



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“CONSERVACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA
ENERGÍA ELÉCTRICA DEL ALUMBRADO PÚBLICO DE
GUAYAQUIL”

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN
POTENCIA**

Presentada por:

MARÍA FERNANDA QUICHIMBO CALDERÓN

PEDRO SAÚL ULLOA BAMBINO

VÍCTOR HUGO PACHECO GAVILANES

Guayaquil – Ecuador

Año: 2012

AGRADECIMIENTO

A Dios, por guiarnos en cada momento y darnos la sabiduría para lograr este triunfo.

A nuestros padres, por su amor, dedicación y apoyo incondicional a lo largo de nuestras vidas y carrera.

De igual manera, agradecemos al Dr. Cristóbal Mera e Ing. Gustavo Bermúdez, por el tiempo, experiencia y consejos entregados.

A los Ings. César Calderón S., Mario Brevi de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil y Wellington Laina del Dpto, de Obras Eléctricas de la M.I. Municipalidad de Guayaquil, quienes nos proporcionaron sus conocimientos e información para la elaboración de este informe.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes con su esfuerzo, guía y consejos sigo creciendo como persona. A mi hermano, quien me ha dado su apoyo, ha creído en mí y ha sido mi inspiración.

De una forma muy especial, dedico este informe a quienes prometí cumplir esta meta, Ramiro Calderón Suárez y Hermes Meléndez, gracias por haber sido excelentes seres humanos y tíos.

María Fernanda Quichimbo Calderón

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la oportunidad y la dicha de la vida, estando conmigo en cada paso que doy.

A mis padres quienes permanentemente me han apoyado contribuyendo incondicionalmente a lograr mis metas y objetivos propuestos.

A mi hermana y todas aquellas personas que estuvieron conmigo en estos cinco años de estudios, que me acompañaron a lo largo del camino brindándome la fuerza necesaria, dándome consejos y orientación.

A mi amiga y compañera Mafer por haber estado junto a mí en toda nuestra carrera universitaria por apoyarme con dedicación y aliento para alcanzar esta meta de graduarnos juntos.

Pedro Saúl Ulloa Bambino

DEDICATORIA

A Dios por darme la dicha de la vida.

A mi padre, que gracias a él me he inspirado a ser un hombre de bien como él y a mi madre que siempre me ha apoyado en todo, ya sean en pequeñas o grandes cosas; a mis hermanos, que aunque con peleas siempre cuento con ellos.

A mis profesores que me guiaron a lo largo de mi estudio, y como olvidarme de mis compañeros de tesis y todos mis amigos de la carrera y de la universidad, con los cuales se ha pasado bueno y malos momentos, estudiando y molestando. A todos se los agradezco.

Víctor Hugo Pacheco Gavilanes

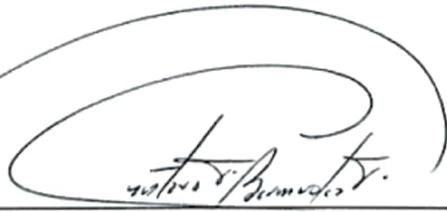
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Dr. Cristóbal Mera

PROFESOR DE LA MATERIA

DE GRADUACIÓN



Ing. Gustavo Bermúdez

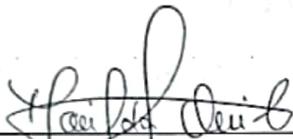
PROFESOR DELEGADO

POR LAUNIDAD ACADÉMICA

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este informe, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



María Fernanda Quichimbo Calderón



Pedro Saúl Ulloa Bambino



Víctor Hugo Pacheco Gavilanes

RESUMEN

El presente informe de la materia de graduación cubre aspectos generales del alumbrado público, como son los sectores en los que se lo utiliza, ciertas definiciones importantes para conocer de qué depende la eficiencia y nivel de iluminación en los distintos tipos de lámparas existentes, así como también se presenta un análisis comparativo entre ellas.

A pesar de que el estudio está enfocado al sector de alumbrado público, también se realiza de manera detallada la evolución del consumo de energía eléctrica en cada uno de los demás sectores del Ecuador como residencial, comercial e industrial, y de esta manera, tener una idea de la diferencia que existe en los niveles de consumo de cada sector.

Se ha identificado varios problemas con el alumbrado público de la ciudad como la falta de mantenimiento en las lámparas lo que causa una reducción en su calidad de emisión de lúmenes y, en otros casos la mala distribución o elección de luminarias provocando una iluminación excesiva conocida también como contaminación lumínica.

Se procederá a realizar los cálculos y análisis correspondientes para obtener un ahorro tanto en el consumo energético como económico, evitando también de esta forma contaminar el medio ambiente reduciendo las emisiones de CO₂ al generar energía eléctrica por las centrales térmicas.

Para reducir el consumo eléctrico y dichas emisiones, se plantearán varias opciones o alternativas que se podrían implementar en diferentes sectores del alumbrado público en Guayaquil, tomando como referencia una calle, dos avenidas y un parque de la ciudad. Analizando si es factible invertir en el reemplazo de las luminarias y equipos existentes por otros de nuevas tecnologías.

ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|---|--------|
| AGRADECIMIENTO..... | II |
| DEDICATORIA..... | III |
| TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN..... | VI |
| DECLARACIÓN EXPRESA..... | VII |
| RESUMEN..... | VIII |
| ÍNDICE GENERAL..... | X |
| ABREVIATURAS..... | XVI |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | IXX |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XXIII |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | XXVII |
| INTRODUCCIÓN..... | XXVIII |
| CAPÍTULO 1 | |
| DIAGNÓSTICO DEL SECTOR | |
| 1.1 Alumbrado Público..... | 1 |
| 1.1.1 Aspectos referentes al alumbrado público..... | 3 |
| 1.1.2 Definiciones básicas de iluminación..... | 4 |
| 1.2 División de sectores en el alumbrado público..... | 7 |
| 1.2.1 Alumbrado de vías..... | 7 |
| 1.2.2 Disposición de luminarias en las vías..... | 9 |

| | |
|---|----|
| 1.2.3 Alumbrado en zonas peatonales y residenciales..... | 13 |
| 1.2.4 Alumbrado de parques y jardines..... | 14 |
| 1.2.5 Alumbrado de anuncios luminosos..... | 16 |
| 1.2.6 Alumbrado de semáforos..... | 17 |
| 1.3 Evolución del consumo de energía por parte del sector de alumbrado público a través del tiempo..... | 17 |
| 1.3.1 Consumo de energía eléctrica en el Ecuador (1999-2010)..... | 18 |
| 1.3.1.1 Composición del consumo de energía en porcentaje comparando el año 1999 con el 2010..... | 20 |
| 1.3.2 Número de luminarias de alumbrado público en la ciudad de Guayaquil – 2009..... | 21 |
| 1.3.3 Número de luminarias de alumbrado público en la actualidad en la ciudad de Guayaquil..... | 22 |
| 1.3.4 Alumbrado público en la ciudad de Guayaquil (2011 hasta la actualidad)..... | 23 |
| 1.3.4.1 Consumo mensual de alumbrado público..... | 23 |
| 1.3.4.2 Demanda Mensual del alumbrado público..... | 24 |
| 1.4 Tendencia del alumbrado público..... | 25 |
| 1.4.1 Ecuador..... | 25 |
| 1.4.2 Otros países..... | 25 |

CAPÍTULO 2

EQUIPOS Y TIPOS DE LÁMPARAS UTILIZADAS EN LOS DISTINTOS SECTORES DEL ALUMBRADO PÚBLICO

| | |
|--|----|
| 2.1 Equipos o componentes utilizados..... | 29 |
| 2.1.1 Adaptador de LED..... | 29 |
| 2.1.2 Balastos..... | 30 |
| 2.1.2.1 Operación de los balastos..... | 30 |
| 2.1.2.2 Balastro electromagnético..... | 31 |
| 2.1.2.3 Balastro electrónico..... | 31 |
| 2.1.3 Foceldas..... | 33 |
| 2.1.4 Reflectores..... | 34 |
| 2.2 Tipos de lámparas utilizadas..... | 35 |
| 2.2.1 Lámpara de haluro metálico..... | 36 |
| 2.2.2 Lámpara de inducción..... | 37 |
| 2.2.3 Lámpara LED..... | 40 |
| 2.2.4 Lámpara de plasma..... | 43 |
| 2.2.5 Lámpara de vapor de mercurio..... | 44 |
| 2.2.6 Lámpara de vapor de sodio..... | 46 |
| 2.3 Análisis comparativo de los tipos de lámparas utilizadas en el alumbrado público..... | 50 |

CAPÍTULO 3

IDENTIFICACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

| | |
|--|----|
| 3.1 Concepto de eficiencia..... | 58 |
| 3.2 Eficiencia energética..... | 58 |
| 3.3 Mal diseño de instalaciones en el alumbrado público..... | 60 |
| 3.3.1 Mala distribución y excesiva iluminación..... | 60 |
| 3.3.2 Contaminación lumínica..... | 62 |
| 3.4 Falta de mantenimiento del alumbrado público..... | 67 |
| 3.4.1 Tipos de mantenimiento..... | 69 |

CAPÍTULO 4

MÉTODOS DE SOLUCIÓN

| | |
|------------------------------------|----|
| 4.1 Sustitución de lámparas..... | 74 |
| 4.2 Balastos de doble nivel..... | 77 |
| 4.3 Regulador – estabilizador..... | 78 |
| 4.4 Reloj astronómico..... | 80 |
| 4.5 Sustitución de luminarias..... | 85 |
| 4.6 Paneles solares..... | 91 |

CAPÍTULO 5

CÁLCULO DE AHORRO DE ENERGÍA

| | |
|--|----|
| 5.1 Análisis para calle Los Ríos..... | 94 |
| 5.1.1 Primera propuesta: VSAP 250 W (actual) y balastro de doble nivel..... | 96 |
| 5.1.2 Segunda propuesta: Inducción 120 W..... | 98 |
| 5.1.3 Tercera propuesta: LED 112 W..... | 99 |

| | |
|--|-----|
| 5.1.4 Cuarta propuesta: Inducción 120 W y balastro de doble nivel..... | 101 |
| 5.1.5 Quinta propuesta: LED 96 W..... | 102 |
| 5.2 Análisis para vía Perimetral..... | 103 |
| 5.2.1 Actual: VSAP 400 W, VSAP 250 W y balastro de doble nivel..... | 106 |
| 5.2.2 Primera propuesta: Inducción 200 W y 120 W..... | 107 |
| 5.2.3 Segunda propuesta: LED 192 W y 112 W..... | 109 |
| 5.2.4 Tercera propuesta. LED 192 W y 96 W..... | 111 |
| 5.3 Análisis para Mi Lote, etapas 1 y 2A..... | 113 |
| 5.3.1 Primera propuesta: VSAP 400 W (actual) y balastro de doble nivel..... | 115 |
| 5.3.2 Segunda propuesta: inducción 200 W..... | 117 |
| 5.3.3 Tercera propuesta: LED 192 W..... | 118 |
| 5.3.4 Cuarta propuesta: Inducción 200 W y balastro de doble nivel..... | 119 |
| 5.4 Análisis para parque en Cdla. Mirador del Norte Mzs. 41–50 | 121 |
| 5.4.1 Primera propuesta: VSAP 150 W (actual) + balastos de doble nivel + apagado de reflectores y apliques (6 hs)..... | 122 |
| 5.4.2 Segunda propuesta: Inducción 80 W + apagado de reflectores y apliques (6 hs)..... | 124 |

| | |
|---|-----|
| 5.5 Análisis de resultados..... | 126 |
| 5.5.1 Calle Los Ríos..... | 126 |
| 5.5.2 Avenida Perimetral..... | 127 |
| 5.5.3 Mi Lote, etapas 1 y 2A..... | 128 |
| 5.5.4 Parque en Cdla. Mirador del Norte Mzs. 41-50..... | 129 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 130 |
| ANEXOS..... | 134 |
| Anexo A..... | 135 |
| Anexo B..... | 137 |
| Anexo C..... | 141 |
| Anexo D..... | 156 |
| Anexo E..... | 157 |
| Anexo F..... | 160 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 179 |

ABREVIATURAS

| | |
|-----------------------|---|
| A | Amperio |
| CA | Corriente alterna |
| CD | Corriente directa |
| cd | Candela |
| CIE | International Commission on Illumination (Comisión Internacional de Iluminación). |
| CO₂ | Dióxido de carbono |
| GWh | Gigavatio - hora |
| hs | Horas |
| Hz | Hertz |
| K | Kelvin |
| KW | Kilovatio |
| KWh | Kilovatio - hora |
| LED | Light Emitting Diode |
| lm | Lumen |
| lx | Lux |

| | |
|-----------------------|--------------------------------------|
| m | Metro |
| m² | Metro cuadrado |
| MH | Metal halide, halogenuros metálicos |
| MHz | Megahertz |
| min | Minutos |
| MW | Megavatio - hora |
| Plm | Lúmens pupila |
| R | Radio |
| SNI | Sistema Nacional Interconectado |
| SO₂ | Dióxido de azufre |
| S/P | Escotópica/fotópica |
| TCC | Temperatura de Color Correlacionadas |
| ton | Toneladas |
| UV | Ultravioleta |
| V | Voltio |
| VM | Vapor de mercurio |

| | |
|-------------|--------------------------------|
| VSAP | Vapor de sodio de baja presión |
| W | Vatio |
| Wh | Vatio – hora |
| °C | Grados Celsius |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1.1 Disposición de luminarias para vías de un carril..... | 10 |
| Figura 1.2 Disposición de luminarias para vías de dos o más carriles..... | 10 |
| Figura 1.3 Disposición de luminarias en curvas..... | 11 |
| Figura 1.4 Disposición de luminarias en cruce de vías..... | 12 |
| Figura 1.5 Disposición de luminarias en plazas y glorietas..... | 12 |
| Figura 1.6 Disposición de luminarias en pasos peatonales..... | 13 |
| Figura 1.7 Disposición de luminarias considerando la presencia de árboles..... | 13 |
| Figura 1.8 Luminarias utilizadas en zonas residenciales..... | 14 |
| Figura 2.1 Balastro electrónico..... | 32 |
| Figura 2.2 Fococelda..... | 33 |
| Figura 2.3 Conexión de fococelda..... | 34 |
| Figura 2.4 Proyección de rayos paralelos..... | 34 |
| Figura 2.5 Lámpara de haluro metálico..... | 37 |
| Figura 2.6 Lámpara de inducción..... | 39 |
| Figura 2.7 Partes de un LED..... | 41 |
| Figura 2.8 Partes de la lámpara de vapor de mercurio..... | 45 |
| Figura 2.9 Partes de la lámpara de vapor de sodio de baja presión..... | 48 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 2.10 | Partes de la lámpara de vapor de sodio de alta presión..... | 48 |
| Figura 3.1 | Diferentes zonas de incidencia (el área que se pretende iluminar está señalada en amarillo, es decir, la iluminación útil)..... | 62 |
| Figura 3.2 | Ejemplo de contaminación lumínica en una ciudad... | 63 |
| Figura 3.3 | Contaminación debido al tipo de luminaria..... | 64 |
| Figura 3.4 | Iluminación adecuada para evitar la contaminación.. | 65 |
| Figura 3.5 | Esquema comparativo de proyectores..... | 66 |
| Figura 4.1 | Balastro de doble nivel..... | 77 |
| Figura 4.2 | Operación de balastro de doble nivel..... | 78 |
| Figura 4.3 | Regulador – estabilizador..... | 79 |
| Figura 4.4 | Reloj Astronómico Honeywell..... | 81 |
| Figura 4.5 | Reloj Astronómico URBIASTRO 2000..... | 82 |
| Figura 4.6 | Farola “tipo globo” para evitar la contaminación..... | 86 |
| Figura 4.7 | Luminarias tipo globo con casquete superior opaco.. | 86 |
| Figura 4.8 | Luminarias tipo globo normales..... | 87 |
| Figura 4.9 | a) Tipos de luminarias que deben ser sustituidas. b) Tipos de luminarias que deben usarse..... | 87 |
| Figura 4.10 | a) Bombilla ubicada en la parte inferior (luz por encima de la horizontal). b) Bombilla ubicada en la parte superior (luz debajo de la horizontal)..... | 88 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 4.11 | a) Reflectores ubicados en el suelo. b) Método para evitar el deslumbramiento..... | 89 |
| Figura 4.12 | Alumbrado vial con diferentes tipos de luminarias (menos eficientes y eficientes)..... | 90 |
| Figura 4.13 | Iluminación mediante panel solar..... | 92 |
| Figura 5.1 | Ubicación geográfica del tramo escogido de la calle Los Ríos..... | 95 |
| Figura 5.2 | Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 250 W..... | 96 |
| Figura 5.3 | Luminaria de inducción de 120 W..... | 98 |
| Figura 5.4 | Luminaria tipo LED de 112 W..... | 99 |
| Figura 5.5 | Luminaria tipo LED de 96 W..... | 102 |
| Figura 5.6 | Ubicación geográfica de la Avenida Perimetral..... | 104 |
| Figura 5.7 | Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 400 W..... | 106 |
| Figura 5.8 | Luminaria de inducción de 200 W y 120 W..... | 107 |
| Figura 5.9 | Luminaria tipo LED de 192 W y 112 W..... | 109 |
| Figura 5.10 | Luminaria tipo LED de 192 W..... | 111 |
| Figura 5.11 | Luminaria tipo LED de 96 W..... | 111 |
| Figura 5.12 | Ubicación geográfica de la Av. Principal de Mi Lote.. | 113 |
| Figura 5.13 | Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 400 W..... | 115 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 5.14 | Luminaria de inducción de 200 W y 120 W..... | 117 |
| Figura 5.15 | Luminaria tipo LED de 192 W..... | 118 |
| Figura 5.16 | Ubicación geográfica del parque en Cdla. Mirador del Norte..... | 121 |
| Figura 5.17 | Reflector metal halide y aplique de pared..... | 122 |
| Figura 5.18 | Luminaria de inducción de 80 W..... | 124 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|------------|--|
| Tabla 1.1 | Energía facturada en porcentaje (1999-2010)..... 19 |
| Tabla 2.1 | Especificaciones técnicas de lámparas de inducción... 40 |
| Tabla 2.2 | Especificaciones técnicas de lámparas LEDs..... 42 |
| Tabla 2.3 | Especificaciones técnicas de lámparas plasma..... 44 |
| Tabla 2.4 | Especificaciones técnicas de lámparas de vapor de mercurio..... 46 |
| Tabla 2.5 | Especificaciones técnicas de lámparas de vapor de mercurio..... 46 |
| Tabla 2.6 | Especificaciones técnicas de lámparas de vapor de sodio..... 49 |
| Tabla 2.7 | Otras especificaciones técnicas de lámparas de vapor de sodio..... 50 |
| Tabla 2.8 | Eficacia y flujo luminoso de lámparas..... 51 |
| Tabla 2.9 | Comparación de características externas de lámparas 52 |
| Tabla 2.10 | Comparación de otras características de lámparas..... 53 |
| Tabla 2.11 | Pérdidas máximas para balastos electromagnéticos para lámparas de vapor de sodio de alta presión..... 56 |
| Tabla 2.12 | Pérdidas máximas para balastos electrónicos para lámparas de vapor de sodio de alta presión..... 56 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Tabla 2.13 | Pérdidas máximas para balastos electromagnéticos para lámparas de aditivos metálicos..... | 56 |
| Tabla 2.14 | Pérdidas máximas para balastos electrónicos para lámparas de aditivos metálicos..... | 57 |
| Tabla 3.1 | Actividades a realizar en cada tipo de mantenimiento.. | 70 |
| Tabla 4.1 | Equivalencias entre lámparas..... | 75 |
| Tabla 4.2 | Ahorro obtenido por sustitución de lámparas..... | 75 |
| Tabla 4.3 | Equivalencias entre las lámparas de VSAP, LED e inducción para alumbrado de vías..... | 76 |
| Tabla 5.1 | Detalle de tramo escogido de la calle Los Ríos..... | 95 |
| Tabla 5.2 | Detalle de luminarias de tramo escogido de la calle Los Ríos..... | 96 |
| Tabla 5.3 | Resultados obtenidos de la primera propuesta..... | 97 |
| Tabla 5.4 | Costo total de la primera propuesta..... | 97 |
| Tabla 5.5 | Ahorro energético anual de la primera propuesta..... | 97 |
| Tabla 5.6 | Resultados obtenidos de la segunda propuesta..... | 98 |
| Tabla 5.7 | Costo total de la segunda propuesta..... | 99 |
| Tabla 5.8 | Ahorro energético anual de la segunda propuesta..... | 99 |
| Tabla 5.9 | Resultados obtenidos de la tercera propuesta..... | 100 |
| Tabla 5.10 | Costo total de la tercera propuesta..... | 100 |
| Tabla 5.11 | Ahorro energético anual de la tercera propuesta..... | 100 |
| Tabla 5.12 | Resultados obtenidos de la cuarta propuesta..... | 101 |

