto RS485 programable para periféricos.

➤ CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES.

- Cálculo astronómico mediante algoritmo de alta precisión.
- Cuatro circuitos de salida con programación astronómica y/o horaria.
- Programación de calendario de maniobra con múltiples opciones.
- Puesta en hora automática a través de Internet y reloj atómico.
- Control y mando de las maniobras, independiente a cualquier problema de comunicaciones del servidor.
- Configuración básica a través de teclado y avanzada desde Internet.
- Telemando y tele programación de maniobras vía SMS o GPRS.
- Envío de alarmas y consulta de estado del cuadro por mensajería SMS.
- Mando y supervisión de funcionamiento de cualquier regulador de flujo del mercado o sistema de ahorro de energía.
- Control de las protecciones y de las alarmas del cuadro de alumbrado.
- Supervisión del aislamiento de la instalación.
- Alarmas y medidas de tensión, corriente y potencia.
- Auditorías energéticas permanentes y supervisión de los medidores de energía.



- Supervisión del estado de toda la instalación mediante acceso a internet.
- Múltiples usuario del sistema sin necesidad de crear redes internas.

4.3 VIDA UTIL

La vida media de los equipos de control a nivel de punto de luz es de 15 a 20 años, esto puede sufrir cambios debido a las condiciones ambientales de la ciudad.

Los equipos a nivel armario también tienen una vida media de 15 a 20 años. [22]

4.4 BENEFICIOS AL IMPLEMENTAR UN SISTEMA DE TELEGESTION

Los sistemas de telegestión en el alumbrado público son verdaderamente importantes debido a que gracias a estos se puede reducir el consumo energético, lo cual nos lleva a obtener una mayor eficiencia energética en el sistema de alumbrado público.

Las ventajas que se pueden obtener con la implementación de este sistema de control son varias, a continuación mencionaremos algunas:

- Con la telegestión se tiene el control del encendido y apagado de las luminarias, además permite la regulación de la intensidad, por lo que se puede realizar un control de la demanda; útil en momentos de estiaje o eventos semejantes.
- Con este sistema de control en cada uno de los puntos de luz se pueden prevenir averías detectando problemas operativos como por ejemplo: lámparas rotas, sobretensión, temperatura de los dispositivos, etc.

- Los sistemas de telegestión ofrecen un ahorro energético que se encuentra entre el 40% y 50% del consumo; valores ofertados en general por los proveedores.
- Se tiene el control de la vida útil de las luminarias.
- El tiempo de reparación de una luminaria será menor ya que mediante este sistema se conoce cuál es la que no opera correctamente y no se espera que los ciudadanos reporten el fallo.
- Se optimiza el servicio que realizan las cuadrillas y personal técnico ya que de manera oportuna se le dará la información de la ubicación donde se debe realizar el mantenimiento.
- La gestión de los sistemas de iluminación contribuye a la reducción de la contaminación lumínica, e indirectamente a las emisiones de CO₂ al reducir el consumo energético.
- Con la telegestión se logra un aumento de la calidad y confiabilidad del servicio de alumbrado público.
- Se llega a conseguir una información importante, correcta y bien detallada de las instalaciones que forman parte del sistema.

4.5 SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE TELEGESTION PARA EL CENTRO HISTORICO DE CUENCA

De los sistemas de Telegestión descritos en los puntos anteriores (4.2.4.1 a 4.2.4.5), todos son sistemas que tienen características importantes que brindan grandes funcionalidades y que puede llegarse a aplicar de así requerirlo en el Centro Histórico de Cuenca.

Los sistemas de Telegestión antes mencionados poseen equipos capaces de reportar información de las luminarias, realizar controles en los puntos luminosos, de encargarse del correcto funcionamiento de sus componentes. También cuentan con equipos capaces de registrar todos los eventos que ocurran en la luminaria y que son comunicados o transmitidos a los centros de control del Sistema de Alumbrado Público, que es el lugar donde se gestiona la operación de los componentes del sistema. Además de poseer un respectivo software que permite realizar una supervisión y control de toda la información del sistema.

Dentro del análisis de los sistemas de Telegestión, el sistema que llega a destacar sobre los demás, desde un punto de vista técnico es la tecnología que se ofrece por parte de ELO SISTEMAS ELECTRÓNICOS S.A., debido a los beneficios y características que ofrece.

Este sistema de telegestión nos permitirá como objetivos principales:

- La optimización de las instalaciones de Alumbrado Público, ya que se tendrá un control de todo lo que llegase a pasar en los puntos luminosos.
- El mejoramiento en la calidad del servicio de Alumbrado Público, además en la gestión del consumo energético.

A continuación se resaltara las características más importantes que hacen que se destaque esta tecnología de Telegestión de las demás ofertadas:

- Los controladores de luminaria (LC) se comunican con el controlador de segmento (SC), utilizando la tecnología de LonWorks estandarizada sobre powerline (protocol ISO 14908). [22]
- Los controladores de lámpara (LC) reciben comandos u órdenes de: ON, OFF, regulación de iluminación, ajuste de valores y parámetros, y envía a

los controladores de segmento (SC) datos de: balastos y lámparas, bajo factor de potencia, voltaje, corriente, potencia energía, horas de funcionamiento, la retroalimentación de lámpara, etc.