| | | |
|------------|---|-----|
| Tabla 5.13 | Costo total de la cuarta propuesta..... | 101 |
| Tabla 5.14 | Ahorro energético anual de la cuarta propuesta..... | 102 |
| Tabla 5.15 | Resultados obtenidos de la quinta propuesta..... | 103 |
| Tabla 5.16 | Costo total de la quinta propuesta..... | 103 |
| Tabla 5.17 | Ahorro energético anual de la quinta propuesta..... | 103 |
| Tabla 5.18 | Detalle de la Avenida Perimetral..... | 104 |
| Tabla 5.19 | Detalle de luminarias de la Avenida Perimetral..... | 105 |
| Tabla 5.20 | Resultados obtenidos del diseño actual..... | 107 |
| Tabla 5.21 | Resultados obtenidos de la primera propuesta..... | 108 |
| Tabla 5.22 | Costo total de la primera propuesta..... | 108 |
| Tabla 5.23 | Ahorro energético anual de la primera propuesta..... | 108 |
| Tabla 5.24 | Resultados obtenidos de la segunda propuesta..... | 110 |
| Tabla 5.25 | Costo total de la segunda propuesta..... | 110 |
| Tabla 5.26 | Ahorro energético anual de la segunda propuesta..... | 110 |
| Tabla 5.27 | Resultados obtenidos de la tercera propuesta..... | 112 |
| Tabla 5.28 | Costo total de la tercera propuesta..... | 112 |
| Tabla 5.29 | Ahorro energético anual de la tercera propuesta..... | 113 |
| Tabla 5.30 | Detalle de la Avenida Principal de Mi Lote..... | 114 |
| Tabla 5.31 | Detalle de los puentes de Mi Lote..... | 114 |
| Tabla 5.32 | Detalle de luminarias de la Avenida Principal de Mi Lote..... | 114 |
| Tabla 5.33 | Detalle de luminarias de los puentes de Mi Lote..... | 115 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Tabla 5.34 | Resultados obtenidos de la primera propuesta..... | 116 |
| Tabla 5.35 | Costo total de la primera propuesta..... | 116 |
| Tabla 5.36 | Ahorro energético anual de la primera propuesta..... | 116 |
| Tabla 5.37 | Resultados obtenidos de la segunda propuesta..... | 117 |
| Tabla 5.38 | Costo total de la segunda propuesta..... | 118 |
| Tabla 5.39 | Ahorro energético anual de la segunda propuesta..... | 118 |
| Tabla 5.40 | Resultados obtenidos de la tercera propuesta..... | 119 |
| Tabla 5.41 | Costo total de la tercera propuesta..... | 119 |
| Tabla 5.42 | Ahorro energético anual de la tercera propuesta..... | 119 |
| Tabla 5.43 | Resultados obtenidos de la cuarta propuesta..... | 120 |
| Tabla 5.44 | Costo total de la cuarta propuesta..... | 120 |
| Tabla 5.45 | Ahorro energético anual de la cuarta propuesta..... | 121 |
| Tabla 5.46 | Detalle de las lámparas del parque..... | 122 |
| Tabla 5.47 | Resultados obtenidos de la primera propuesta..... | 123 |
| Tabla 5.48 | Costo total de la primera propuesta..... | 124 |
| Tabla 5.49 | Ahorro energético anual de la primera propuesta..... | 124 |
| Tabla 5.50 | Resultados obtenidos de la primera propuesta..... | 125 |
| Tabla 5.51 | Costo total de la segunda propuesta..... | 126 |
| Tabla 5.52 | Ahorro energético anual de la segunda propuesta..... | 126 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | Pág. |
|--|------|
| Gráfico 1.1 Consumo de energía en el Ecuador (1999-2010)..... | 18 |
| Gráfico 1.2 Composición del consumo entre el año 1999 y 2010... | 20 |
| Gráfico 1.3 Tipos y número de luminarias usadas en Guayaquil en el 2009..... | 21 |
| Gráfico 1.4 Número de luminarias de vapor de sodio por potencia en la actualidad en Guayaquil..... | 22 |
| Gráfico 1.5 Consumo mensual de alumbrado público desde 2011 hasta la actualidad..... | 23 |
| Gráfico 1.6 Demanda mensual de alumbrado público desde 2011 hasta la actualidad..... | 24 |
| Gráfico 2.1 Índice del costo de operación unitario para un mismo nivel de iluminación..... | 55 |

INTRODUCCIÓN

Un sistema de alumbrado público tiene como objetivo proveer la iluminación de las personas en un determinado sector, para lo cual es de suma importancia realizar diseños de este tipo de iluminación de una forma correcta, es decir, que cada diseño cuente con una distribución adecuada y uniforme, evitando también la contaminación lumínica.

Pero hoy en día, contar con una buena distribución o disposición de las luminarias no es lo mejor si lo que se busca es un ahorro de energía, puesto que con el avance de la tecnología en cuanto a la fabricación de las lámparas y equipos, lo ideal es que una ciudad o país logre un alumbrado público eficiente.

El uso no eficiente de iluminación en áreas y vías públicas, definitivamente representa un alto componente del gasto energético de un país, teniendo su impacto en el costo final de la energía. Es decir, contar con un alumbrado público eficiente implica lograr un ahorro de energía sin dejar de satisfacer las necesidades de las personas, manteniendo a la vez una conciencia ecológica (reducción de emisión de CO₂).

El alumbrado público se inicia en Francia a partir del siglo XVI, con la obligación de que los habitantes debían iluminar el exterior de los hogares, para después colocar faroles en las esquinas de las calles y así un

determinado grupo de vigilancia nocturna se encargarían del encendido y apagado de éstos.

Posteriormente, en varios países se empezó a hacer uso de reflectores y se dio origen al alumbrado por gas en Londres en el año de 1807, gracias a Frederick Albert Winsor. Debido a que era necesario que una persona se encargue del funcionamiento de las farolas de gas, se desarrollaron dispositivos que permitían el encendido automático. Así también, se empezó a hacer el uso de lámparas de arco eléctrico, las cuales consistían de electrodos de carbón que se encendían al utilizar corriente alterna. Estas lámparas eléctricas se utilizaron para la iluminación de ciertos almacenes a partir de 1875 en París, en poco tiempo en Londres para el puente Holborn Viaduct y la calle Thames Embankment , y alrededor de 15 años después, Estados Unidos.

Por lo tanto, a partir de 1881 algunas ciudades y localidades de Rumania y España fueron las primeras en contar con alumbrado público por electricidad.

A pesar de que las lámparas de arco eléctrico eran ideales para el sector industrial, fueron reemplazadas por las incandescentes para la iluminación de las calles de las ciudades, ya que eran más baratas, fiables y no provocaban molestias (menor desprendimiento de calor y de emisión de luz intensa) como las que producían las de arco.

Brevemente, la lámpara fluorescente se utilizó para este tipo de alumbrado, ya que no es considerada como una fuente puntual de luz, a pesar de que es más eficiente que la incandescente.

A principios del siglo XX, se desarrolló la lámpara de vapor de mercurio de alta presión, la misma que es de arco eléctrico y su descarga ocurre dentro de un gas bajo alta presión; por ello se la denominó DAI (Descarga de Alta Intensidad). El inconveniente que presentaron éstas era la degradación de los componentes internos, lo que daba lugar a la pérdida de intensidad luminosa rápidamente.

Posteriormente, se desarrolló la lámpara de vapor de sodio de baja presión, la misma que emite una luz monocromática. A mediados del siglo XX, aparece la lámpara de vapor de sodio de alta presión en calles, carreteras, puentes y túneles de todo el mundo, debido a que presentaba mejores características que las de baja presión, como un índice de rendimiento mayor, un menor tamaño facilitando su manejo y mejor diseño de luminarias, además de que es una fuente de luz más puntual.

En 1994, la compañía General Electric Lighting presentó la primera lámpara de inducción compacta. Este tipo de lámpara ha sido exitosamente usada en el alumbrado público y varios proyectos del mundo, como el puente Nanpu de Shanghai.

CAPÍTULO 1

DIAGNÓSTICO DEL SECTOR.

1.1 Alumbrado público.

El alumbrado público es un servicio público encargado de la iluminación de espacios de libre circulación, es decir del alumbrado de vías públicas, vías peatonales, parques y jardines públicos, entre otros, dentro de un ámbito rural o urbano. Este tipo de servicio no es domiciliario y personas naturales o jurídicas no son responsables de éste, ya que los encargados de prestar el servicio de alumbrado público son los municipios. Cabe recalcar que, comúnmente los responsables de la iluminación pública en ciudades son los municipios mientras que si de infraestructuras viales se trata, está a cargo del gobierno.

La falta de alumbrado o el mal diseño de éste, ocasionan la restricción en las actividades de las personas ya que al no contar con este servicio habría inseguridad en las calles o se producirían perturbaciones o molestias a la percepción visual dificultando el trabajo o las actividades de determinados habitantes de una zona. Por lo tanto, el objeto de proporcionar este servicio es brindar una adecuada claridad y visibilidad para la circulación vehicular y peatonal, y para lograrlo se requiere de energía, operación y mantenimiento, modernización y expansión del sistema.

De forma general, el alumbrado público comprende la iluminación de:

- ✓ Sendas peatonales.
- ✓ Calles.
- ✓ Avenidas.
- ✓ Carreteras.
- ✓ Sistema centralizado de semaforización.
- ✓ Anuncios luminosos.

El alumbrado público está conformado principalmente por:

- ✓ Lámpara, es la fuente de luz que se utiliza, y son de diferentes tipos.

- ✓ Luminaria, es aquella que sirve de soporte mecánico y eléctrico, incrementa el flujo luminoso evitando a la vez el deslumbramiento.
- ✓ Sistema de control y regulación de la luminaria, como cada punto de luz cuenta con una o más luminarias, el conjunto de puntos de luz son conectados a las salidas de un determinado centro de mando, y éstos son controlados (encendido y apagado) de forma local mediante celdas fotoeléctricas o relojes astronómicos, o de manera remota a través de sistemas de telecontrol, GSM, etc.

Por lo tanto, para la iluminación de carreteras, fachadas, monumentos, fuentes, jardines, entre otros, se necesitarán elementos como faroles, candelabros y proyectores, tomando en cuenta principalmente el hábitat o entorno, la ubicación o colocación y la intensidad luminosa requerida.

1.1.1 Aspectos referentes al alumbrado público.

Debido a que la iluminación es de gran importancia para poder realizar la mayoría de las actividades representando a la vez un consumo de energía eléctrica, hoy en día existen diferentes formas o sistemas para proporcionar una iluminación eficiente. Por consiguiente, se consideran dos aspectos básicos para lograr un diseño de alumbrado que brinde seguridad y confort; esos aspectos se indican a continuación:

- ✓ El nivel de iluminación se suministra según el tipo de vialidad, es decir, dependiendo de la infraestructura dentro de las vías urbanas e interurbanas en las cuales se da el flujo de tránsito.
- ✓ Así también se definen y consideran las condiciones para la iluminación de sendas peatonales, aceras, entre otros.

Contar con un buen sistema de iluminación implica que éste sea eficiente, por ende tendrá un costo bajo. Este aspecto hace referencia al costo de las tarifas eléctricas.

Existe una relación entre la iluminación que se provee y el consumo de la energía eléctrica, y en este caso dicho consumo dependerá de los siguientes parámetros:

- ✓ Potencia de la lámpara.
- ✓ Tecnología de la lámpara.
- ✓ Período de tiempo del uso de la lámpara (tiempo de iluminación).

1.1.2 Definiciones básicas de iluminación.

Aspecto cromático: es la apariencia de color de las lámparas, la cual se valora mediante su “Temperatura de Color Correlacionadas” (TCC). A medida que este parámetro disminuye, más rosada o cálida será su

aparición, y a la inversa, cuanto más blanco o frío sea su aspecto, mayor será su TCC.

Balastro: es un dispositivo que puede ser electromagnético, electrónico o híbrido, el cual es usado con una lámpara de descarga eléctrica para suministrar la tensión y corriente que se necesitan el adecuado arranque y funcionamiento de la lámpara.

Deslumbramiento: es la pérdida momentánea de la vista debido a un exceso de luz de forma repentina.

Difusor: proporcionan una mayor superficie radiante eliminando el brillo y reduciendo los efectos del deslumbramiento.

Duración de la vida económica: con el tiempo las lámparas tienden a disminuir el rendimiento (lumen/potencia); esto implica que al tener en cuenta aquello y al establecer un óptimo en la sustitución de lámparas en cuanto a lo energético y económico, se puede tener un menor rendimiento del sistema de iluminación.

Eficacia luminosa: es una medida de la eficiencia de la lámpara ya que es la relación entre el flujo luminoso que emite la fuente y la potencia.

Factor de utilización: es la relación de la cantidad de flujo luminoso que llega a la zona que se desea iluminar para la cantidad de flujo luminoso que emite la lámpara de la luminaria.

Flujo luminoso: es la potencia que se emite en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible, y su unidad es el lumen (lm).

Iluminación: hace referencia a la relación del flujo luminoso que incide sobre un objeto o superficie, y es expresada lux (lx).

Intensidad luminosa: es el flujo luminoso que emite una determinada fuente por unidad de ángulo sólido (ángulo tridimensional que se forma en el vértice de un cono, es decir, el que abarca un objeto visto desde un punto dado o fuente de luz) y su unidad es la candela (cd).

Lámpara: es un término genérico para una fuente artificial de luz, es la parte activa de un sistema de iluminación debido a que es la encargada de proporcionar la luz.

Luminancia: se refiere a la intensidad luminosa que se emite por unidad de superficie en una dirección dada, y se expresa en candelas por metro cuadrado (cd/m²).

Luminaria: es un dispositivo completo de iluminación que consta de una o más lámparas y de accesorios diseñados para sujetarlas, protegerlas y conectarlas a la fuente de alimentación logrando la distribución de la luz.

Reflectancia: se denomina reflectancia de una superficie o medio a la

propiedad que tiene ésta para reflejar luz.

Refractor: éstos al ser atravesados por el flujo luminoso, cambian la dirección de éste y produciendo un efecto decorativo.

Rendimiento de color: es la capacidad que tienen las lámparas para reproducir los colores de los objetos que iluminan.

Zonificación: consiste en determinar el área que se desea o necesita iluminar para dimensionar de forma correcta la potencia de las lámparas.

1.2 División de sectores en el alumbrado público.

1.2.1 Alumbrado de vías.

El alumbrado en las vías tiene como objetivo garantizar una buena visibilidad en las horas del día necesarias (empezar del día y al anochecer), de esta forma se puede desarrollar el tráfico de automóviles con normalidad y también garantizar la seguridad de los peatones.

Las personas que usen las vías deben estar en posibilidad de detectar todos los detalles, como son: señalización, situaciones de peligro, obstáculos, entre otros. Para que esto se pueda dar es necesario tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- ✓ *Clase de la vía*, su ancho y tipo de pavimento.
- ✓ *Luminarias y fuentes luminosa*, estos elementos condicionan la distribución del flujo luminoso sobre las vías y los costos de operación.
- ✓ *Geometría de la instalación*, consiste en definir la disposición de los centros luminosos, la altura de los postes y la separación entre ellos, así como la inclinación del brazo respecto a la vía.
- ✓ *Tipo de alimentación prevista*, se debe tomar en consideración si la alimentación es monofásica o trifásica, si es aérea o en cable, el voltaje y el punto donde proviene la alimentación.
- ✓ *Posibilidad de instalación*, normalmente las instalaciones de alumbrado forman parte de otras instalaciones como las redes de distribución, la red telefónica, etc., por lo que es necesario obtener el permiso para la instalación.

Existen una serie de requisitos que se deben considerar en la instalación de alumbrado público en vías, como son:

- ✓ Evitar el deslumbramiento.
- ✓ La uniformidad de la iluminación debe ser aceptable.
- ✓ Facilitar el mantenimiento.

- ✓ Satisfacer las condiciones de estética.
- ✓ Confiabilidad.