- El software de Streetlight.Vision, es 100% web y almacenado en la nube (Cloud-based), que es utilizado por esta tecnología es compatible con todos los controladores de lámpara.
- El controlador de segmento (SC) se comunica con cada controlador de luminaria a través de Powerline, además es capaz de gestionar de 1 a 200 luminarias.
- El servidor web Streetlight.Vision ofrece servicio de alarmas, reportes control en tiempo real y automatización, es una plataforma que cuenta con aplicaciones Smart City ya que su modelo cada vez va evolucionando.
- El servidor web Streetlight.Vision y el software SLV Silverlight que es ejecutable en Smart Phones y Tablet proporcionan una herramienta intuitiva a la posición, inventario y administración de los puntos de iluminación sobre mapas satelitales.
- Con esta tecnología de ELO se puede controlar virtualmente cualquier tipo de luminaria (la instalación en el poste o en la luminaria) lámpara (HPS, MH, LED, lámparas de inducción) y balastos (magnéticos, electrónicos 1-10 V, electrónicos DALI, LED driver).
- Para la comunicación con la aplicación central, el controlador de segmento permite incorporar con sencillez interfaces para, las siguientes tecnologías de comunicación: GSM, GPRS, 3G, Ethernet.



- El sistema a más de detectar fallas en las luminarias, permite obtener un seguimiento de su vida útil.
- Permite una gran diversidad de elección de luminarias ya que el servidor web Streetlight.Vision es compatible con todos los controladores de lámpara.

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- SISTEMA DE ILUMINACION.

En el Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca existen 1252 luminarias de sodio de alta presión, de las cuales el 90.26 % son lámparas de 250W de doble nivel de potencia. Mientras que el resto de luminarias comprende en: 0.80% de 150W doble nivel de potencia, 2.40 % de 100W, 3.59 % de 150 W, 2.96 % de 250W.

La disposición de luminarias instaladas en el sistema actual de iluminación es unilateral, con un promedio de 8 metros de altura y una distancia promedio entre luminarias de 28.76 metros. Además cuenta con 147 manzanas de las cuales se subdivide en 162 segmentos de calle (cuadras) en las vías principales y 142 para las secundarias, con aproximadamente 100 metros de longitud, de las cuales se encuentran instaladas en promedio 4 luminarias por cuadra.

Según la regulación No. CONELEC 008/11, para niveles de iluminación, se determinó que las vías del centro histórico de Cuenca son de tipo M3 cuyos niveles mínimos son:

- Luminancia promedio de 1 cd/m².
- Uniformidad mayor al 40%.
- Uniformidad longitudinal mayor al 60%.
- Deslumbramiento menor al 15%.
- 50% para relación de alrededores.

Se ha realizado las simulaciones de diseño y luego se ha constatado con las medidas realizadas. En general las mediciones confirman los valores de diseño.



En algunos casos (11 calles) la uniformidad longitudinal está por debajo de lo que indica la regulación, con un porcentaje del 13%.

En los casos en donde la uniformidad longitudinal no cumple, es debido a los obstáculos de balcones, tejados, garaje, etc. Que impide una mejor ubicación de las luminarias.

Los demás parámetros de iluminación tales como: Luminancia, Uniformidad y deslumbramiento; cumplen lo establecido en la regulación.

En promedio, los resultados obtenidos del total de las calles fueron satisfactorios, obteniendo niveles por encima de los requeridos.

Los valores medidos de campo son inferiores actualmente a los de diseño, debido a que no se ha cumplido el plan de mantenimiento previsto, esto es reemplazar las lámparas una vez cumplida su vida útil y limpieza de difusores cada dos años.

Las medidas efectuadas pueden tener errores debido a que el equipo no es calibrado.

Los resultados reflejados con luminarias led, cumplen los niveles establecidos aunque los mismos se encuentran debajo del promedio determinado por el sistema actual de iluminación.

El consumo energético de las luminarias led se redujo un 22%, lo que genera un ahorro de USD 14846.36 anuales, pero se redujo el nivel de iluminación.

En el análisis financiero se obtuvo un valor actual de costos (VAC) para cada uno de los sistemas, determinando así que la implementación de luminarias led conlleva un mayor costo de inversión con un VAC de USD 2.541.627,81; frente a un VAC de USD 1.648.565,96 para luminarias de sodio. Así mismo se obtuvo el Costo Anual Equivalente (CAE) de USD 334.367,86 y USD 216.879,70 para para led y sodio respectivamente. De acuerdo a estos indicadores financieros se puede



concluir, que la mejor alternativa que minimiza los costos es la que actualmente se encuentra en funcionamiento.

En cuanto al consumo energético de equipos auxiliares, la empresa eléctrica se beneficiara con un ahorro de USD. 4247,89 anuales; si se implementa el nuevo sistema de iluminación led.

Así mismo los costos de mantenimiento son de: USD. 65.103,99 para sodio y USD. 522.25 para led, es decir al implementar el nuevo sistema obtendremos un ahorro por mantenimiento de USD. 64581.74 en toda la vida útil de las luminarias (14 años) o USD. 4612.98 anuales.

En conclusión, el análisis realizado en cada uno de los sistemas de alumbrado público, determinó que el mejor sistema de iluminación para el Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca es mantenerse con el sistema actual (sodio alta presión), hasta que los precios de la tecnología led sean más competitivos.

- **TELEGESTION.**

Los sistemas de telegestión de alumbrado público permiten tener un control sobre el consumo energético de las instalaciones a través de un software informático en donde se registran todo los datos, pudiendo valorarlos y saber si se está o no realizando un ahorro energético.

Posibilita mantener las instalaciones siempre en un correcto funcionamiento, permitiendo detectar en los puntos de luz algún problema, falla o alerta, con lo que se puede disminuir los tiempos de reparación de estas.

Con un sistema de Telegestión se optimiza las labores de mantenimiento, los sistemas también realizan un seguimiento de la vida útil de las lámparas, para poder realizar el cambio de la lámpara dando como resultado una mayor eficiencia.



Se puede realizar una regulación de los niveles de luminosidad desde el centro de control, de acuerdo a los requerimientos del lugar, ayudando a la reducción de la contaminación lumínica y atmosférica.