1.2.2 Disposición de las luminarias en las vías.

La disposición de las luminarias en las diferentes vías según la norma CIE 115:2010 – “Iluminación de calzadas para tráfico de motor y peatones” que existen en la ciudad dependerá de la forma que éstas tengan, del trazado, si tienen varios carriles o si poseen veredas, por ende la forma de ubicarlas o disposición es lo que garantizará una buena y adecuada iluminación.

Para las vías de un solo carril existen 3 formas de iluminación:

- ✓ *Unilateral*, se utilizará si el ancho de la vía es menor que la altura de montaje de las luminarias.
- ✓ *Bilateral tresbolillo*, si el ancho de la vía está entre 1 y 1.5 veces la altura de montaje
- ✓ *Bilateral pareada*, se utilizara si el ancho de la vía es mayor de 1.5 veces la altura del montaje

Además, existe la posibilidad de suspender la luminaria a lo largo del eje de la vía, siempre y cuando las vías sean muy estrechas con edificios en ambos lados que permitan la suspensión de las luminarias

en cables anclados en ellos.

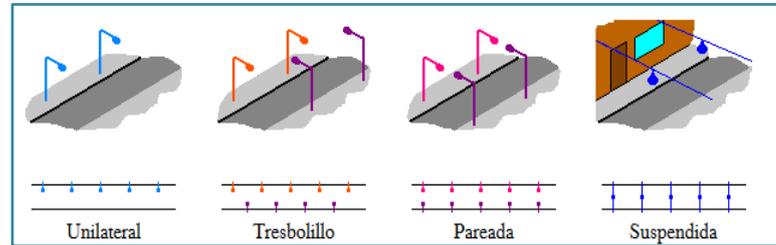


Figura 1.1 Disposición de luminarias para vías de un carril.

Fuente: edison.upc.edu

Para vías que tengan dos o más carriles separados por una vereda o parterre se pueden colocar las luminarias sobre la vereda o considerar los dos carriles de forma independiente.

- ✓ *Veredas estrechas*, se colocan luminarias de doble brazo (buena orientación visual).
- ✓ *Veredas muy anchas*, si este es el caso se deberá tratar cada carril de forma separada.
- ✓ Combinación brazos dobles y tresbolillo.

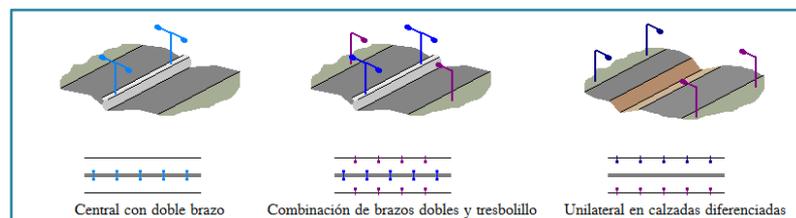


Figura 1.2 Disposición de luminarias para vías de dos o más carriles.

Fuente: edison.upc.edu

Cuando se requiere luminarias en curvas, se necesita una buena orientación visual y la separación entre luminarias debe ser menor a medida que el radio de la curva disminuya.

- ✓ *Curvatura grande* ($R > 300 \text{ m}$), se considerará como un tramo recto, por lo que las luminarias se ubicarán como se estableció anteriormente.
- ✓ *Curvatura pequeña*, en este caso si el ancho de la vía es menor de 1.5 veces la altura de las luminarias se adoptará una disposición unilateral por el lado exterior de la curva.

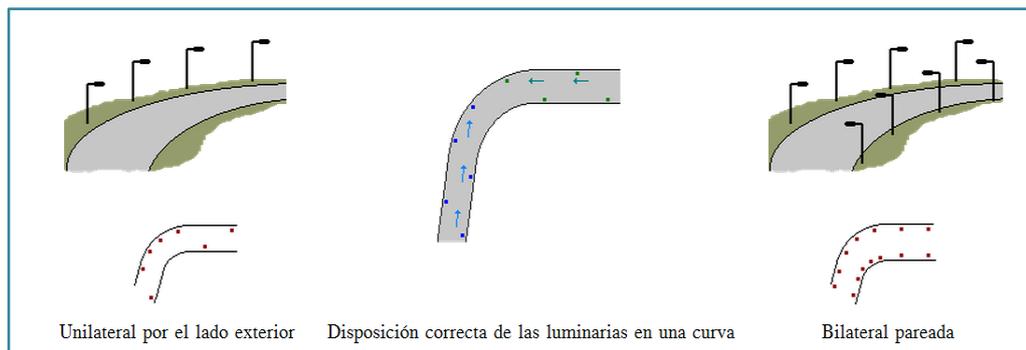


Figura 1.3 Disposición de luminarias en curvas.

Fuente: edison.upc.edu

Cuando haya cruce de vías es recomendable que el nivel de iluminación sea mayor, lo que mejorará la visibilidad. Se recomienda colocar las luminarias a la derecha de la vía y después del cruce.

Si el cruce tiene forma de T, hay que colocar una luminaria al final de

la calle que termina.

En las salidas de autopistas lo más recomendable es colocar luces de distinto color al de las vías principales de esta manera se logra destacar dichas vías.

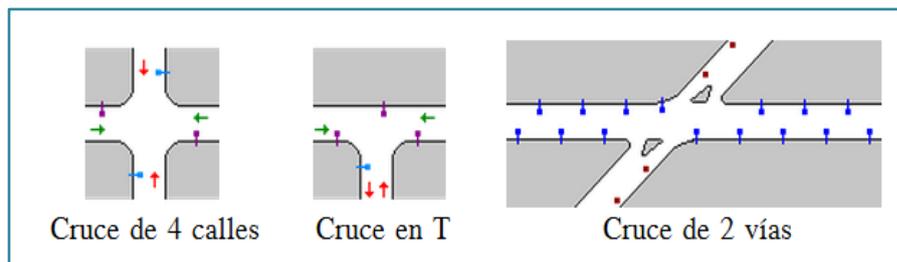


Figura 1.4 Disposición de luminarias en cruce de vías.

Fuente: edison.upc.edu

En las plazas y glorietas se instalarán luminarias en el borde exterior de éstas para que iluminen los accesos y salidas.

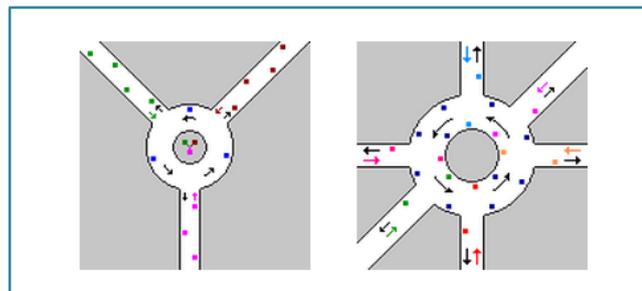


Figura 1.5 Disposición de luminarias en plazas y glorietas.

Fuente: edison.upc.edu

En los pasos cebra se colocarán las luminarias antes de estos, tomando en cuenta el sentido.

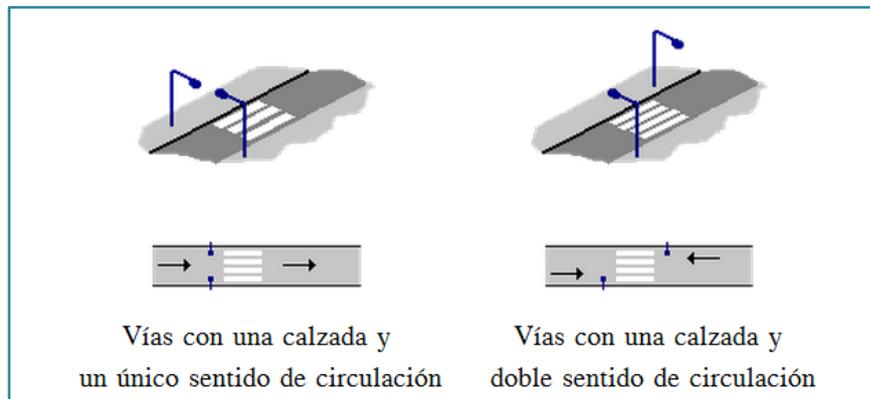


Figura 1.6 Disposición de luminarias en pasos peatonales.
Fuente: edison.upc.edu

Por último, si existieran árboles en la zona se colocarán las luminarias dependiendo la altura de éstos. Si son muy grandes, la luminaria deberá ser de la misma altura y si son pequeños, la luminaria deberá sobrepasar la altura de los árboles.

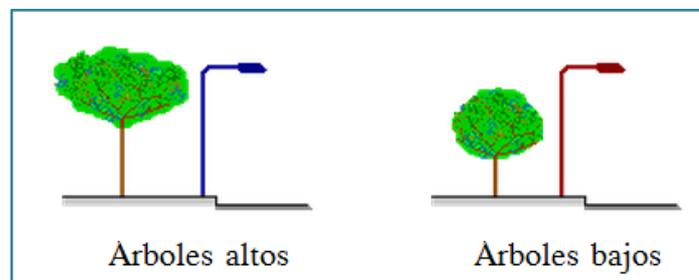


Figura 1.7 Disposición de luminarias considerando la presencia de árboles.
Fuente: edison.upc.edu

1.2.3 Alumbrado en zonas peatonales y residenciales.

Se usarán principalmente lámparas entre 2000 y 3000 K, por lo tanto se pueden utilizar una gran diversidad de lámparas como las de vapor de sodio, mercurio, o fluorescentes, dependiendo del efecto, las

condiciones de la zona a iluminar y los aspectos económicos.

Las luminarias adoptan multitud de formas, desde las más funcionales hasta las de diseño más vanguardista y artístico. Como la forma y el control del haz de luz pierden importancia en favor del ambiente, existe una gran libertad de elección; desde las luminarias de haz general-difuso de globo hasta las de haz controlado.

Se las puede montar de distintas formas: sobre postes o columnas, adosadas a las fachadas de las casas, colgadas sobre cables o al nivel del suelo cuando se busca ambiente y orientación visual.

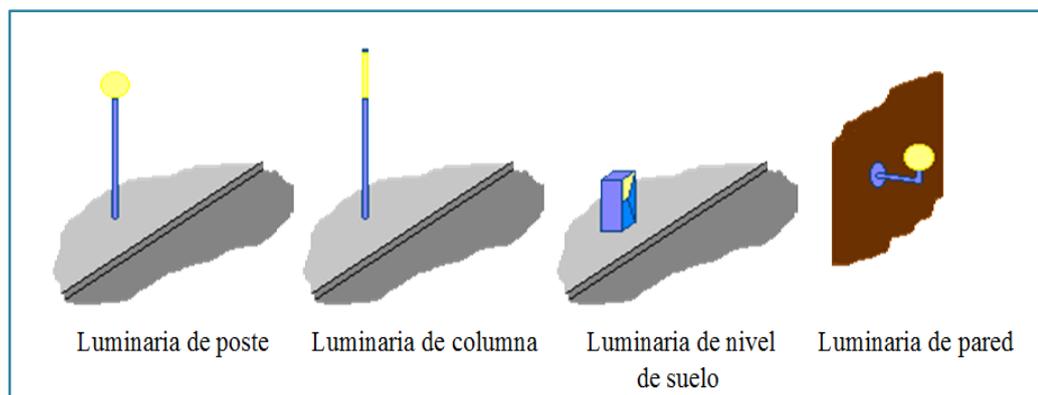


Figura 1.8 Luminarias utilizadas en zonas residenciales.

Fuente: edison.upc.edu

1.2.4 Alumbrado de parques y jardines.

Las lámparas instaladas en parques y jardines tienen que ser aquellas de mayor eficiencia energética. Existen zonas específicas donde se deben colocar las luminarias como son:

- ✓ Entradas al parque o jardín.
- ✓ Paseos.
- ✓ Escaleras.
- ✓ Glorietas.
- ✓ Áreas de estancia.

En cuanto a la iluminación de los árboles, se la puede realizar de distintas maneras, como por ejemplo, desde su parte inferior se consigue que el árbol destaque sobre el cielo oscuro. A diferencia de los árboles, la iluminación de los arbustos suele efectuarse desde su interior para destacar la silueta de sus hojas. En las praderas o grandes zonas de césped se distribuye la iluminación a lo largo del contorno, de esta manera las personas que transiten por estos lugares podrán observar estas zonas bien definidas.

Para la iluminación de parques o jardines, las lámparas incandescentes son una mala idea porque que éstas presentan un consumo elevado de energía.

Para destacar el color verde de los árboles y arbustos se pueden utilizar lámparas de vapor de mercurio puesto que las de vapor de sodio ofrecen una luz más amarillenta y sólo serían interesantes en el periodo otoñal, aunque éstas últimas tienen un porcentaje de ahorro

mayor: entre un 25 y un 45%. Las lámparas fluorescentes son muy útiles para iluminar caminos y escalones, ya que ofrecen una gran claridad a distancias medias y presentan un buen ahorro energético. En el interior de fuentes y estanques se instalan proyectores sumergidos para que los usuarios tengan una mayor percepción de estos elementos.

1.2.5 Alumbrado de anuncios luminosos.

La iluminación en anuncios puede ser de destello, alterna o continua, y también del color que se requiera. Todo lo antes nombrado varía según el efecto que quiera lograrse con el anuncio luminoso.

En la actualidad ya no se utilizan las lámparas incandescentes ya que han sido reemplazadas con tubos de fluorescencia y de neón.

- ✓ *Con tubos fluorescentes*, éstos no sirven para armar el cartel con sus letras, sirven solamente para iluminar el mismo. El cartel o rótulo es generalmente una caja de plástico duro con cierta transparencia, éste contiene letras o dibujos que al iluminarse por dentro resalta sin problemas.
- ✓ *Con tubos de neón*, son muy comunes y se los utiliza debido a que es muy fácil armar anuncios con ellos, ya que pueden adaptarse a todas las formas y longitudes, pudiendo así formar

letras y dibujos. Generalmente estos carteles se ven con letras de plástico duro transparente iluminadas por dentro con dichos tubos.

1.2.6 Alumbrado de semáforos.

El alumbrado en los semáforos ha ido cambiando y modernizándose a lo largo del tiempo, actualmente se están utilizando en los semáforos lámparas LED, debido a que éstas utilizan solo un 10% de la energía que consumían las lámparas usadas anteriormente (incandescentes) y su vida útil es mucho mayor.

1.3 Evolución del consumo de energía por parte del sector de alumbrado público a través del tiempo.

El consumo de energía eléctrica mide la producción de las centrales eléctricas y de las plantas de cogeneración menos las pérdidas ocurridas en la transmisión, distribución y transformación y el consumo propio de las plantas de cogeneración.

El CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) es el encargado de recopilar constantemente la información más relevante de todas las Empresas Eléctricas de Distribución, Transmisión y Generación, con el propósito de regular a los entes que conforman el sector eléctrico ecuatoriano.

1.3.1 Consumo de energía eléctrica en el Ecuador (1999-2010).

El gráfico que se muestra a continuación fue tomado de la ESTADÍSTICA DEL SECTOR ELÉCTRICO que el CONELEC obtuvo con la información de las Empresas Eléctricas durante un periodo de 12 años desde 1999 al 2010. Con respecto al año 2011, el CONELEC aún no ha publicado la estadística respectiva.

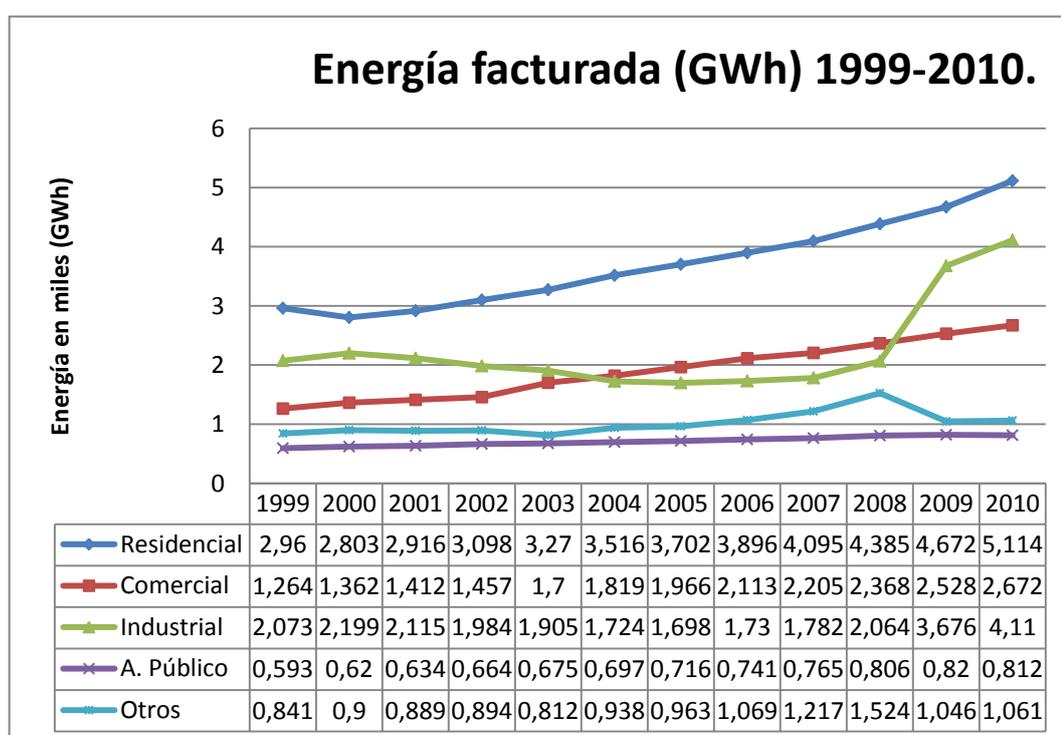


Gráfico 1.1 Consumo de energía en el Ecuador (1999-2010).
Fuente: CONELEC

Como se observa, respecto a la participación en el consumo de energía tiende a elevarse con el pasar de los años en los distintos sectores como residencial, comercial, industrial y alumbrado público.