Se puede realizar una gestión de la demanda, característica beneficiosa en momentos de escasez energética, así como en situaciones emergentes por diferencia de potencia instalada disponible

Las personas que se encuentren a cargo, pueden monitorear desde cualquier lugar y en el momento oportuno el sistema de Telegestión de Alumbrado público, ya que algunos proveedores de estos sistemas proporcionan una interfaz de servicios Web abiertos y seguros.

Con la aplicación de un sistema de Telegestión se puede llegar a tener un ahorro de consumo energético de entre el 45% y 60%.

5.2 RECOMENDACIONES

- SISTEMA DE ILUMINACION.

En los casos puntuales en donde no se cumple con la uniformidad longitudinal, se requiere realizar nuevos estudios adicionales para mejorar las mismas de ser posible.

Para realizar mediciones de campo, se recomienda utilizar quipos debidamente calibrados.

Cumplir el plan de mantenimiento establecido.

- TELEGESTION

Se recomienda utilizar un sistema de Telegestión donde software que va a controlar el sistema sea compatible con gran parte de controladores de luminarias para que pueda existir una variedad de selección de luminarias.

De los proveedores de Telegestión analizados, se resume que en general todos cumplen con los requerimientos mínimos, por la que la elección final queda sujeta al precio ofertado, cabe mencionar que la experiencia de los mismos es suficiente para una implementación de este tipo.



BIBLIOGRAFIA

- [1]. García Fernández, Javier; CITCEA. [En línea]
<http://edison.upc.edu/curs/llum/fotometria/magnitud.html>.
- [2]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec>. [En línea]
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/682/1/te315.pdf>
- [3]. <http://dspace.ups.edu.ec>. [En línea]
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/74/7/Capitulo1.pdf>
- [4]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec>. [En línea]
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3695/1/TESIS.pdf>
- [5] http://www.ecured.cu/index.php/L%C3%A1mparas_de_vapor_de_mercurio
- [6]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec>. [En línea]
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/tesis.pdf>
- [7] <http://www.unicrom.com> [En línea]
http://www.unicrom.com/Tut_diodo.asp
- [8] <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com> [En línea]
<http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2008/04/materiales-semiconductores.pdf>
- [9]. <http://dspace.ups.edu.ec>. [En línea]
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/150/2/CAPITULO%20I.pdf>
- [10] <http://dspace.ucuenca.edu.ec>. [En línea]
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/345/1/TESIS.pdf>
- [11] Estudio de lámparas led para alumbrado público y diseño de un sistema SCADA con control on/of; Pedro Francisco Chantera, Daniel Ricardo Tobar [En línea]
- [12] Regulación No. CONELEC 008/11
- [13] RTE INEN 069. [En Línea]
http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/prte_069.pdf
- [14] Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público 2010. RETILAP.
- [15] http://www.edeq.com.co/documentos/NewFolderNormastecnicascapitulos/5-Alumbrado_Publico.pdf
- [16] Aching Guzmán C.: (2006) *Guía Rápida Ratios Financieros y Matemáticas de la Mercadotecnia*, Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2006a/



- [17] Población y muestra. Técnicas de muestreos, Paula Lagares Barreiro, Justo Puerto Albandoz.
- [18] Técnicas y Métodos de Investigación. Ing Luis M. Reyes.
- [19] Guía para diseño de Instalaciones de iluminación interior utilizando Dialux. Julián Andrés Rodríguez Ramírez, Cristian Alejandro Ilano.
- [20] Ingeniería de Control – Control de Sistemas Continuos; Jorge Juan Gil Nobajas y Ángel Rubio Díaz-Cordovés; 2004
- [21] Introducción A Los Sistemas De Control Y Modelo Matemático Para Sistemas Lineales Invariantes En El Tiempo; Ing. Mario Alberto Pérez; Ing. Analía Pérez Hidalgo; Bioing. Elisa Perez Berenguer.
- [22] Oswaldo Javier Encalada Espinoza [En línea]
Plan piloto de Telegestión para el control de alumbrado público para la vía Cuenca-Descanso.
- [23] Gabriel Ángel Monsalve Tapias; Jaime Andrés Bedoya Arboleda; Omar Albeiro Martin Jaramillo [En línea]
Telegestión de alumbrado público Medellín.
- [24] José Antonio Suarez Acevedo [En línea]
Marco Teórico de la telegestión del servicio de alumbrado público.
- [25] José Antonio Ramírez Pinto [En línea]
Proyecto piloto de telegestión del servicio de alumbrado público de la ciudad de Bucaramanga.
- [26] Ingrid Jessenia Batres España.
Consideraciones generales para transmisión de datos a través de la red eléctrica (PLC).
- [27] HOSTETTER, GH, SAVANT, CJ, STEFANI, R. T.,
Sistemas de control.
- [28] <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10028/1/Estudio%20de%20Implantaci%C3%B3n%20de%20una%20WLAN%20sobre%20UMTS.pdf>
- [29] http://www.agenciaidea.es/c/document_library/get_file?uuid=9e84835b-e749-4b6c-a01d-f60d3399fae9&groupId=10157

ANEXOS

ANEXO 1: Datos y resultados de simulación de diseño para calles principales.