Esto sirve como una referencia de que el consumo de energía cada vez es mayor por lo que se necesitará más centrales de generación, ya sean éstas hidroeléctricas o térmicas; por lo que aumentaría la producción de CO₂ (en el caso de las térmicas) contaminando más el medio ambiente. Es por ello que se requiere un buen plan de electrificación y una buena gestión de la demanda de la energía que ya se aplica en otros países, dando buenos resultados en la reducción del consumo de energía eléctrica y la emisión de CO₂.

| Año | Residencial (%) | Comercial (%) | Industrial (%) | A.Público (%) | Otros (%) |
|-------------|------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|------------------|
| 1999 | 38.29 | 16.35 | 26.81 | 7.67 | 10.88 |
| 2000 | 35.55 | 17.27 | 27.89 | 7.86 | 11.41 |
| 2001 | 36.61 | 17.73 | 26.55 | 7.96 | 11.16 |
| 2002 | 38.26 | 17.99 | 24.50 | 8.20 | 11.04 |
| 2003 | 39.11 | 20.33 | 22.78 | 8.07 | 9.71 |
| 2004 | 40.45 | 20.92 | 19.83 | 8.02 | 10.79 |
| 2005 | 40.93 | 21.74 | 18.77 | 7.92 | 10.65 |
| 2006 | 40.80 | 22.13 | 18.12 | 7.76 | 11.19 |
| 2007 | 40.69 | 21.91 | 17.71 | 7.60 | 12.09 |
| 2008 | 39.34 | 21.24 | 18.52 | 7.23 | 13.67 |
| 2009 | 36.67 | 19.84 | 28.85 | 6.44 | 8.21 |
| 2010 | 37.14 | 19.40 | 29.85 | 5.90 | 7.71 |

Tabla 1.1 Energía facturada anual en porcentaje (1999-2010).

El sector de alumbrado público no ha variado mucho entre los años del 1999 al 2009, pero se obtuvo una reducción en el año 2010 (0.54%), lo cual se debe al cambio de luminarias más eficientes como las de

vapor de sodio reemplazando a las de vapor de mercurio y a la implementación de mejores equipos para el control y regulación de las mismas.

1.3.1.1 Composición del consumo de energía en porcentaje comparando el año 1999 con el 2010.

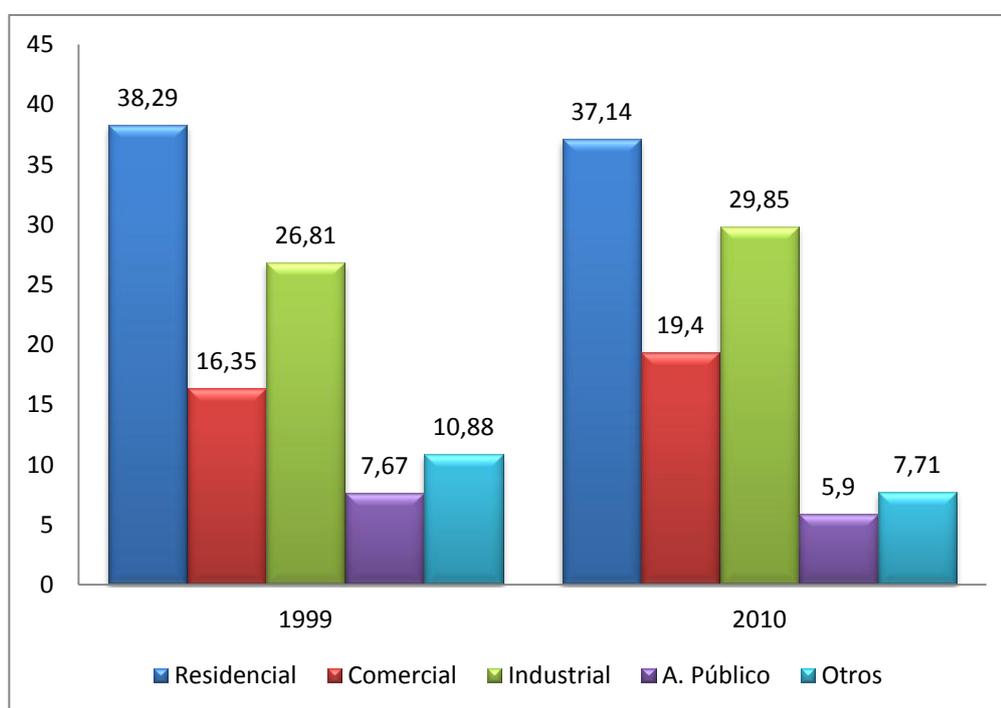


Gráfico 1.2 Composición del consumo entre el año 1999 y 2010.
Fuente: CONELEC

En cuanto a cifras tomadas del CONELEC, el consumo de energía eléctrica pasó de 7.731 GWh en 1999 a 13.770 GWh en el 2010, siendo el consumo de alumbrado público un 7.67% y 5.9% de dicha energía, respectivamente.

1.3.2 Número de luminarias de alumbrado público en la ciudad de Guayaquil – 2009.

En lo que corresponde a la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, en el año 2009 se tenía un número de 120.026 luminarias con una potencia total de 22.777 KW, y CNEL Guayas - Los Ríos contaba con 38.913 luminarias con una potencia total de 7.633 KW.

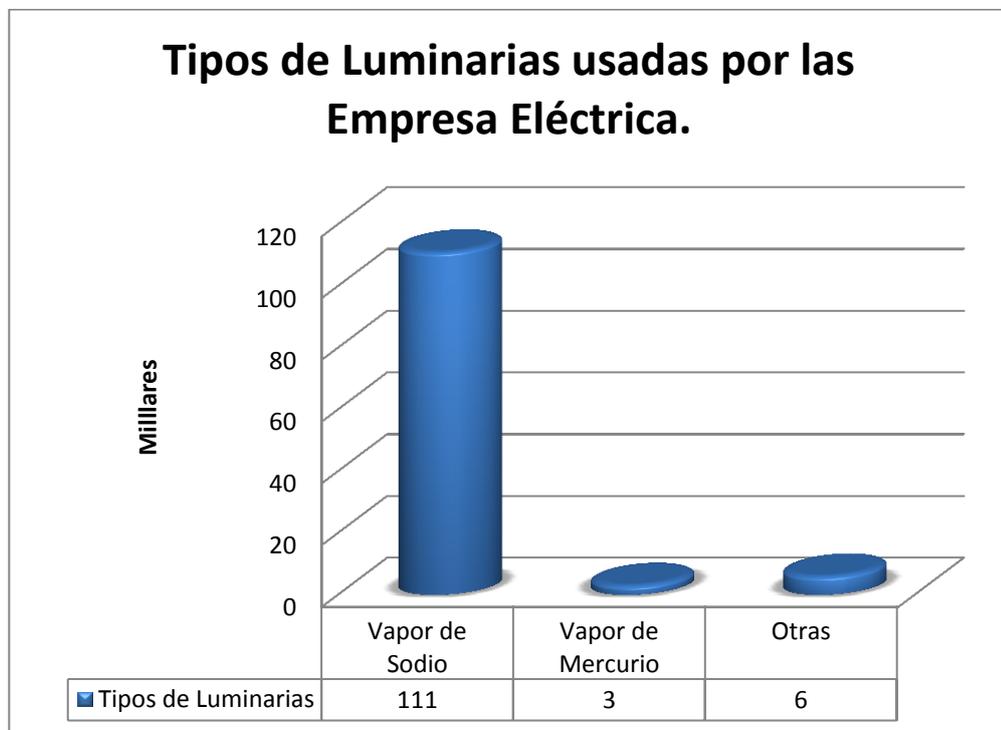


Gráfico 1.3 Tipos y número de luminarias usadas en Guayaquil en el 2009.
Fuente: Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil.

En la categoría de otras están incluidas las luminarias con LEDs, semaforización, reflectores en parques y demás equipos de iluminación.

1.3.3 Número de luminarias de alumbrado público en la actualidad en la ciudad de Guayaquil.

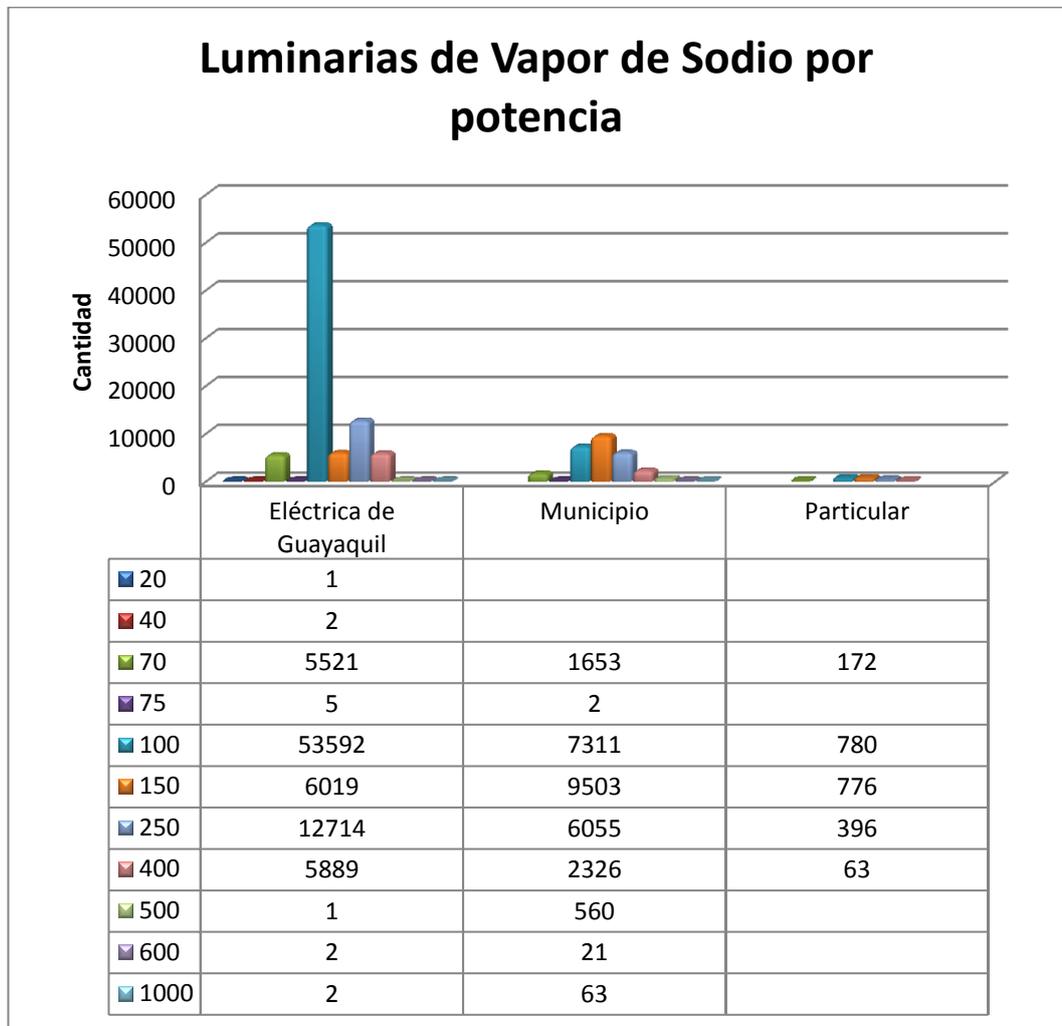


Gráfico 1.4 Número de luminarias de vapor de sodio por potencia en la actualidad en Guayaquil.

Fuente: Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil.

En la ciudad de Guayaquil, con los datos obtenidos de la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil, el número de luminarias de vapor de sodio es de 113.429, distribuidas en 83.748 de dicha empresa, 27.494

del M.I. Municipalidad de Guayaquil y 2.187 de uso particular. Por otra parte, las lámparas de vapor de mercurio todavía existen (alrededor de 2000 luminarias) pero están en proceso de cambio por las de vapor de sodio.

1.3.4 Alumbrado público en la ciudad de Guayaquil (2011 hasta la actualidad).

1.3.4.1 Consumo mensual del Alumbrado público.

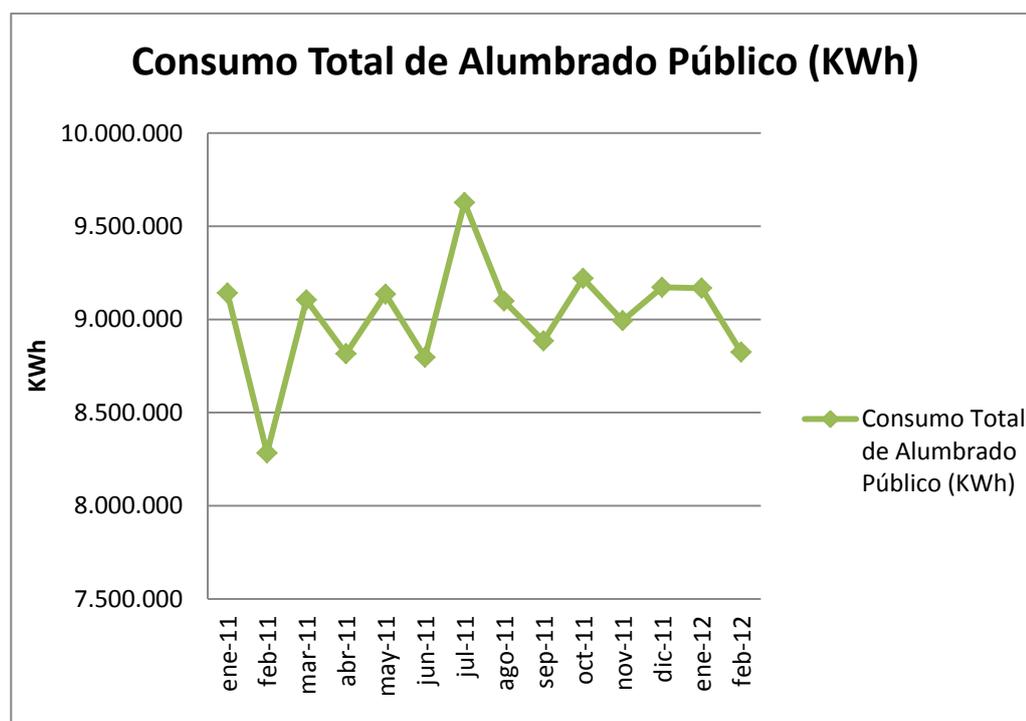


Gráfico 1.5 Consumo mensual de alumbrado público desde 2011 hasta la actualidad.

Fuente: Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil.

Se observa que el consumo mensual durante el último año hasta el mes de febrero del 2012 es casi constante a excepción del mes de

febrero y julio del 2011, dando un consumo promedio de 9.018.873 KWh.

1.3.4.2 Demanda mensual del Alumbrado público.

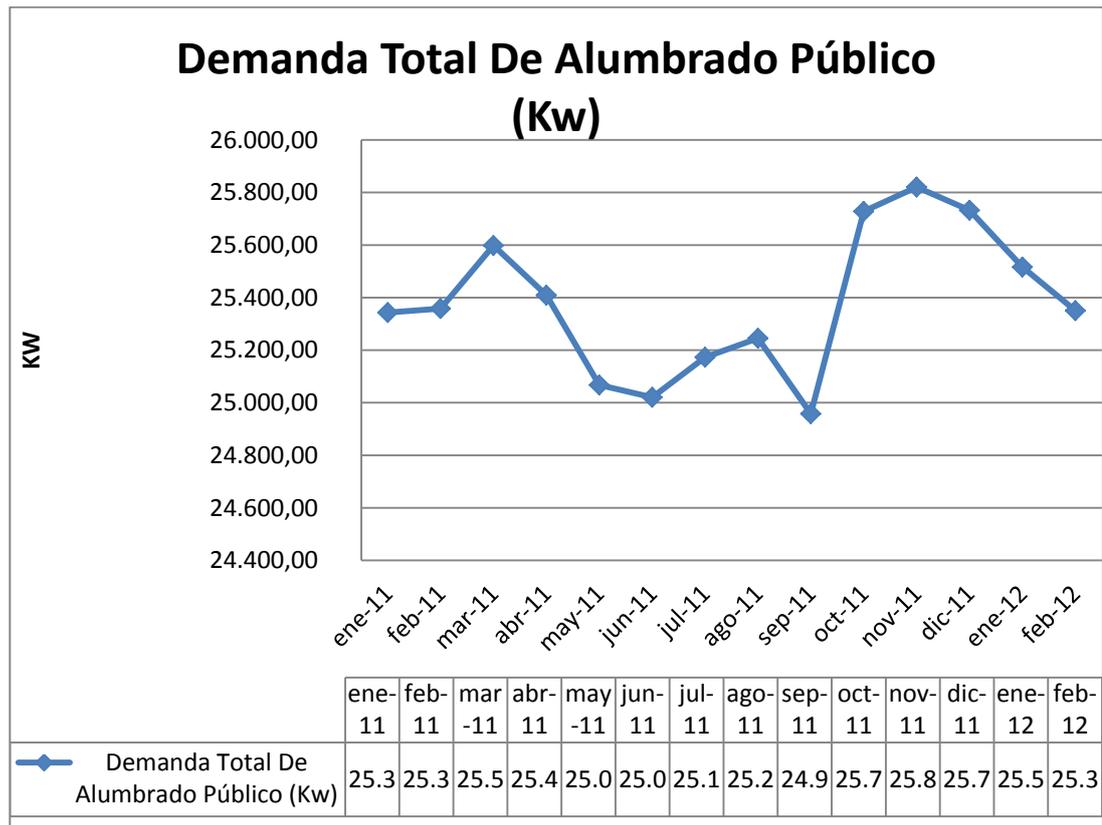


Gráfico 1.6 Demanda mensual de alumbrado público desde 2011 hasta la actualidad.

Fuente: Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil.

Se observa que la demanda mensual durante el último año hasta el mes de febrero del 2012 es casi constante con una demanda promedio de 25380,13 KW.

1.4 Tendencia del alumbrado público.

1.4.1 Ecuador.

En diferentes ciudades del país es muy común el uso de lámparas de vapor de mercurio y de vapor de sodio, principalmente.

En Guayaquil, con el fin de reducir el impacto ambiental, la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil puso en marcha un plan que consistía en la instalación de lámparas de vapor de sodio y la destrucción de 30 mil lámparas de vapor de mercurio, las cuales habían cumplido ya su vida útil.

En cuanto a la iluminación mediante LEDs, debido a que éstos tienen una mayor longevidad, son muy utilizados en los sistemas de semaforización y su reemplazo resulta menos frecuente, por ende los problemas de tráfico vehicular tienden a reducirse.

1.4.2 Otros países.

De forma general, el alumbrado público en varios países de todo el continente consta de equipos poco modernos, es decir antiguos y por ende obsoletos provocando un mayor consumo de electricidad, lo que implica mayores gastos.

Algunos países de América están dispuestos a adoptar la tendencia europea, ya que han considerado la idea del uso de balastos de doble

potencia en sus sistemas de alumbrado público, lo que aportaría un ahorro de energía.

A partir del 2008, en países como Argentina, Chile y Brasil se han propuesto y llevado a cabo programas en los cuales se promueva el uso racional de la energía eléctrica. Esto consiste en el reemplazo de equipos antiguos por otros de mejor tecnología (cambio de luminarias de mercurio de alta presión por las de sodio de baja potencia) que permitan conseguir el ahorro, la revisión y control del correcto encendido y apagado de las lámparas, entre otros, logrando de esta forma la reducción de pérdidas técnicas en este tipo de sistemas.

Otra propuesta para fomentar la eficiencia energética en el alumbrado público en Chile, es realizar concursos entre municipios con menores ingresos, en donde se selecciona un sector de cada municipio con un determinado número de viviendas. Lo que se busca es incorporar equipos modernos a sus sistemas de alumbrado con la misma finalidad ya antes planteada, la de reducir el consumo energético y con ello, los costos generales de operación. Cabe recalcar, que la elaboración de cada proyecto debe permitir que la inversión inicial se recupere o financie con los ahorros que se obtendrían mediante la incorporación de los nuevos elementos.

En distintas ciudades de México se ha resuelto varias opciones como

el reemplazo de lámparas de vapor de sodio por luminarias de color blanco metálico con el objetivo de tener una mejor iluminación y menor consumo, y a las que son retiradas se les da mantenimiento para luego reinstalarlas en otros lugares; mantenimiento, es decir, la limpieza de difusores y refractores, reemplazos de fotoceldas o foto controles en mal estado; la sustitución de balastos electromagnéticos por electrónicos, la cual es una tecnología europea y permite la programación de las lámparas para estén encendidas al 100% de su capacidad durante ciertas horas de la noche y para que disminuyan su intensidad durante otras. Este último punto hace referencia a que según ciertos estudios, resulta poco útil tener al alumbrado público al 100% de su potencial durante toda la noche ya que el tráfico de vehículos y peatones se reduce notablemente en la madrugada.

Con respecto al continente europeo, éste si está consciente de la importancia del factor ecológico aunque un tercio de su alumbrado público aún es ineficiente ya que utilizan lámparas de vapor de mercurio, que no permiten el ahorro de energía dando lugar también a las emisiones de CO₂.

“Los españoles serían los europeos que más despilfarran en alumbrado público” [14]. Es así como son considerados los habitantes de España, pues este país a diferencia de los demás de la Unión Europea, es el que tiene mayor consumo de energía eléctrica

provocando gastos económicos innecesarios ya que cuenta con una mala iluminación pública que en algunos casos se pierde hacia el cielo. Es por ello también que es el país europeo que causa mayor contaminación lumínica. Aunque es importante mencionar que ciudades como Barcelona y Lleida han puesto en marcha el uso de luces LED, temporizadores y detectores de movimiento en sus sistemas de alumbrado para que dichas luces se enciendan cuando exista movimiento en las calles logrando así el ahorro.

Finalmente, con relación a las luces LED en el alumbrado público, ciudades como New York, Boston, Los Ángeles, Sidney, Taiwán, Torraca, Ambler, entre otras, iluminan de forma parcial o total sus calles con este tipo de luces porque como es de conocimiento éstas consumen menos energía, los costos de mantenimiento son mínimos y tienen una vida útil mayor con respecto a los tipos de lámparas convencionales.

CAPÍTULO 2

EQUIPOS Y TIPOS DE LÁMPARAS UTILIZADAS EN LOS DISTINTOS SECTORES DEL ALUMBRADO PÚBLICO.

Además de las distintas lámparas, también existen equipos o dispositivos que conforman un sistema de alumbrado público, que en conjunto permiten su correcto funcionamiento, encendido y apagado a diferentes horas, ahorro de energía, y otras ventajas que se mencionan en el presente capítulo.

2.1 Equipos o componentes utilizados.

2.1.1 Adaptador de LED.

Para la iluminación con LEDs en ciertos casos no es posible adaptar la

lámpara a la boquilla, debido a que los tamaños de las roscas varían y no son como las estándar, y en ciertos casos la lámpara tiene dos pines con los cuales se sujeta al socket. Por lo tanto, además de la lámpara se debe hacer un gasto adicional en lo que es el socket para el tipo de lámpara LED que se vaya a usar.

2.1.2 Balastos.

2.1.2.1 Operación de los balastos.

En todos los sistemas de iluminación el balastro se encarga de tres tareas:

- ✓ Provee el voltaje adecuado para establecer un arco entre los electrodos que enciende la lámpara.
- ✓ Regula la corriente eléctrica que fluye a través de la lámpara para estabilizar la salida de luz.
- ✓ Proporciona el voltaje de operación correcto para proveer la corriente de operación específica de la lámpara. También pueden compensar variaciones del voltaje de fuente.

Los balastos son equipos que sirven para controlar la potencia eléctrica, esta aplicación es de gran importancia ya que gracia a ellos se han logrado mejoras en el funcionamiento general de los sistemas de iluminación, tracción y en motores eléctricos.

Debido a que los balastos son de gran importancia para la operación de las lámparas, estos han tenido un destacado desarrollo tecnológico y se clasifican en:

- ✓ Balastos electromagnéticos
- ✓ Balastos electrónicos.

2.1.2.2 Balastro electromagnético.

Este tipo de balastro consiste en un núcleo de láminas de acero rodeadas por dos bobinas de cobre o aluminio. Este arreglo transforma potencia eléctrica en una forma apropiada para arrancar y regular la corriente.

El tercer componente principal de la mayoría de los balastos electromagnéticos es el capacitor. El capacitor optimiza el factor de potencia, de tal manera que es más eficiente.

2.1.2.3 Balastro electrónico.

Este balastro está basado en una tecnología diferente a la del balastro electromagnético. Enciende y regula las lámparas en altas frecuencias, generalmente mayores a 20KHz, usando componentes electrónicos en vez de un transformador.

Los balastos electrónicos presentan algunas ventajas respecto a los

balastos electromagnéticos, tales como:

- ✓ La eliminación del parpadeo de la lámpara en el encendido.
- ✓ El ruido audible.
- ✓ La habilidad para ajustar la salida de la luz de la lámpara a casi cualquier nivel cuando es usado un control de intensidad luminosa.

Los balastos son diseñados para operar las lámparas y proveer el voltaje requerido apropiado para el arranque y operación de la lámpara.

Este tipo de balastro está compuesto de grupos de componentes electrónicos que convierten voltaje CA a CD, pasando por un convertidor CD-CD el cual funciona como corrector de factor de potencia. Luego la salida se conecta a un inversor de alta frecuencia que alimenta la lámpara.

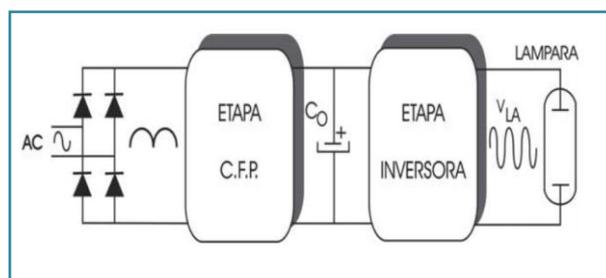


Figura 2.1 Balastro electrónico.

2.1.3 Fococeldas.

Las fotoceldas o fotorresistencia es un componente cuya resistencia disminuye con el incremento de intensidad de luz incidente, y aumenta con la reducción de la misma. Su valor de resistencia puede disminuir de 50 ohm cuando hay luz incidente y llegar a la valores de megohmios cuando no está a oscuras. Está formado por una célula o celda y dos patillas.

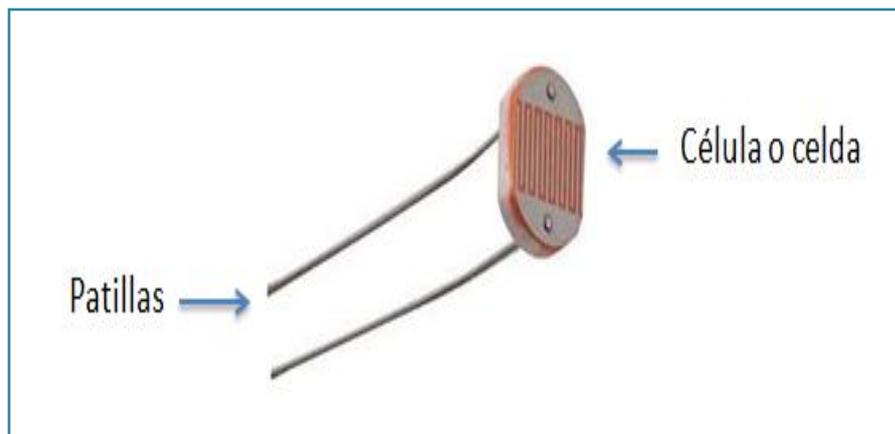


Figura 2.2 Fococelda.

La fotorresistencia consiste de un semiconductor como el sulfuro de cadmio que tiene alta resistencia, y aprovecha la capacidad del cadmio de variar su resistencia según la luz que incida en él. Estas células son capaces de reaccionar a una amplia de gama de frecuencia tales como; infrarrojo, luz visible y ultravioleta.

Las fotoceldas son de fácil conexión como se muestra en la figura 2.3.

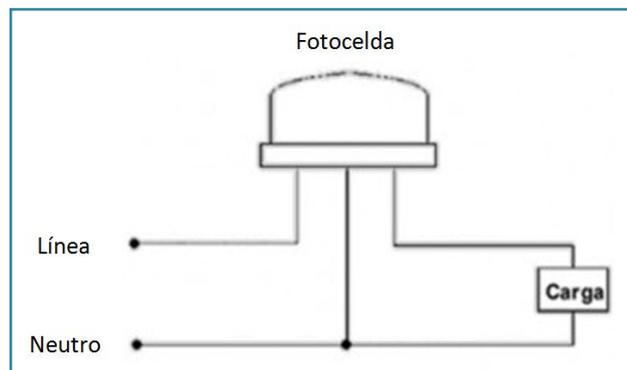


Figura 2.3 Conexión de fotocelda.

2.1.4 Reflectores.

Un reflector es una superficie que tiene forma de parábola, la cual refleja la luz. Usualmente la fuente de luz se encuentra ubicada en el punto focal del mismo. Esta configuración proyecta los rayos paralelos en un patrón simétrico brindando una luz concentrada.

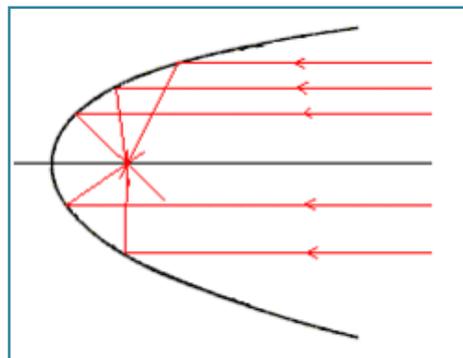


Figura 2.4 Proyección de rayos paralelos.

Si la fuente de luz se mueve hacia el reflector la iluminación será esparcida, mientras que si se mueve alejándose del reflector los rayos de luz convergerán.

Los reflectores son más caros que las luminarias, debido a su superficie que brinda una luz más concentrada, es por ellos que los reflectores se aplican en ciertas áreas específicas que necesitan de un haz de luz luminoso abierto y uniforme, tales como:

- ✓ Zonas de vigilancia.
- ✓ Canchas deportivas.
- ✓ Zonas de seguridad.
- ✓ Fachadas.
- ✓ Áreas de maniobra.

Para el alumbrado con reflectores normalmente se usan tres tipos de lámparas, como lo son las de vapor de sodio de alta presión, haluros metálicos, de vapor de mercurio, y últimamente se están usando los LEDs. También están diseñados para todo nivel de potencia de las lámparas (desde los 75W hasta los 1500W).

2.2 Tipos de lámparas utilizadas.

En la ciudad de Guayaquil, las lámparas más usadas para el alumbrado público son las de vapor de sodio, que es un tipo de lámpara de descarga que usa el vapor de sodio para producir luz; otra opción son las lámparas de haluros metálicos, por el color blanco que emiten

blanco; también se utilizan las de vapor de mercurio, pero éstas en la actualidad están siendo reemplazadas. En lo que respecta a los anuncios, se emplean lámparas de neón; y por último la tecnología LED tiene su aplicación en semáforos principalmente.

En otros países se están utilizando los LEDs para alumbrado público, los cuales ahorran energía debido a su bajo consumo pero su precio es elevado, y también emplean lo último en lámparas eficientes, como son las de inducción y las de plasma.

2.2.1 Lámpara de haluro metálico.

Conocida también como lámparas de aditivos metálicos, lámpara de halogenuros metálicos o lámparas de mercurio halogenado. Es una lámpara de descarga de alta presión con una excelente eficacia luminosa a la par con una buena reproducción cromática. Estas lámparas son comparables con las lámparas de vapor de mercurio de alta presión.

La lámpara de haluros metálicos tiene una base metálica que permite la conexión eléctrica. La lámpara es recubierta con un cristal protector externo que protege los componentes internos, el bulbo suele ser dotado de un filtro de radiación, provocada por el mercurio. Dentro del bulbo hay unos soportes y alambres de plomo que sostienen el tubo de cuarzo y su vez éste se encaja en los electrodos de tungsteno.

La composición de los metales usados define la temperatura y el color de luz producida, el cual puede ser; blanco cálido, blanco neutro o blanco de luz diurna.

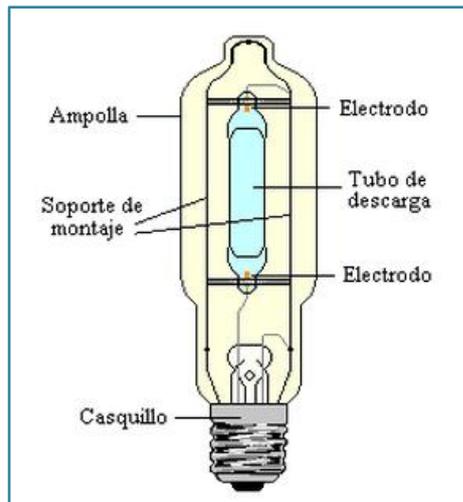


Figura 2.5 Lámpara de haluro metálico.
Fuente: edison.upc.edu

Estas lámparas pueden ser usadas en diferentes áreas, tales como:

- ✓ Estaciones de combustible.
- ✓ Plazas.
- ✓ Alumbrado vial.
- ✓ Acuarios.

2.2.2 Lámpara de inducción.

Es la generación de lámparas con la mayor eficiencia energética hasta ahora lograda con un ahorro del 32% hasta un 80% de energía,

dependiendo de la aplicación de la lámpara, reduciendo la emisión de miles de toneladas de CO₂ y con una alta fiabilidad en un rango de 60000 a 100000 horas. Otras de sus ventajas es la mayor ergonomía visual, ya que no produce parpadeos, no produce contaminación electromagnética y tiene un mayor rango de iluminación.

Su funcionamiento consta de cuatro pasos:

Paso 1: Generador de alta frecuencia

Genera la energía eléctrica a la frecuencia adecuada para la emisión electromagnética en la bobina.

Paso 2: Bobina de inducción sin electrodos.

Transfiere energía desde el generador de alta frecuencia a la ampolla utilizando una antena formada por una bobina primaria de inducción y un núcleo de ferrita.

Paso 3: Plasma de electrones y gas inerte.

El choque electrónico en el gas noble (Argón) convierte la energía en radiación UV.

Paso 4: Capa de trifósforo.

Convierte la radiación UV en luz visible.

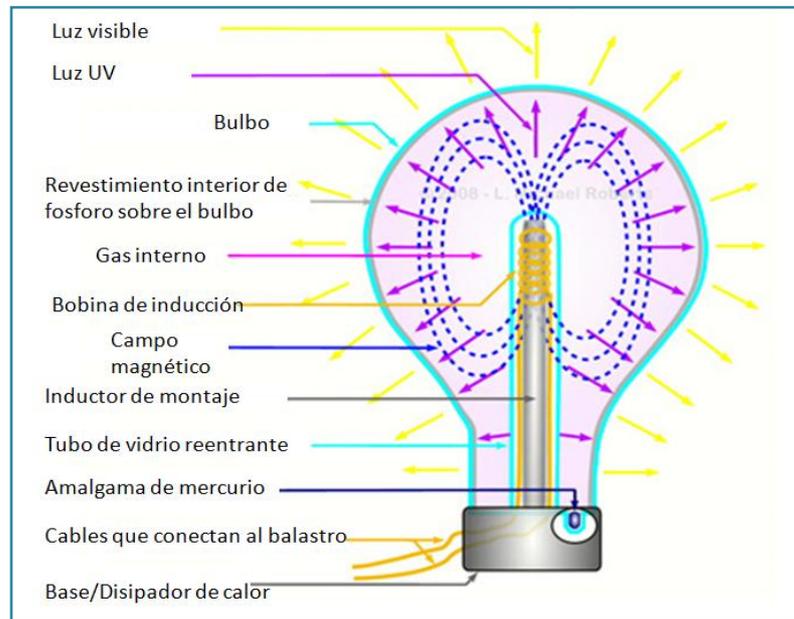


Figura 2.6 Lámpara de inducción.
Fuente: ENERI.

Las lámparas de inducción son usadas en los distintitos sectores del alumbrado público como comercial, industrial y doméstico, pero en lo que se refiere a alumbrado público se lo aplica en:

- ✓ Avenidas.
- ✓ Calles.
- ✓ Parques.
- ✓ Aparcamientos.
- ✓ Túneles.
- ✓ Carreteras.

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS LÁMPARAS DE INDUCCIÓN | | | | | |
|--|----------------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------|
| Potencia (W) | Eficiencia Lumínica (lm/W) | Rango de voltaje de entrada (V) | Flujo Lumínico (lm) | Frecuencia de operación (MHz)* | Vida útil (horas) |
| 40 | 85 | 150-265 | 3400 | 2.65 o 13.6 | 60000 |
| 80 | 85 | 150-265 | 6800 | 2.65 o 13.6 | 60000 |
| 100 | 85 | 150-265 | 8500 | 2.65 o 13.6 | 100000 |
| 120 | 85 | 150-265 | 10200 | 2.65 o 13.6 | 100000 |
| 200 | 85 | 150-265 | 17000 | 2.65 o 13.6 | 100000 |

*Depende del diseño de la lámpara

Tabla 2.1 Especificaciones técnicas de lámparas de inducción.

2.2.3 Lámpara LED.

Ahorrar dinero y ayudar a proteger el medio ambiente son las soluciones en alumbrado basado en lámparas LED de alta potencia; son muy eficaces y producen un ahorro de más de dos tercios comparado con las lámparas clásicas de sodio o de mercurio. Las lámparas LED no contienen ningún mercurio tóxico, exigen un mantenimiento mínimo y son hechas para durar 50.000 horas aproximadamente.