Luminarias de Vapor de sodio												
Calles Principales												
Calles	Referencias	N° Postes	H[m]	d[m]	Acera[m]	Calzada[m]	Lmed [cd/m ²]	Uo [%]	Emed [lux]	Ti [%]	UI 1 [%]	
Pio Bravo	Tomas Ordoñez y Vargas Machuca	1 - 2	8,00	25,60	2,10	8,40	3,47	51,30	49,00	8,80	75,00	
		2 - 3	8,00	24,70	2,10	8,40	3,59	51,30	50,70	8,70	75,40	
		3 - 4	8,00	24,40	2,10	8,40	3,64	51,20	51,30	8,60	75,50	
		Prom	8,00	24,90	2,10	8,40	3,57	51,27	50,33	8,70	75,30	
	Huayna Capac y Manuel Vega	5 - 6	8,00	35,83	2,10	8,40	2,48	43,60	35,10	10,60	55,50	
		6 - 7	8,00	15,49	2,10	8,40	5,73	48,60	80,90	6,80	76,20	
Antonio Vega Muñoz	Mariano Cueva y Hermano Miguel	8 - 9	8,00	29,73	3,20	6,10	3,38	61,70	46,70	10,90	68,10	
		9 - 10	8,00	25,00	3,20	6,10	4,01	65,50	55,40	9,90	71,50	
		10 - 11	8,00	20,50	3,20	6,10	4,89	61,90	67,40	8,60	70,10	
		Prom	8,00	25,08	3,20	6,10	4,09	63,03	56,50	9,80	69,90	
	General Torres y Tarqui	12 - 13	8,00	43,09	3,20	6,10	2,33	49,50	32,20	14,00	39,10	
		13 - 14	8,00	40,08	3,20	6,10	2,51	50,90	34,60	13,30	44,30	
Gaspar Sangurima	Juan Montalvo y Estevez de Toral	15 - 16	8,00	43,44	2,29	8,90	1,99	39,10	28,20	11,60	43,30	
		16 - 17	8,00	23,23	2,29	8,90	3,72	47,50	52,50	8,10	77,10	
		17 - 18	8,00	23,46	2,29	8,90	3,68	47,90	52,00	8,10	77,00	
		Prom	8,00	30,04	2,29	8,90	3,13	44,83	44,23	9,27	65,80	
	Hermano Miguel y Antonio Borrero	19 - 20	8,00	41,55	2,29	8,90	2,08	39,50	29,50	11,20	46,20	
		20 - 21	8,00	22,28	2,29	8,90	3,87	45,90	54,60	8,00	76,40	
Mariscal José Lamar	Tomas Ordoñez y Vargas Machuca	23 - 24	8,00	28,50	2,40	9,00	3,02	47,70	42,70	8,80	74,80	
		24 - 25	8,00	34,30	2,40	9,00	2,51	41,80	35,50	9,90	60,00	
		25 - 26	8,00	25,20	2,40	9,00	3,41	47,30	48,20	8,30	76,70	
		Prom	8,00	29,33	2,40	9,00	2,98	45,60	42,13	9,00	70,50	
	General Torres y Tarqui	27 - 28	8,00	41,20	2,40	9,00	2,09	38,90	29,50	11,00	46,90	
		28 - 29	8,00	24,31	2,40	9,00	3,53	47,30	49,90	8,20	76,80	
Gran Colombia	Hermano Miguel y Antonio Borrero	29 - 30	8,00	19,25	2,40	9,00	4,46	42,10	63,00	7,30	72,60	
		Prom	8,00	28,25	2,40	9,00	3,36	42,77	47,47	8,83	65,43	
		31 - 32	8,00	30,30	2,10	5,60	3,39	64,90	46,30	11,10	68,50	
		32 - 33	8,00	32,30	2,10	5,60	3,19	61,00	43,50	11,60	62,20	
	Simón Bolívar	Vargas Machuca y Mariano Cueva	33 - 34	8,00	30,40	2,10	5,60	3,38	64,70	46,10	11,10	68,20
			Prom	8,00	31,00	2,10	5,60	3,32	63,53	45,30	11,27	66,30
35 - 36			8,00	21,00	1,80	6,00	4,80	63,00	65,90	8,70	70,60	
36 - 37			8,00	20,70	1,80	6,00	4,86	62,70	66,90	8,60	70,30	
Antonio Borrero y Luis Cordero		37 - 38	8,00	16,60	1,80	6,00	6,07	62,30	83,50	7,60	72,20	
		38 - 39	8,00	39,50	1,80	6,00	2,56	51,30	35,20	13,20	45,50	
Antonio José de Sucre	Tarqui y Juan Montalvo	40 - 41	8,00	35,77	1,80	6,00	2,83	55,20	38,90	12,20	52,40	
		41 - 42	8,00	20,82	1,80	6,00	4,84	62,80	66,50	8,60	70,40	
		42 - 43	8,00	28,73	1,80	6,00	3,52	64,00	48,50	10,70	71,10	
		Prom	8,00	28,44	1,80	6,00	3,73	60,67	51,30	10,50	64,63	
	Tomas Ordoñez y Vargas Machuca	44 - 45	8,00	22,50	1,70	6,00	4,47	64,90	61,60	9,10	71,50	
		45 - 46	8,00	28,20	1,70	6,00	3,58	65,00	49,30	10,60	72,60	
Presidente Cordova	Antonio Borrero y Luis Cordero	46 - 47	8,00	48,80	1,70	6,00	2,07	44,30	28,50	15,50	32,60	
		Prom	8,00	33,17	1,70	6,00	3,37	58,07	46,47	11,73	58,90	
		48 - 49	8,00	21,83	1,70	6,00	4,61	63,90	63,40	8,90	71,20	
		49 - 50	8,00	32,81	1,70	6,00	3,08	58,10	42,50	11,50	59,90	
	Juan Jaramillo	Vargas Machuca y Mariano Cueva	50 - 51	8,00	25,10	1,70	6,00	4,02	65,90	55,30	9,90	71,60
			Prom	8,00	26,58	1,70	6,00	3,90	62,63	53,73	10,10	67,57
52 - 53	8,00		13,57	1,80	5,50	7,60	71,20	103,20	6,80	82,50		
53 - 54	8,00		16,64	1,80	5,50	6,20	65,30	84,20	7,60	72,40		
Honorato Vasquez	Benigno Malo y Padre Aguirre	54 - 55	8,00	32,76	1,80	5,50	3,16	60,50	43,00	11,70	61,00	
		55 - 56	8,00	26,13	1,80	5,50	3,95	69,50	53,70	10,30	73,10	
		Prom	8,00	22,28	1,80	5,50	5,23	66,63	71,03	9,10	72,25	
		57 - 58	8,00	28,71	1,60	9,00	3,00	47,50	42,40	8,90	74,30	
	Mariano Cueva y Hermano Miguel	58 - 59	8,00	18,17	1,60	9,00	4,73	42,00	66,80	7,20	72,70	
		59 - 60	8,00	18,00	1,60	9,00	4,78	42,00	67,40	7,10	72,80	
Alfonso Jerves	Angel Estrella y Manuel Vega	60 - 61	8,00	32,00	1,60	9,00	2,69	43,80	38,10	9,40	65,50	
		Prom	8,00	24,22	1,60	9,00	3,80	43,83	53,68	8,15	71,33	
		62 - 63	8,00	33,32	1,60	9,00	2,58	42,10	36,50	9,70	62,50	
		63 - 64	8,00	19,19	1,60	9,00	4,48	42,10	63,20	7,40	72,50	
	Tomas Ordoñez y Vargas Machuca	64 - 65	8,00	25,11	1,60	9,00	3,42	47,30	48,30	8,30	76,70	
		Prom	8,00	25,87	1,60	9,00	3,49	43,83	49,33	8,47	70,57	
Alfonso Malo	Mariano Cueva y Hermano Miguel	65 - 66	8,00	39,11	1,70	6,40	2,53	50,10	35,20	12,80	45,70	
		66 - 67	8,00	23,07	1,70	6,40	4,28	63,30	59,40	9,40	71,40	
		67 - 68	8,00	22,30	1,70	6,40	4,43	62,20	61,40	9,00	71,60	
		Prom	8,00	28,16	1,70	6,40	3,75	58,53	52,00	10,40	62,90	
	Angel Estrella y Manuel Vega	68 - 69	8,00	24,00	1,50	7,00	3,99	60,20	56,00	9,30	71,60	
		69 - 70	8,00	28,00	1,50	7,00	3,43	60,00	48,10	10,20	71,60	
Larga	Tomas Ordoñez y Vargas Machuca	Prom	8,00	26,00	1,50	7,00	3,71	60,10	52,05	9,75	71,60	
		71 - 72	8,00	25,29	1,50	7,00	3,80	60,10	53,20	9,60	71,70	
		72 - 73	8,00	30,17	1,50	7,00	3,18	57,70	44,70	10,60	67,00	
		Prom	8,00	27,73	1,50	7,00	3,49	58,90	48,95	10,10	69,35	
	Manuel Vega y Tomas Ordoñez	74 - 75	8,00	30,79	1,45	6,54	3,19	59,20	44,50	10,80	65,20	
		75 - 76	8,00	25,65	1,45	6,54	3,83	62,90	53,30	9,80	71,40	
Jesus Arriaga y Angel Estrella	Benigno Malo y Padre Aguirre	76 - 77	8,00	29,27	1,45	6,54	3,36	60,20	46,90	10,60	68,60	
		Prom	8,00	28,57	1,45	6,54	3,46	60,77	48,23	10,40	68,40	
		78 - 79	8,00	38,24	2,36	11,33	1,98	27,80	27,80	7,90	58,40	
		79 - 80	8,00	40,46	2,36	11,33	1,87	26,90	26,20	8,20	54,30	
	Benigno Malo y Padre Aguirre	Prom	8,00	39,35	2,36	11,33	1,93	27,35	27,00	8,05	56,35	
		81 - 82	8,00	27,50	2,36	11,33	2,77	33,80	38,60	6,60	82,60	
Benigno Malo y Padre Aguirre	82 - 83	8,00	26,44	2,36	11,33	2,88	33,40	40,10	6,60	82,00		
	83 - 84	8,00	28,74	2,36	11,33	2,64	33,70	36,90	6,70	81,10		
	Prom	8,00	27,56	2,36	11,33	2,76	33,63	38,53	6,63	81,90		