Los LEDs (Light Emitting Diode) o diodos emisores de luz son dispositivos semiconductores que emiten luz cuando se polarizan y se atraviesan con corriente eléctrica. Pueden ser de diferente color, dependiendo del material del semiconductor.

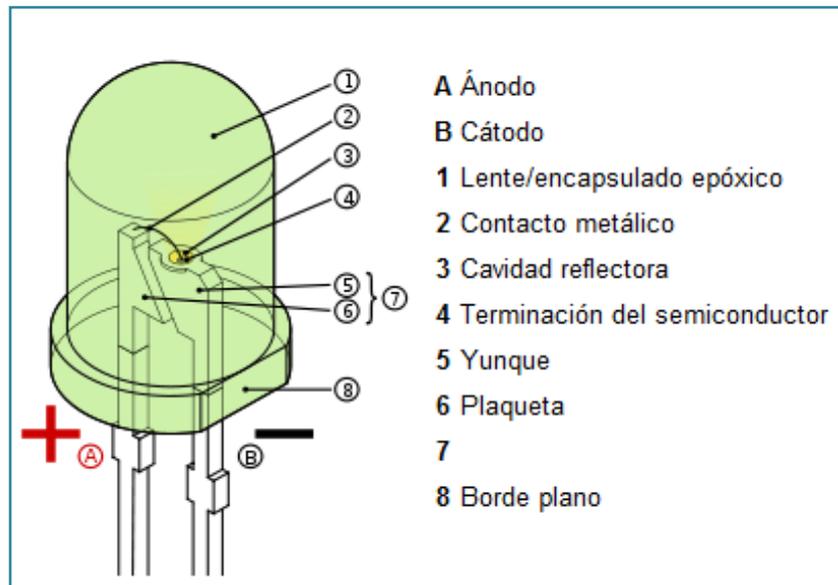


Figura 2.7 Partes de un LED.
Fuente: El Universo de Wavens.

En lo que respecta a Ecuador el uso de los LEDs para alumbrado público no es un hecho todavía, sólo en lo que es semaforización debido a su alto costo. En otros países las lámparas LEDs son usadas en diferentes áreas del alumbrado público tales como:

- ✓ Vías principales y ejes viales.
- ✓ Vías colectoras o primarias.
- ✓ Vías secundarias.
- ✓ Túneles.
- ✓ Estacionamientos.

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS LÁMPARAS LEDS | | | | | |
|--|----------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Potencia (W) | Eficiencia Lumínica (lm/W) | Voltaje de entrada (V) | Flujo Lumínico (lm) | Eficiencia Lumínica (%) | Equivalencia Lumínica a Sodio (W) |
| 40 | 85 | 100-240 | 2720 | >85 | 70 |
| 80 | 90 | 100-240 | 4800 | >85 | 150 |
| 113 | 85 | 100-240 | 7800 | >85 | 250 |
| 170 | 85 | 100-240 | 11800 | >85 | 400 |

*Los valores de la tabla son un promedio de distintas marcas de lámparas.

Tabla 2.2 Especificaciones técnicas de lámparas LEDs.

Los LEDs no siempre son la mejor opción, la información comercial exagera sus bondades, como por ejemplo su vida útil (10 a 13 años), pero esto ocurre sólo con un buen servicio eléctrico, es decir un nivel de voltaje constante sin variaciones bruscas del mismo. Su alto costo implica desventaja, como por ejemplo: una lámpara de 170 W en reemplazo de una de vapor de sodio de 400 W tiene un costo aproximado de \$1.554, evidentemente es un precio alto en comparación con otras lámparas.

Estudios que se han realizado demuestran que la luz blanca de los LEDs afecta en mayor medida a la melatonina. Esta hormona controla el ritmo circadiano del cuerpo y lo protege frente a diversas

enfermedades, como alteraciones degenerativas o ciertos tipos de cáncer.

2.2.4 Lámpara de plasma.

Una lámpara de plasma es una fuente luminosa artificial de última generación, integrada por una cápsula de cuarzo que no incorpora filamentos, electrodos o inductores, la cual contiene en su interior mercurio, gases inertes (criptón y argón) y elementos químicos lantánidos (cerio, disprosio, holmio, gadolinio y tulio).

La lámpara de plasma emite luz visible al ser evaporados los elementos químicos lantánidos mediante un plasma producido por la ionización de los átomos de mercurio y las moléculas de los gases inertes.

Para el encendido de esta lámpara se requiere de dos dispositivos que son:

- ✓ El emisor resonante de cerámica que proporciona un medio de soporte y fijación de la cápsula de cuarzo, además de direccionar una señal de radio frecuencia para generar y concentrar un campo magnético de alta intensidad dentro de la cápsula de cuarzo.

- ✓ Amplificador electrónico de radio frecuencia que emite una

señal de muy alto rango hacia el emisor resonante de cerámica.

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA LÁMPARA DE PLASMA. | | |
|---|-------|-------|
| Potencia (W) | 160 | 230 |
| Eficacia promedio (lm/W) | 72 | 72 |
| Flujo luminoso (lm) | 12000 | 16000 |
| Vida útil promedio (h) | 50000 | 50000 |
| Equivalencia Lumínica a Sodio (W) | 250 | 400 |

Tabla 2.3 Especificaciones técnicas de lámparas plasma.

2.2.5 Lámpara de vapor de mercurio.

Estas lámparas están formadas por un tubo de descarga de cuarzo contenido en una ampolla ovoidal rellena de vapor de mercurio, el cual consta de dos electrodos principales y uno auxiliar para el arranque.

Normalmente esta lámpara emite una luz de color azul verdoso, por lo cual se agrega una sustancia fluorescente que reviste a la ampolla ovoidal internamente, para que de esta manera la radiación ultravioleta de la descarga se haga visible, especialmente la parte roja del espectro.

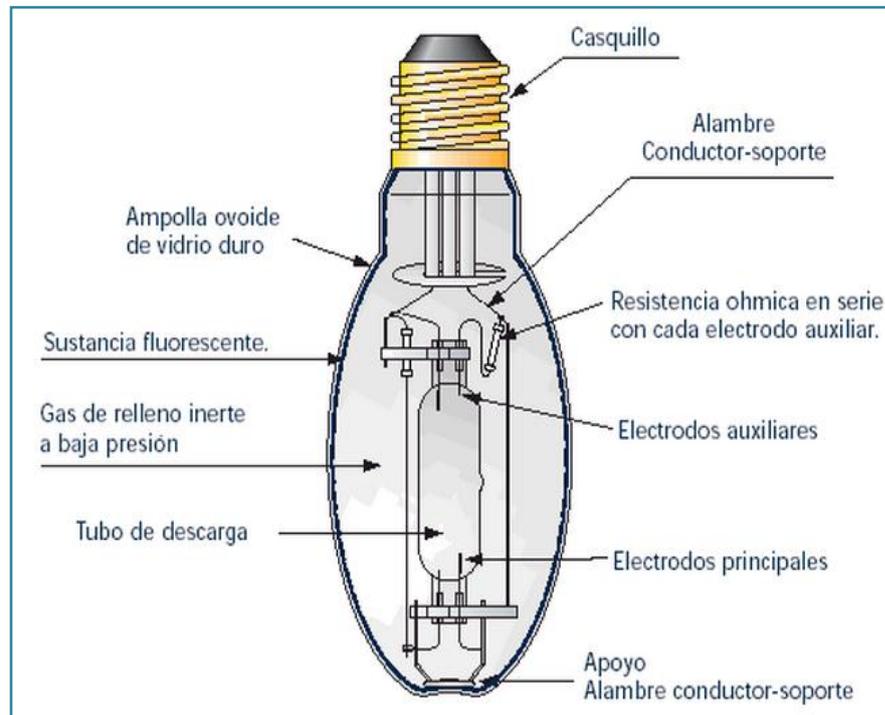


Figura 2.8 Partes de la lámpara de vapor de mercurio.

Fuente: Tu Verás – Web de Tecnología Eléctrica.

Estas lámparas son usadas en diferentes áreas, tales como:

- ✓ Alumbrado Público: calles, avenidas, parques.
- ✓ Áreas Industriales: interior y exterior de fábricas.
- ✓ Áreas Diversas: estaciones ferroviarias, depósitos, plazas de estacionamiento.
- ✓ Áreas Deportivas.
- ✓ Iluminación Ornamental: parques, jardines, fachadas.

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO | | | | | |
|--|--------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Tipo | Potencia (W) | Tensión de línea (V) | Tensión de la lámpara (V) | Corriente de la lámpara (A) | Flujo luminoso (lm) |
| HPL-N | 80 | 220 | 115 | 0.80 | 3700 |
| HPL-N | 125 | 220 | 125 | 1.15 | 6200 |
| HPL-N | 250 | 220 | 135 | 2.10 | 12700 |
| HPL-N | 400 | 220 | 140 | 3.25 | 22000 |
| HPL-N | 700 | 220 | 145 | 5.40 | 38500 |
| HPL-N | 1000 | 220 | 145 | 7.50 | 58500 |

Tabla 2.4 Especificaciones técnicas de lámparas de vapor de mercurio.

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO | | | | | |
|--|--------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Tipo | Potencia (W) | Luminancia (cd/cm ²) | Rendimiento de la lámpara (lm/W) | Rendimiento del Sistema (lm/W) | Vida útil promedio (hs.) |
| HPL-N | 80 | 4.9 | 41 | 41 | 16000 |
| HPL-N | 125 | 9.0 | 50 | 45 | 16000 |
| HPL-N | 250 | 9.9 | 51 | 47 | 16000 |
| HPL-N | 400 | 11.0 | 55 | 52 | 12000 |
| HPL-N | 700 | 14.0 | 55 | 52 | 12000 |
| HPL-N | 1000 | 18.0 | 59 | 56 | 12000 |

Tabla 2.5 Especificaciones técnicas de lámparas de vapor de mercurio.

2.2.6 Lámpara de vapor de sodio.

Es una de las lámparas más eficientes ya que producen una gran cantidad de lúmenes por vatio y una luz amarilla brillante. Existen dos

tipos de lámpara de vapor de sodio que son:

- ✓ *Lámpara de vapor de sodio de baja presión*, es la más eficiente de las dos porque genera alrededor de 200 lm/W aunque que carece de reproducción cromática.

Está formada por dos ampollas de vidrio tubulares. La ampolla interna o tubo de descarga tiene forma de U y en su interior se encuentra una pequeña cantidad de gas neón a baja presión y sodio puro en forma de gotas. La ampolla exterior envolvente, tiene como misión la protección térmica y mecánica del tubo de descarga, y entre las dos se ha hecho vacío.

Estas lámparas se las utilizan cuando no es importante la reproducción correcta de los colores, pero sí la percepción de contrastes, y tienen una aplicación en las siguientes áreas.

- ✓ Alumbrado de carreteras con neblina
- ✓ Alumbrado exterior.
- ✓ Donde la identificación de colores no es necesaria.

La estructura de la lámpara de vapor de sodio de baja presión se muestra a continuación.

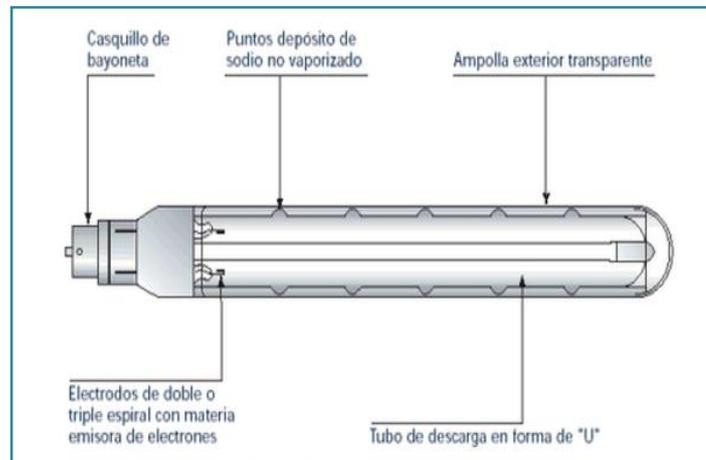


Figura 2.9 Partes de la lámpara de vapor de sodio de baja presión.
Fuente: Tu Verás – Web de Tecnología Eléctrica.

- ✓ *Lámpara de vapor de sodio de alta presión*, es la más usada en el alumbrado público ya que tiene un rendimiento de color bastante bueno en comparación con la de baja presión, a pesar de que es un poco menos eficiente al generar alrededor de 130 lm/W.

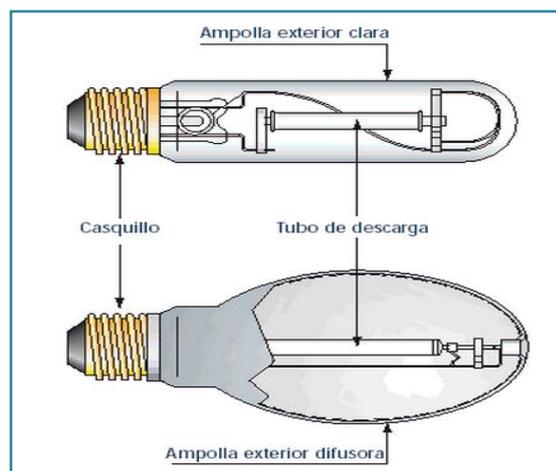


Figura 2.10 Partes de la lámpara de vapor de sodio de alta presión.
Fuente: Tu Verás – Web de Tecnología Eléctrica.

Estas lámparas se usan en:

- ✓ Alumbrado interior, donde el índice de color no es crítico.
- ✓ Alumbrado industrial.
- ✓ Alumbrado público
- ✓ Estacionamiento.
- ✓ Alumbrado de seguridad.
- ✓ Alumbrado de pasos peatonales.

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO | | | | | |
|---|--------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Tipo | Potencia (W) | Potencia de la lámpara (W) | Tensión de la lámpara (V) | Corriente de la lámpara (A) | Flujo luminoso (lm) |
| SON-T - E | 70 | 70 | 90 | 0.98 | 6000 |
| SON-T | 150 | 147 | 100 | 1.80 | 15000 |
| SON-T | 250 | 250 | 100 | 3.00 | 28000 |
| SON-T | 400 | 392 | 100 | 4.60 | 48000 |
| SON-T | 1000 | 1000 | 100 | 10.60 | 130000 |
| SON-T Plus | 70 | 100 | 90 | 1.00 | 6600 |
| SON-T Plus | 100 | 152 | 100 | 1.20 | 10500 |
| SON-T Plus | 150 | 250 | 100 | 1.80 | 16500 |
| SON-T Plus | 250 | 400 | 100 | 3.00 | 32000 |
| SON-T Plus | 400 | 220 | 100 | 4.50 | 55000 |
| SON-T Plus | 600 | 350 | 115 | 5.80 | 90000 |

Tabla 2.6. Especificaciones técnicas de lámparas de vapor de sodio.

| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO | | | | | |
|---|--------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| Tipo | Potencia (W) | Luminancia (cd/m ²) | Rendimiento de la lámpara (lm/W) | Rendimiento del Sistema (lm/W) | Vida útil promedio (hs.) |
| SON-T - E | 70 | 300 | 86 | 73 | 24000 |
| SON-T | 150 | 300 | 100 | 87 | 24000 |
| SON-T | 250 | 400 | 112 | 99 | 24000 |
| SON-T | 400 | 550 | 120 | 113 | 24000 |
| SON-T | 1000 | 650 | 130 | 122 | 24000 |
| SON-T Plus | 70 | 310 | 94 | 82 | 24000 |
| SON-T Plus | 100 | 500 | 105 | 90 | 24000 |
| SON-T Plus | 150 | 340 | 110 | 93 | 24000 |
| SON-T Plus | 250 | 610 | 128 | 114 | 24000 |
| SON-T Plus | 400 | 790 | 138 | 127 | 24000 |
| SON-T Plus | 600 | 950 | 150 | - | 24000 |

Tabla 2.7 Otras especificaciones técnicas de lámparas de vapor de sodio.

2.3 Análisis comparativo de los tipos de lámparas utilizadas en el alumbrado público.

En esta sección se realiza una comparación entre las diferentes tipos de lámparas mencionadas anteriormente.

Para este análisis, es necesario tomar en cuenta varios factores importantes para poder determinar qué tipo de luminaria sería más conveniente usar en los diferentes sectores existentes como: vías, parques, jardines, peatonales, entre otros, y de esta manera determinar cuál sería la más recomendable en general.

Entre las variables consideradas se tienen: costo de la lámpara, su eficacia luminosa, el aspecto cromático, la reproducción de colores, la vida útil, el tiempo que de su encendido, parpadeo, deslumbramiento, entre otras. Todos estos factores mencionados son muy importantes si lo que se desea es ahorrar energía y tener un nivel apropiado de iluminación.

Para tener una idea completa de la eficacia de las distintas clases de luminarias, así como las alternativas que pueden ser empleadas, a continuación se presenta una tabla que muestra la eficacia y el flujo luminoso de las lámparas con su respectiva potencia:

| Tipo de Lámpara | Potencia | Flujo luminoso | Eficacia |
|--------------------------------|----------|----------------|----------|
| | (W) | (lm) | (lm/W) |
| Vapor de mercurio | 125 | 6300 | 50,40 |
| Vapor de mercurio | 250 | 13000 | 52,00 |
| Haluros metálicos | 70 | 4500 | 64,28 |
| Haluros metálicos | 175 | 14000 | 80,00 |
| Haluros metálicos | 250 | 20500 | 82,00 |
| Vapor de sodio de alta presión | 150 | 16000 | 106,67 |
| Vapor de sodio de alta presión | 250 | 27500 | 110,00 |
| Vapor de sodio de baja presión | 26 | 3600 | 138,46 |
| Vapor de sodio de baja presión | 90 | 13500 | 150,00 |
| Plasma | 160 | 12000 | 75,00 |
| Plasma | 230 | 16000 | 69,56 |
| LED | 90 | 6750 | 75,00 |
| Inducción | 100 | 10000 | 100 |
| Inducción | 150 | 14000 | 93,33 |

Tabla 2.8 Eficacia y flujo luminoso de lámparas.

Como se puede observar en la tabla anterior, las lámparas que tendrán mejor eficacia luminosa son las de vapor de sodio de baja presión, ya que con menor potencia muestran un flujo luminoso mucho mejor a las demás demostrando tener mayor eficiencia, sin embargo las de inducción también poseen una eficacia luminosa muy buena.

La siguiente tabla muestra la comparación entre los tipos de lámparas ya mencionados, refiriéndose únicamente a 3 factores que son el costo relativo de las luminarias, el aspecto cromático y la reproducción de colores.

| Tipo de Lámpara | Características | | |
|---------------------------------------|------------------|----------------------|-------------------------|
| | Costo relativo | Aspecto cromático | Reproducción de colores |
| Inducción | Medio | Cálido | Excelente |
| LED | Medio Elevado | Intermedio Cálido | Excelente |
| Plasma | Elevado | Cálido | Excelente |
| Vapor de Mercurio | Medio | Frío | Media |
| Haluros Metálicos | Elevado | Frío | Buena |
| Vapor de Sodio de alta presión | Elevado | Cálido | Buena |
| Vapor de Sodio de baja presión | Elevado | Cálido | Muy pobre |

Tabla 2.9 Comparación de características externas de lámparas.

A continuación se presenta un análisis mucho más amplio de las diferentes lámparas, lo que permite tener mejores detalles y conclusiones acerca de cuál lámpara sería la más recomendable.

| Característica | Inducción | MH | VP | VSAP | LED | Plasma |
|---------------------------------------|---|-------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Vida útil (Horas) | Compactas: 60000 Grandes: 100000 | 6000- 20000 | 3000- 6000 | 24000 | 50000 | 50000 |
| Ahorro de Energía | Excelente | Menor | Menor | Menor | Bueno | Excelente |
| Pérdidas de luminosidad de 2000 horas | 5% | 40% | 45% | 30% | 50% | 10% - 80% |
| Temperatura | < 80°C | > 300°C | > 300°C | > 350°C | 60°C | 40° - 50° C |
| Rendimiento del color | 80% | 65-70% | 45% | 60% | 80% | 80% |
| Eficiencia Luminosa de Pupila | 150 Plm/W | 110 - 140 Plm/W | 43 Plm/W | 90 Plm/W | 150 Plm/W | 80 Plm/W |
| Reencendido | Instantáneo | 10-15 min | 10-15 min | 10-15 min | Instantáneo | Instantáneo |
| Parpadeo | Ninguno | Si | Si | Si | No | No |
| Deslumbramiento | Ninguno | Si | Si | Si | No | No |
| Aspecto ambiental | Bajo contenido de mercurio. No se reponen lámparas (10-20 años) | Se tiene que reponer lámparas | Alto contenido de mercurio. Se reponen lámparas | Se tiene que reponer lámparas | No hay que reponer lámparas | No hay que reponer lámparas |

Tabla 2.10 Comparación de otras características de lámparas.

Con las características mostradas en la tabla 2.10 se observa que las lámparas de inducción, LED y plasma poseen una mayor vida útil en comparación a las demás lámparas, lo que indica que no hay la necesidad de que sean reemplazadas a menudo como las otras. Dichas lámparas permiten también un excelente ahorro de energía, además de que son reciclables porque su contenido de mercurio es bajo, por ende

no ocasionan daños al medio ambiente.

Un nuevo término usado en esta comparación es la *Eficiencia Luminosa de Pupila*, que es el factor de conversión para obtener una eficacia en lumen percibida por el ojo humano para diferentes tamaños de pupila y efectos visuales según la luz producida por distintas luminarias. Según aquello, en las luminarias de inducción el factor es 150 Plm/W al igual que en las LEDs, sin embargo las lámparas de haluros metálicos también poseen una eficiencia luminosa de pupila muy buena. Por lo tanto, si ese factor es mayor, las personas tendrán una mejor visión. En el Anexo A se muestra el factor de corrección S/P para las distintas lámparas.

Con respecto al rendimiento del color, mientras mayor sea el rendimiento, la lámpara podrá reproducir mejor el color. En base a aquello, la lámpara de inducción junto a la LED y plasma son las que reproducirán mejor el color.

En la siguiente gráfica, se muestra la gran diferencia que existe de costos de operación por tipo de lámpara encendida, con la condición de que se mantenga un mismo nivel de iluminación. Para entender mejor la gráfica se tiene un ejemplo sencillo: si en una calle la instalación cuenta con lámparas incandescentes, su costo será aproximadamente 8 veces superior al de un equipo que contara con lámparas de vapor de sodio

en alta presión, siempre y cuando se mantenga el mismo nivel de iluminación.

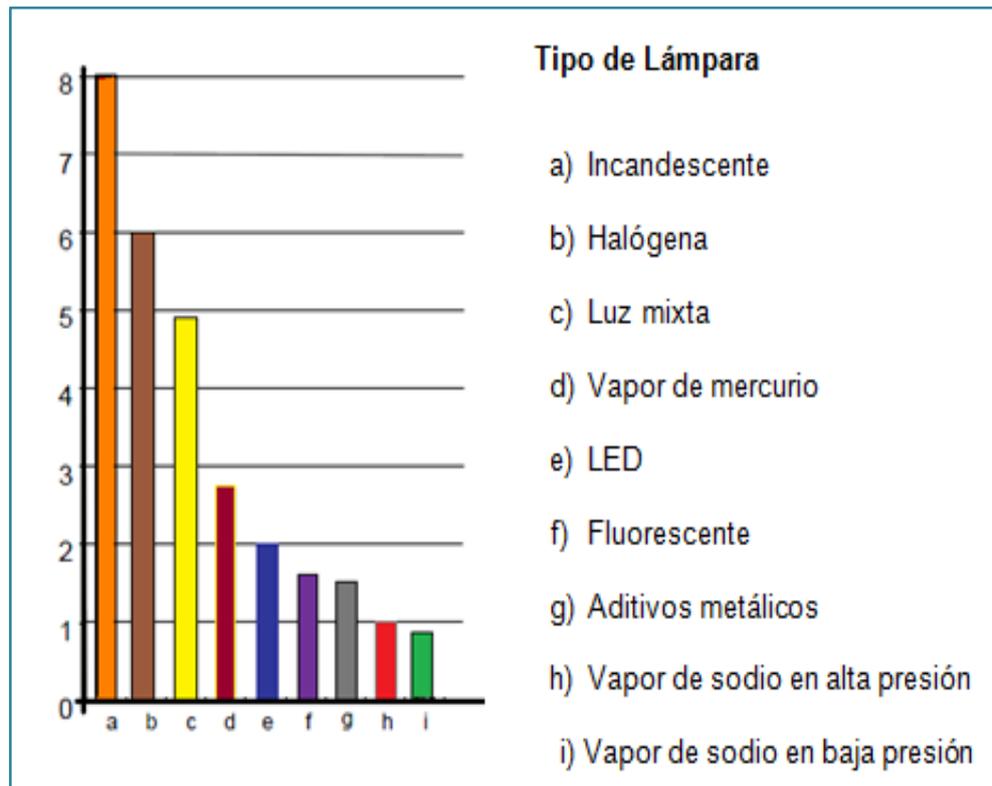


Gráfico 2.1 Índice del costo de operación unitario para un mismo nivel de iluminación.

Como se ha mencionado anteriormente, la mayoría de los sistemas de alumbrado para vías y exteriores emplean lámparas de descarga, las cuales requieren de un balastro para operar. Este balastro también consume energía, por lo que es importante conocer la potencia que consumen estos dispositivos. Los balastros utilizados en el alumbrado público tienen las siguientes pérdidas máximas:

| Potencia (W) | Potencia total del conjunto balastro lámpara (W) | Pérdidas máximas (W) |
|--------------|--|----------------------|
| 70 | 90 | 20 |
| 100 | 125 | 25 |
| 150 | 174 | 24 |
| 200 | 232 | 32 |
| 250 | 290 | 40 |
| 310 | 359,6 | 49,6 |
| 400 | 464 | 64 |

Tabla 2.11 Pérdidas máximas para balastos electromagnéticos para lámparas de vapor de sodio de alta presión.

| Potencia (W) | Potencia Total del conjunto balastro lámpara (W) | Pérdidas máximas (W) |
|--------------|--|----------------------|
| 70 | 81 | 11 |
| 100 | 113 | 13 |
| 150 | 164 | 14 |

Tabla 2.12 Pérdidas máximas para balastos electrónicos para lámparas de vapor de sodio de alta presión.

| Potencia (W) | Potencia Total del conjunto balastro lámpara (W) | Pérdidas máximas (W) |
|--------------|--|----------------------|
| 70 | 90 | 20 |
| 100 | 126 | 26 |
| 150 | 175 | 25 |
| 175 | 202 | 27 |
| 250 | 278 | 28 |
| 400 | 440 | 40 |
| 1000 | 1080 | 80 |

Tabla 2.13 Pérdidas máximas para balastos electromagnéticos para lámparas de aditivos metálicos.

| Potencia (W) | Potencia Total del conjunto balastro lámpara (W) | Pérdidas máximas (W) |
|--------------|--|----------------------|
| 70 | 82 | 12 |
| 100 | 113 | 13 |
| 150 | 165 | 15 |

Tabla 2.14 Pérdidas máximas para balastos electrónicos para lámparas de aditivos metálicos.

Esta comparación de las pérdidas máximas entre lámparas usando balastos electromagnéticos y electrónicos tiene su importancia, ya que más pérdidas implican más consumo, y lo que se desea lograr es el ahorro. Según las tablas, los balastos electromagnéticos presentan mayores pérdidas que los electrónicos, por lo tanto es conveniente utilizar estos últimos en las luminarias.

Después de haber analizado y comparado varios factores, entre las distintas lámparas existentes, se puede concluir que no existe un tipo de lámpara que cumpla con todo lo necesario para que el sistema de alumbrado sea totalmente eficiente, pero la nueva tecnología cada día busca conseguir una iluminación perfecta y a la vez un ahorro de energía. Las que más se asemejan al caso ideal son las de inducción, LEDs y plasma, ya que se caracterizan por una buena eficiencia, larga vida útil, son reciclables, no tienen parpadeo (dañino para el ser humano), entre otros factores.

CAPÍTULO 3

IDENTIFICACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

3.1 Concepto de eficiencia.

De forma general, la eficiencia para un determinado sistema se define como la razón de la energía que dicho sistema entrega producto de su operación o funcionamiento para la energía de entrada del mismo. Por lo tanto, la eficiencia de un sistema mejora a medida que las pérdidas se reducen en el proceso.

$$Eficiencia = \frac{Energía\ de\ salida}{Energía\ de\ entrada} \times 100\%$$

3.2 Eficiencia Energética.

La eficiencia energética es considerada como el consumo inteligente de

la energía, y se traduce a la implementación de acciones y capacitaciones que conlleven a consumir menos cantidad de energía, logrando un ahorro de ésta sin renunciar al grado de bienestar, calidad de vida o sin dejar de satisfacer las necesidades de los distintos usuarios o clientes, y también reduciendo el impacto sobre el medio ambiente, es decir implica administrar de una adecuada y mejor forma el uso de la energía en diferentes áreas como residencial, industrial, comercial y alumbrado público reduciendo costos o ahorrando dinero.

Realizar un uso eficiente de la energía tiene sus ventajas y beneficios, como lo son:

- ✓ Ahorrar de dinero.
- ✓ Reducir de pérdidas eléctricas en el caso de una empresa.
- ✓ Disminuir del consumo de electricidad en el hogar, trabajo o lugares públicos.
- ✓ Apoyar al cuidado del medio ambiente, reduciendo la emisión de gases de efecto de invernadero (CO₂). Dichos gases, que son componentes de la atmósfera del planeta absorben una parte de la energía (radiación infrarroja) emitida por la superficie ocasionando un aumento de la temperatura.
- ✓ Evitar el agotamiento rápido de recursos energéticos fósiles.

Como se indicó en el capítulo 1, los sistemas de alumbrado de calles, autopistas, sendas peatonales, jardines o parques de algunas ciudades del continente no son completamente eficientes, debido a que están conformados por elementos o equipos que carecen de nuevas tecnologías, aumentando el consumo eléctrico. De forma aproximada, dicho consumo puede ser del 40 - 50% del consumo de energía eléctrica de un determinado municipio, ayuntamiento o ciudad, es por ello que es necesario poner en práctica la eficiencia energética en el sector de alumbrado público considerando medidas e inversiones de nuevas tecnologías, logrando no solo el ahorro, sino que las personas realicen sus actividades de forma segura y sin molestia alguna.

3.3 Mal diseño de instalaciones en el alumbrado público.

3.3.1 Mala distribución y excesiva iluminación.

A pesar de que Ecuador no es un país como Estados Unidos, México u otros de la Unión Europea que contribuyen de forma significativa a la contaminación lumínica, no cuenta con diseños eficientes para el alumbrado público, esto es, sectores o lugares en los cuales no se tiene una correcta iluminación o no presentan una adecuada y buena distribución.

Un mal diseño para un sistema de alumbrado público puede implicar una mala distribución, provocando dos tipos de iluminación:

- ✓ Iluminación excesiva, cuando se tiene un exceso en la cantidad de postes, luminarias y lámparas, lo que indica que éstos se encuentren ubicados a una distancia y altura menor a la apropiada, y en el peor de los casos se haga uso de lámparas de mayor potencia que la necesaria.
- ✓ Iluminación deficiente o pobre, al no contar con la cantidad necesaria de postes, luminarias y lámparas, es decir, que éstos estén separados a una distancia considerable, y en el peor de los casos se utilicen lámparas de baja potencia a una altura mayor que la adecuada. Las consecuencias de esta mala distribución son principalmente la fatiga visual, accidentes e inseguridad. Este es el caso más común en el país.

Hoy en día, existe la idea de que no se puede lograr un crecimiento urbano sin un aumento exponencial del alumbrado público. Una excesiva iluminación trae como consecuencia no sólo la contaminación lumínica, sino también un gran e innecesario gasto en electricidad, y por ende no permite conseguir un ahorro energético.

El derroche de energía que puede ser significativo en la factura mensual de este servicio, tiene mucho que ver con la luz que va hacia el cielo en lugar de utilizarla para la iluminación hacia el suelo. Esto se debe a que en el diseño no se toma en cuenta el uso de luminarias

capaces de dirigir la luz hacia el lugar que se desea iluminar como corazas reflectantes o proyectores, como se muestra en la figura 3.1.

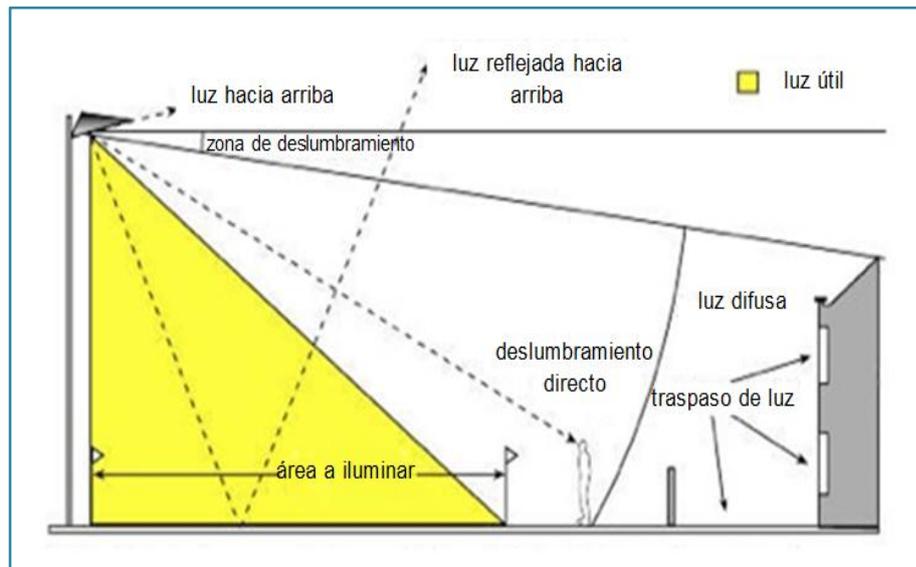


Figura 3.1 Diferentes zonas de incidencia (el área que se pretende iluminar está señalada en amarillo, es decir, la iluminación útil).

Fuente: ZEMPER – Alta tecnología.

3.3.2 Contaminación lumínica.

Se llama contaminación lumínica a toda la luz que se escapa de la zona que se requiere iluminar o por encima de la horizontal de las luminarias, entre los principales causantes de este tipo de contaminación se tienen: el uso masivo de luminarias, proyectores mal instalados, letreros luminosos funcionando toda la noche a gran intensidad y rangos espectrales innecesarios.



Figura 3.2 Ejemplo de contaminación lumínica en una ciudad.

Las causas más habituales son las siguientes:

- ✓ Utilización indiscriminada de luminarias tipo globo, sin ninguna clase de pantalla.
- ✓ Falta de control sobre iluminación decorativa en edificios.
- ✓ Anuncios publicitarios mal iluminados.
- ✓ Proyectores mal inclinados.
- ✓ Utilización de lámparas de vapor de mercurio.

A continuación se muestra una figura de lo antes mencionado, como parte del flujo luminoso es enviado al cielo provocando contaminación lumínica, al mismo tiempo esta energía es desperdiciada ya que va en una dirección no deseada.



Figura 3.3 Contaminación debido al tipo de luminaria.
Fuente: Oficina de Protección de la Calidad del Cielo del Norte de Chile.

Entre las consecuencias de la contaminación lumínica se tiene las siguientes:

- ✓ Derroche energético.
- ✓ Deslumbramiento.
- ✓ Intromisión en la vida privada de las personas.
- ✓ Dificulta y muchas veces llega a impedir la visión del cielo estrellado.

Para evitar la contaminación es necesario iluminar de forma adecuada y eficiente, esto se logra evitando la emisión de luz directa hacia la atmosfera y empleando la cantidad necesaria de luz, siempre dirigiéndola hacia donde se necesita iluminar.

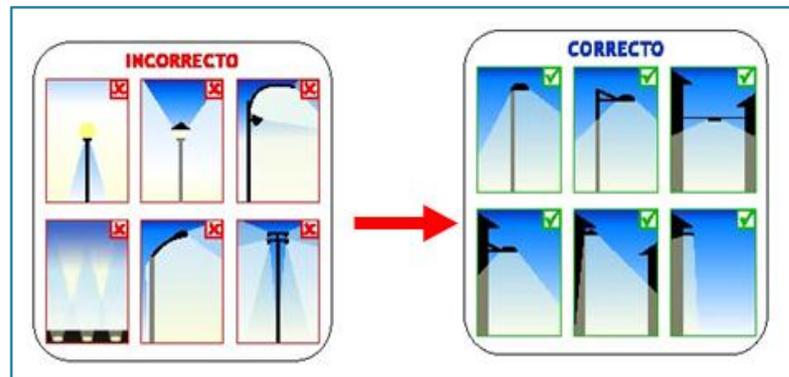


Figura 3.4 Iluminación adecuada para evitar la contaminación.
Fuente: revitalizaconsultores.com.