ANEXO 2: Datos y resultados de simulación de diseño para calles transversales.

Luminarias de Vapor de sodio											
Calles Transversales											
Calles	Referencias	N° Postes	H[m]	d[m]	Acera[m]	Calzada[m]	Lmed [cd/m ²]	Uo [%]	Emed [lux]	Ti [%]	UI 1 [%]
Guillermo Talbot	Gran Colombia y Simón Bolívar	85 - 86	8,00	36,40	3,20	7,60	2,56	46,40	36,10	11,40	51,70
		86 - 87	8,00	41,12	3,20	7,60	2,26	45,40	31,90	12,50	43,20
		Prom	8,00	38,76	3,20	7,60	2,41	45,90	34,00	11,95	47,45
Estevez de Toral	Presidente Cordova y Antonio Jose de Sucre	88 - 89	8,00	25,90	2,30	6,30	3,84	64,30	53,20	10,00	71,70
		89 - 90	8,00	27,80	2,30	6,30	3,58	64,30	49,60	10,40	72,00
		90 - 91	8,00	26,90	2,30	6,30	3,70	64,60	51,30	10,20	71,90
	Prom	8,00	26,87	2,30	6,30	3,71	64,40	51,37	10,20	71,87	
	Gran Colombia y Simón Bolívar	92 - 93	8,00	46,96	2,30	6,30	2,12	46,90	29,40	14,80	34,10
		93 - 94	8,00	40,47	2,30	6,30	2,46	50,20	34,10	13,20	43,20
Prom		8,00	43,72	2,30	6,30	2,29	48,55	31,75	14,00	38,65	
Juan Montalvo	Meriscal Lamar y Gaspar Sangurima	95 - 96	8,00	24,80	1,35	7,10	3,85	59,50	54,00	9,40	71,70
		96 - 97	8,00	24,10	1,35	7,10	3,96	59,60	55,50	9,30	72,30
		97 - 98	8,00	31,70	1,35	7,10	3,01	54,80	42,30	10,70	62,10
		Prom	8,00	26,87	1,35	7,10	3,61	57,97	50,60	9,80	68,70
Tarqui	Gran Colombia y Simón Bolívar	99 - 100	8,00	17,00	2,15	6,00	5,93	61,80	81,50	7,60	71,70
		100 - 101	8,00	19,00	2,15	6,00	5,30	61,50	73,00	8,20	69,30
		101 - 102	8,00	33,20	2,15	6,00	3,04	57,70	41,90	11,60	60,40
		Prom	8,00	23,07	2,15	6,00	4,76	60,33	65,47	9,13	67,13
General Torres	Presidente Cordova y Antonio Jose de Sucre	103 - 104	8,00	24,85	1,48	6,65	3,93	62,10	54,80	9,60	71,10
		104 - 105	8,00	10,15	1,48	6,65	9,61	65,20	133,80	5,90	95,40
		105 - 106	8,00	40,00	1,48	6,65	2,44	49,20	34,10	12,90	44,10
		Prom	8,00	25,00	1,48	6,65	5,33	58,83	74,23	9,47	70,20
Padre Aguirre	Simón Bolívar y Antonio Jose de Sucre	107 - 108	8,00	21,00	2,20	5,60	4,89	65,30	66,50	8,80	70,90
		108 - 109	8,00	20,80	2,20	5,60	4,93	65,10	67,10	8,70	70,70
		109 - 110	8,00	47,13	2,20	5,60	2,18	47,70	29,80	15,30	34,50
	Prom	8,00	29,64	2,20	5,60	4,00	59,37	54,47	10,93	58,70	
	Meriscal Lamar y Gaspar Sangurima	111 - 112	8,00	28,52	2,20	5,60	3,61	66,70	49,20	10,90	72,50
		112 - 113	8,00	21,88	2,20	5,60	4,69	78,20	63,80	9,90	70,50
113 - 114		8,00	35,67	2,20	5,60	2,89	56,70	39,40	12,40	53,20	
Prom	8,00	28,69	2,20	5,60	3,73	67,20	50,80	11,07	65,40		
Benigno Malo	Meriscal Lamar y Gran Colombia	115 - 116	8,00	26,19	1,52	6,95	3,68	60,50	51,50	9,80	71,60
		116 - 117	8,00	22,03	1,52	6,95	4,36	58,50	61,00	8,80	71,70
		117 - 118	8,00	25,13	1,52	6,95	3,83	60,30	53,70	9,60	71,60
		Prom	8,00	24,45	1,52	6,95	3,96	59,77	55,40	9,40	71,63
Luis Cordero	Meriscal Lamar y Gaspar Sangurima	119 - 120	8,00	25,00	2,20	5,50	4,13	69,00	56,00	10,10	72,40
		120 - 121	8,00	25,50	2,20	5,50	4,05	69,20	55,00	10,20	72,70
		121 - 122	8,00	26,00	2,20	5,50	3,97	69,40	53,90	10,30	73,00
	Prom	8,00	25,50	2,20	5,50	4,05	69,20	54,97	10,20	72,70	
	Vega Muñoz y Pio Bravo	123 - 124	8,00	34,69	2,20	5,50	2,98	58,50	40,60	12,20	55,90
		124 - 125	8,00	32,94	2,20	5,50	3,14	60,10	42,70	11,80	60,40
Prom		8,00	33,82	2,20	5,50	3,06	59,30	41,65	12,00	58,15	
Antonio Borrero	Pio Bravo y Rafael María Arizaga	126 - 127	8,00	29,43	1,95	7,31	3,21	55,70	45,20	10,30	67,80
		127 - 128	8,00	34,15	1,95	7,31	2,77	50,30	39,00	11,10	56,70
		128 - 129	8,00	25,32	1,95	7,31	3,73	58,30	52,40	9,40	72,80
	Prom	8,00	29,63	1,95	7,31	3,24	54,77	45,53	10,27	65,77	
	Honorato Vasquez y Juan Jaramillo	130 - 131	8,00	24,87	1,95	7,31	3,79	58,30	53,30	9,30	72,70
		131 - 132	8,00	33,60	1,95	7,31	2,81	50,60	39,60	11,00	58,40
132 - 133		8,00	33,92	1,95	7,31	2,79	50,40	39,20	11,10	57,40	
Prom	8,00	30,80	1,95	7,31	3,13	53,10	44,03	10,47	62,83		
Hermano Miguel	Juan Jaramillo y Presidente Cordova	134 - 135	8,00	28,93	2,35	5,60	3,56	66,00	48,60	10,70	71,70
		135 - 136	8,00	26,63	2,35	5,60	3,86	69,00	52,60	10,40	73,10
		137 - 138	8,00	26,68	2,35	5,60	3,85	69,10	52,50	10,40	73,20
	Prom	8,00	27,41	2,35	5,60	3,76	68,03	51,23	10,50	72,67	
	Simón Bolívar y Antonio Jose de Sucre	139 - 140	8,00	21,65	2,35	5,60	4,74	66,00	64,50	9,00	71,50
		140 - 141	8,00	23,95	2,35	5,60	4,28	68,00	58,40	9,80	72,00
141 - 142		8,00	22,32	2,35	5,60	4,60	67,00	62,60	9,20	71,90	
Prom	8,00	22,64	2,35	5,60	4,54	67,00	61,83	9,33	71,80		
Mariano Cueva	Pio Bravo y Rafael María Arizaga	143 - 144	8,00	26,38	1,64	9,69	3,14	43,20	44,30	7,90	78,10
		144 - 145	8,00	34,85	1,64	9,69	2,38	37,20	33,60	9,30	60,10
		145 - 146	8,00	27,39	1,64	9,69	3,02	43,70	42,70	8,00	78,20
	Prom	8,00	29,54	1,64	9,69	2,85	41,37	40,20	8,40	72,13	
	Meriscal Lamar y Gran Colombia	147 - 148	8,00	35,94	1,64	9,69	2,30	36,20	32,60	9,40	57,80
		148 - 149	8,00	26,90	1,64	9,69	3,08	43,50	43,40	8,00	78,00
149 - 150		8,00	20,60	1,64	9,69	4,01	38,70	56,40	7,30	74,40	
Prom	8,00	27,81	1,64	9,69	3,13	39,47	44,13	8,23	70,07		
Vargas Machuca	Honorato Vasquez y Juan Jaramillo	151 - 152	8,00	31,93	1,27	9,51	2,62	41,30	37,00	8,90	67,00
		152 - 153	8,00	29,46	1,27	9,51	2,84	43,30	40,10	8,50	73,60
		153 - 154	8,00	26,53	1,27	9,51	3,15	44,40	44,50	8,10	77,60
		Prom	8,00	29,31	1,27	9,51	2,87	43,00	40,53	8,50	72,73
Tomas Ordoñez	Honorato Vasquez y Juan Jaramillo	155 - 156	8,00	39,40	1,80	8,00	2,30	43,30	32,60	11,70	47,60
		156 - 157	8,00	20,30	1,80	8,00	4,47	49,40	62,90	8,00	71,50
		157 - 158	8,00	22,60	1,80	8,00	4,01	52,50	56,60	8,60	74,80
	Prom	8,00	27,43	1,80	8,00	3,59	48,40	50,70	9,43	64,63	
	Antonio Vega Muñoz y Gaspar Sangurima	159 - 160	8,00	33,22	1,80	8,00	2,73	47,30	38,60	10,40	61,50
		160 - 161	8,00	22,89	1,80	8,00	3,96	53,10	55,90	8,60	74,60
161 - 162		8,00	23,20	1,80	8,00	3,91	53,60	55,10	8,70	74,50	
Prom	8,00	26,44	1,80	8,00	3,53	51,33	49,87	9,23	70,20		
Manuel Vega	Meriscal Lamar y Gran Colombia	163 - 164	8,00	50,00	1,50	9,00	1,71	37,70	24,40	12,70	34,50
		164 - 165	8,00	15,50	1,50	9,00	5,55	44,80	78,20	6,60	76,90
		165 - 166	8,00	19,27	1,50	9,00	4,46	42,10	62,90	7,30	72,60
	Prom	8,00	28,26	1,50	9,00	3,91	41,53	55,17	8,87	61,33	
	Presidente Cordova y Antonio Jose de Sucre	167 - 168	8,00	35,02	1,50	9,00	2,46	40,90	34,80	10,00	58,10
		168 - 169	8,00	19,52	1,50	9,00	4,40	42,20	62,10	7,30	72,70
169 - 170		8,00	16,31	1,50	9,00	5,27	43,60	74,40	6,80	75,00	
Prom	8,00	23,62	1,50	9,00	4,04	42,23	57,10	8,03	68,60		
Miguel Angel Estrella	Juan Jaramillo y Presidente Cordova	171 - 172	8,00	46,38	2,00	6,37	2,14	47,80	29,70	14,60	34,70
		172 - 173	8,00	34,35	2,00	6,37	2,89	54,90	40,10	11,70	56,10
		Prom	8,00	40,37	2,00	6,37	2,52	51,35	34,90	13,15	45,40
Jesus Arriaga	Alfonso Malo y Alfonso Arriaga	174 - 175	8,00	24,30	1,35	7,10	3,92	59,60	55,10	9,40	72,30
		175 - 176	8,00	19,87	1,35	7,10	4,80	55,00	67,30	8,20	70,20
		176 - 177	8,00	22,09	1,35	7,10	4,31	57,60	60,50	9,00	72,00
		Prom	8,00	22,09	1,35	7,10	4,34	57,40	60,97		

ANEXO 3: Determinación de tipo de vía.

Parámetro	Opciones	Valor de Ponderación de Vp	Vp seleccionado	
Velocidad	Elevado	1	0	
	Alto	0.5		
	Moderado	0		
Volumen del Tráfico	Elevado	1	0,5	
	Alto	0.5		
	Moderado	0		
	Bajo	-0.5		
	Muy Bajo	-1		
Composición de Tráfico	Mezcla: con un alto porcentaje de tráfico no motorizado	2	1	
	Mezcla	1		
	Solamente motorizado	0		
Separación de vías	No	1	0	
	Si	0		
Densidad de la intersección	Alta	1	1	
	Moderada	0		
Vehículo Parqueados	Se permite	0.5	0,5	
	No se permite	0		
Iluminación Ambiental	Alta	1	0	
	Moderada	0		
	Baja	-1		
Guías Visuales	Pobre	0.5	0	
	Moderado o bueno	0		
$\text{Número de la Clase de iluminación } M = \left(6 - \sum Vps \right)$			Sumatoria	3
			Tipo de vía	3

ANEXO 4: Costo referencial de instalación de luminarias sodio para la E.E.R.C.S.

CODIGO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P.UNIT.	P.TOTAL
	Luminaria NA de 250w DNP doble nivel de pot.	U	1252	500,00	626000,00
		U			0,00
		U			0,00
	TOTAL MATERIALES				626000,00

MANO DE OBRA DE MONTAJE

CODIGO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P.UNIT.	P.TOTAL
2368	MONTAJE E INSTALACION LUMINARIA TIPO LED 153W	U	1252	22,09	27656,68
					0,00
	TOTAL MONTAJE				27656,68

MANO DE OBRA DE DESMONTAJE

CODIGO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P.UNIT.	P.TOTAL
2368	DEMONTAJE LUMINARIA CERRADA NA 250W DNP	U	1252	22,09	27656,68
		U			0,00
	TOTAL MONTAJE	U			27656,68

TOTAL MATERIALES	626.000,00
TOTAL MONTAJE Y DESMONTAJE	55.313,36
IVA	81.757,60

COSTO TOTAL DE LA OBRA con iva	763.070,96
---------------------------------------	-------------------



ANEXO 5: Costo referencial de instalación de luminarias LED para la E.E.R.C.S.

CODIGO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P.UNIT.	P.TOTAL
	Luminaria NA de 250w DNP	U	1252	1500,00	1878000,00
		U			0,00
		U			0,00
	TOTAL MATERIALES				1878000,00

MANO DE OBRA DE MONTAJE

CODIGO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P.UNIT.	P.TOTAL
2368	MONTAJE E INSTALACION LUMINARIA TIPO LED 153W	U	1252	7,25	9077,00
					0,00
	TOTAL MONTAJE				9077,00

MANO DE OBRA DE DESMONTAJE

CODIGO	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	P.UNIT.	P.TOTAL
2368	DESMONTAJE LUMINARIA CERRADA NA 250W DNP	U	1252	22,09	27656,68
		U			0,00
	TOTAL MONTAJE	U			27656,68

TOTAL MATERIALES	1.878.000,00
TOTAL MONTAJE Y DESMONTAJE	36.733,68
IVA	229.768,04

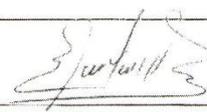
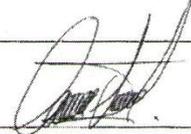
COSTO TOTAL DE LA OBRA con iva	2.144.501,72
---------------------------------------	---------------------

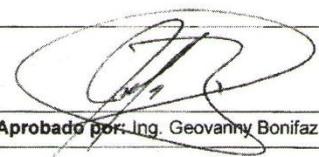
ANEXO 6: Costo de energía para el alumbrado público general.

COSTO DE LA ENERGÍA DEL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO GENERAL

Mes de consumo: enero 2015

EMPRESA	DISTRIBUIDORA	COSTO DE LA ENERGÍA DE AP (USD¢/kWh)
Empresas Eléctricas	AMBATO	5,5200
	AZOGUES	5,5019
	CENTRO SUR	5,6587
	COTOPAXI	5,5220
	NORTE	5,5874
	QUITO	5,6214
	RIOBAMBA	5,7073
	SUR	5,6227
	GALAPAGOS	4,5373
	Cooperación Nacional de Electricidad	CNEL - BOLÍVAR
CNEL - EL ORO		5,7908
CNEL - GUAYAQUIL		6,1805
CNEL - GUAYAS LOS RÍOS		6,0108
CNEL - ESMERALDAS		6,2933
CNEL - LOS RÍOS		5,7904
CNEL - MANABÍ		6,1357
CNEL - MILAGRO		5,9014
CNEL - SANTA ELENA		5,8830
CNEL - SANTO DOMINGO		5,7690
CNEL - SUCUMBIOS	6,0336	

	
Elaborado por: Ing. Leonardo Moncada	Revisado por: Ing. Eduardo Simbaña


Aprobado por: Ing. Geovanny Bonifaz

ANEXO 7: Flujo de costos en lámparas de sodio.

FLUJO DE COSTOS EN LAMPARAS DE SODIO					
Concepto	Inversión	Costo energético	Reposición y Mantenimiento	flujo	VAC
0	763.070,96			763.070,96	763.070,96
1		67.071,45		67.071,45	61.291,65
2		67.071,45		67.071,45	56.009,91
3		67.071,45	21701,33	88.772,78	67.743,97
4		67.071,45		67.071,45	46.772,66
5		67.071,45		67.071,45	42.742,08
6		67.071,45	21701,33	88.772,78	51.696,53
7		67.071,45		67.071,45	35.692,99
8		67.071,45		67.071,45	32.617,19
9		67.071,45	763.070,96	830.142,41	368.913,89
10		67.071,45		67.071,45	27.237,91
11		67.071,45		67.071,45	24.890,71
12		67.071,45	21701,33	88.772,78	30.105,30
13		67.071,45		67.071,45	20.785,69
14		67.071,45		67.071,45	18.994,51

939.000,30 828.174,95 2.530.246,22 1.648.565,96

Tasa de descuento 0,0943

VAC 1.648.565,96

VAC promedio anual 117.754,71

CAE 216.879,70

ANEXO 8: Flujo de costos en lámparas de led.

FLUJO DE COSTOS EN LAMPARAS LED					
Año	Inversión	Costo energético	Mantenimiento	flujo	VAC
0	2.144.501,72			2.144.501,72	2.144.501,72
1		52.225,09		52.225,09	\$ 47.724,66
2		52.225,09		52.225,09	\$ 43.612,04
3		52.225,09		52.225,09	\$ 39.853,83
4		52.225,09		52.225,09	\$ 36.419,47
5		52.225,09		52.225,09	\$ 33.281,07
6		52.225,09		52.225,09	\$ 30.413,11
7		52.225,09		52.225,09	\$ 27.792,30
8		52.225,09		52.225,09	\$ 25.397,33
9		52.225,09		52.225,09	\$ 23.208,74
10		52.225,09		52.225,09	\$ 21.208,76
11		52.225,09		52.225,09	\$ 19.381,12
12		52.225,09		52.225,09	\$ 17.710,97
13		52.225,09		52.225,09	\$ 16.184,75
14		52.225,09	522,25	52.747,34	\$ 14.937,95
		731.151,31		2.876.175,28	2.541.627,81
	Tasa de descuento	0,0943			
	VAC	2.541.627,81			
	VAC PROMEDIO				
	ANUAL	181.544,84			
	CAE	334.367,86			