En lo que respecta al alumbrado público y atendiendo a su espectro de radiación, las lámparas menos contaminantes son las que emiten luz con mayor longitud de onda y dentro del espectro visible. De menor a mayor efecto contaminante se tiene:

- ✓ Lámparas de vapor de sodio de baja presión.
- ✓ Lámparas de vapor de sodio de alta presión.
- ✓ Lámparas incandescentes convencionales.
- ✓ Lámparas incandescentes halógenas.
- ✓ Lámparas de vapor de mercurio de alta presión.
- ✓ Lámparas de mercurio de alta presión con halogenuros metálicos.

Como se puede observar en la figura 3.4, una medida que ayudaría

bastante en la reducción de la contaminación lumínica sería la sustitución de luminarias, y de esta manera evitar que la luz se dirija hacia el cielo. Combinando dicha medida con el reemplazo de lámparas de menor efecto contaminante se lograría la disminución de la contaminación.

Con respecto a los proyectores, es necesario evitar los proyectores simétricos, caso contrario, se podría utilizar rejillas que eviten la emisión de luz hacia el cielo. Lo mejor para evitar aquello es el uso de proyectores asimétricos, los cuales proporcionan un 25% de los niveles luminotécnicos y de la uniformidad respecto a los anteriores, debido a que éstos si emiten luz hacia el suelo, como se muestra en la figura 3.5.

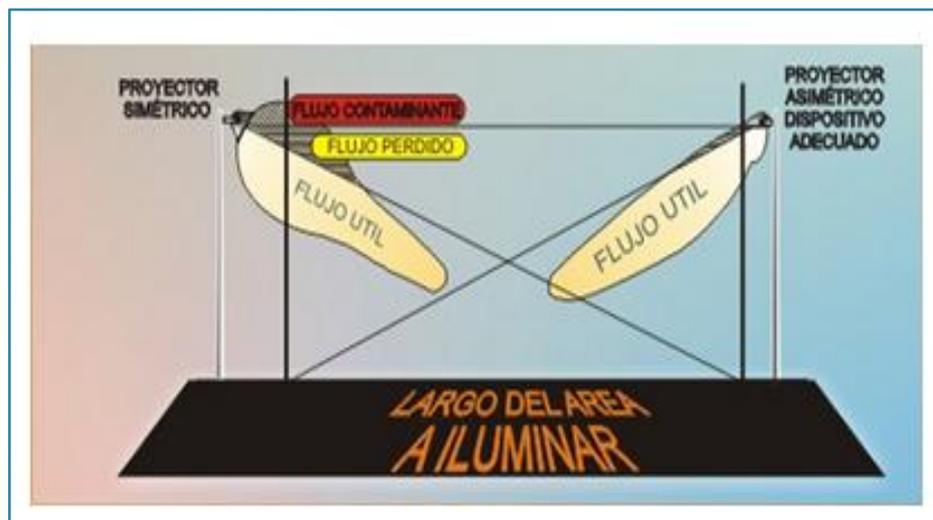


Figura 3.5 Esquema comparativo de proyectores.
Fuente: Instituto de Astrofísica de Canarias.

Las ventajas que se obtienen al disminuir la contaminación lumínica son:

- ✓ Disminuye el consumo energético e indirectamente el consumo de combustibles, emisiones de CO₂, SO₂ y otras partículas.
- ✓ Proteger el medio ambiente nocturno, disminuyendo la perturbación de hábitats naturales.
- ✓ Reducir el deslumbramiento a usuarios vehiculares, aumentando la seguridad en las vías.
- ✓ Impedir el deslumbramiento del tráfico aéreo.
- ✓ Permitir la observación astronómica.

3.4 Falta de mantenimiento del alumbrado público.

Una gran deficiencia que se presenta en el servicio de alumbrado público es la falta de mantenimiento de éste, causando molestias e inseguridad en los habitantes de un determinado sector. Esto se debe a que se presentan problemas como:

- ✓ Lámparas quemadas.
- ✓ Equipos o elementos defectuosos.
- ✓ Falta de limpieza en las luminarias (focos y postes o columnas de iluminación).

- ✓ Fallos o mala programación en el sistema de encendido y apagado.

Por lo tanto, en el mantenimiento del alumbrado público se debe llevar a cabo dos actividades importantes, las mismas que se mencionan a continuación:

- ✓ *Limpieza de las luminarias*, la cual consiste principalmente en dar limpieza tanto a los focos como a las columnas de iluminación y repintar las luminarias o sus respectivas columnas por lo menos una vez al año, eliminando de este modo el polvo acumulado o la presencia de insectos. Aunque no lo parezca, dicha limpieza es de suma importancia, en razón de que la calidad del alumbrado tiende a disminuir si las lámparas y sus accesorios no están limpios, debido a que las capas de polvo no permiten una buena salida de la luz.
- ✓ *Sustitución de lámparas y equipos defectuosos*, el mismo que comprende la reparación o sustitución de lámparas, artefactos lumínicos y demás equipos que podrían afectar el correcto funcionamiento del sistema de alumbrado o representar un peligro para los habitantes, como componentes con riesgo de caída, columnas electrificadas o con riesgo de caída, cables de alumbrado cortados o expuestos con riesgo de tensión, entre

otros.

3.4.1 Tipos de mantenimiento.

Según lo mencionado al inicio de este apartado, no se puede contar con un buen alumbrado público si es que a éste no se le da el respectivo mantenimiento. Por lo tanto, es de vital importancia conocer los tipos de mantenimiento que se deben de llevar a cabo, los cuales son:

- ✓ *Mantenimiento preventivo:* es un tipo de inspección que consiste en elaborar o desarrollar un inventario, en el cual se haga referencia a los datos de los puntos de luz como por ejemplo, numeración, ubicación - sector, tipo, así como también sus respectivos sistemas de control, planos, entre otros; es decir, lo que se busca es realizar la exploración y revisión de todos y cada uno de los componentes, equipos o elementos de las diferentes instalaciones cada cierto período de tiempo con el fin de evitar incidencias, fallos o problemas posteriores.
- ✓ *Mantenimiento correctivo:* una vez que se han presentado incidencias, fallos o problemas en una instalación de alumbrado público se procede al arreglo, reconstrucción o reparación de los elementos de dicha instalación.

La tabla 3.1 indica las actividades que se realizan en los tipos de mantenimiento ya mencionados.

| Tipo de mantenimiento | Actividades o actuaciones |
|------------------------------|---|
| Preventivo | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisión e inspección de las cajas de conexiones eléctricas, amarres, soportes, etc. ✓ Revisión o inspección del estado de limpieza de las luminarias. ✓ Revisión e inspección del tendido eléctrico. ✓ Comprobación de la programación o del sistema de encendido y apagado. ✓ Comprobación de la iluminación que se provee. |
| Correctivo | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Reemplazo de lámparas, luminarias, soportes, fotocontroles y demás equipos o elementos que conforman el sistema de alumbrado público. ✓ Arreglo de luminarias. ✓ Reajuste de la programación o del sistema de encendido y apagado. |

Tabla 3.1 Actividades a realizar en cada tipo de mantenimiento.

Actualmente, la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, solamente se encarga de realizar el mantenimiento correctivo cuando se presenta algún imprevisto o problema en el sistema de alumbrado público; sin embargo, se ha pensado en la posibilidad de la elaboración de un programa con una base de datos, la misma que contenga la información sobre las diferentes lámparas, luminarias o estructuras de

iluminación como la localización o ubicación, tipo, potencia, fecha de instalación, entre otros, con el objetivo de saber en qué momento realizar el respectivo mantenimiento y evitar alguna eventualidad.

Algunos países de Europa, como España, Francia y Alemania han puesto en marcha un plan de mantenimiento preventivo, luego de haber realizado un levantamiento técnico de sus sistemas de alumbrado. La ventaja de dicho plan es poder crear una base de datos de cada uno de los componentes que conforman el sistema (postes, lámparas, cables de alimentación, etc.), y de esta forma llevar un registro de todas las luminarias junto con las fechas en las que se debe realizar el próximo mantenimiento. El plan de mantenimiento que se lleva a cabo en estos países comprende:

- ✓ Limpieza de luminarias:
 - Reflector y lámparas (solución de parafina en una mezcla de aguarrás y bencina o agua caliente, dependiendo del grado de contaminación).
 - Equipos auxiliares (limpieza con cepillo de cerda suave o pincel de pelo).
 - Cristal refractor (lavado con solución jabonosa o detergente con agua tibia).

- Carcaza exterior (limpieza con cepillo de cerda enjuagándose con esponja o paño embebido en agua limpia).
- ✓ Repintado de luminarias (con una frecuencia de cada dos años).
- ✓ Limpieza de columnas (lavado con solución jabonosa o detergente con agua tibia).
- ✓ Repintado de columnas (con una frecuencia de dos años).
- ✓ Limpieza y repaso de elementos menores.
- ✓ Revisión de cables de alimentación (verificación de la resistencia de aislación de los conductores).
- ✓ Aplomado de columnas.
- ✓ Control de nidos e insectos en base de columnas.

CAPÍTULO 4

MÉTODOS DE SOLUCIÓN.

En el presente capítulo, se estudian los diversos métodos de solución, los cuales brindan resultados específicos en el sistema de alumbrado público, logrando que éste trabaje de forma eficiente, sin generar altos costos y sin dejar a un lado el cuidado del medio ambiente.

En el diseño del alumbrado público, es importante considerar como primer aspecto el nivel de iluminación requerido para el tipo de vialidad o localidad, con ello se busca cumplir las normas o guías de alumbrado eficiente de un determinado país si es que dispone de ellas, caso contrario, como sucede en Guayaquil y demás ciudades del Ecuador, lo recomendable es tomar como guía dichas normas y no realizar dicho diseño en base a metodologías empíricas o fundamentadas en la experiencia del diseñador.

De igual manera, es necesario tomar en cuenta infraestructuras y condiciones que se tienen en dicha área de estudio, como por ejemplo, árboles, pasos peatonales, asientos, entre otros.

La eficiencia energética del alumbrado público en Guayaquil se puede mejorar mediante sustituciones de lámparas y equipos que se mencionan a continuación.

4.1 Sustitución de lámparas.

Este es un proceso que se lleva a cabo en la ciudad de Guayaquil, en donde se ha reemplazado las lámparas de vapor de mercurio por las de vapor de sodio de alta presión.

Mediante esta acción se busca la utilización de lámparas de menor potencia pero con la misma eficacia luminosa y reducir o evitar la contaminación lumínica.

La idea principal es exigir que, para este tipo de alumbrado se empleen lámparas que sean eficientes, como las de vapor de sodio de alta presión (VSAP), en razón de que tienen un buen rendimiento cromático y son ideales para calles, avenidas y sobretodo, carreteras.

A continuación se muestra la tabla 4.1, la cual presenta la equivalencia entre lámparas a sustituir y las de vapor de sodio de alta presión de diferentes potencias.

| Tipo de lámpara convencional | Flujo (lm) | Tipo de lámpara VSAP que la sustituye | Flujo (lm) |
|------------------------------|------------|---------------------------------------|------------|
| Incandescente 75 W | 1.070 | LVSAP 70 W | 6.000 |
| Incandescente 100 W | 1.560 | LVSAP 70 W | 6.000 |
| Incandescente 150 W | 2.550 | LVSAP 70 W | 6.000 |
| Incandescente 200 W | 3.200 | LVSAP 70 W | 6.000 |
| Incandescente 300 W | 5.505 | LVSAP 70 W | 6.000 |
| Incandescente 500 W | 9.675 | LVSAP 100 W | 9.500 |
| Vapor de mercurio 100 W | 4.500 | LVSAP 70 W | 6.000 |
| Vapor de mercurio 125 W | 6.000 | LVSAP 70 W | 6.000 |
| Vapor de mercurio 175 W | 8.500 | LVSAP 100 W | 9.500 |
| Vapor de mercurio 250 W | 13.000 | LVSAP 150 W | 15.000 |
| Vapor de mercurio 400 W | 23.000 | LVSAP 250 W | 26.000 |
| Luz Mixta 160 W | 2.900 | LVSAP 70 W | 6.000 |
| Luz Mixta 250 W | 5.500 | LVSAP 70 W | 6.000 |
| Luz Mixta 500 W | 14.750 | LVSAP 150 W | 15.000 |

Tabla 4.1 Equivalencias entre lámparas.

| Tipo de lámpara convencional | Tipo de lámpara VSAP que la sustituye | Ahorro por lámpara y año |
|------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Vapor de mercurio - 250 W | 150 W | 366 kWh |
| Vapor de mercurio - 125 W | 70 W | 203 kWh |
| Vapor de mercurio - 80 W | 70 W | 30 kWh |
| Vapor de mercurio - 125 W | 100 W | 85 kWh |
| Vapor de mercurio - 80 W | 50 W | 111 kWh |

Tabla 4.2 Ahorro obtenido por sustitución de lámparas.

A pesar de que es reciente el uso de la tecnología LED para el suministro de este servicio, es una excelente solución aunque con un mayor costo inicial, pero se logra el ahorro en el consumo energético, y por ende, un ahorro en la factura energética, el cual está entre el 70 y 80% de la misma, y se mantiene la ideología de un trabajo con conciencia ecológica.

De igual manera, las lámparas de inducción ofrecen un bajo consumo de energía y alta eficacia luminosa; además de que mediante esta alternativa también se logra reducir las emisiones nocivas al ambiente (entre el 40% al 60%), ya que hoy en día algunos modelos tienen componentes que son 100% reciclables.

En la tabla 4.3 se presenta las equivalencias entre las lámparas de VSAP, LED e Inducción.

| Tipo de lámpara convencional | Tipo de lámpara LED que la sustituye | Tipo de lámpara Inducción que la sustituye |
|------------------------------|--------------------------------------|--|
| VSAP - 400 W | 218 W | 200 W |
| VSAP - 250 W | 150 - 160 W | 100 - 120 W |
| VSAP - 150 W | 56 - 90 W | 80 - 85 W |

Tabla 4.3 Equivalencias entre las lámparas de VSAP, LED e inducción para alumbrado de vías.

4.2 Balastos de doble nivel.

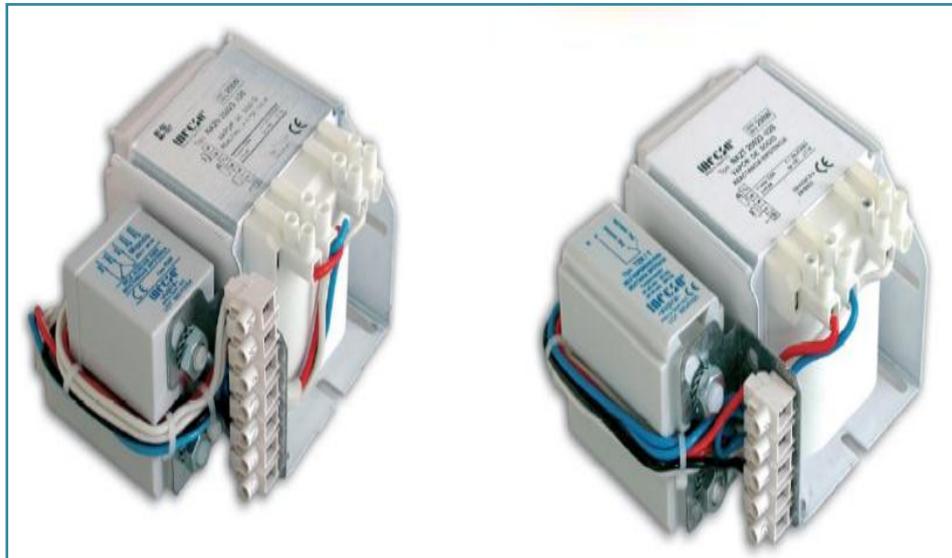


Figura 4.1 Balastro de doble nivel.

Son balastos electrónicos que permiten regular la potencia de la lámpara de acuerdo como se la programe, como por ejemplo; una lámpara funciona al 100% al encenderse. Se programa el tiempo de permanencia en ese nivel (que por default es de aproximadamente 7 horas), posteriormente se regularía al 50% (para proteger a la lámpara la reducción se la realiza de manera escalonada o en pequeños pasos) la lámpara permanece un tiempo a dicho nivel y 2 horas antes de apagarse sube el nivel al 100%.

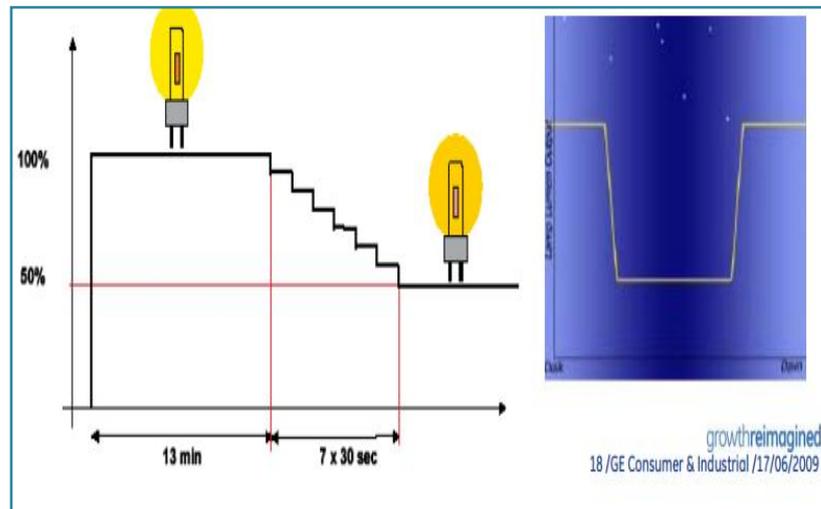


Figura 4.2 Operación de balastro de doble nivel.
Fuente: GE Consumer & Industrial.

Entre las características principales del balastro de doble nivel, se mencionan las siguientes:

- ✓ Reducen el flujo luminoso un 50%.
- ✓ Disminuyen la potencia demandada un 40%.
- ✓ Se puede aplicar a lámparas de vapor de mercurio y vapor de sodio de alta presión.
- ✓ Pueden ser con o sin línea de mando.

4.3 Regulador - estabilizador.

Estos dispositivos se encargan de regular y estabilizar el voltaje, para así poder obtener un ahorro de energía mediante sus componentes electrónicos que sustituyen a los convencionales asociados a la

lámpara, como reactancias, condensadores para corrección del factor de potencia y arrancador.



Figura 4.3 Regulador - estabilizador.

Estos dispositivos se encargan de regular y estabilizar el voltaje, para así poder obtener un ahorro de energía mediante sus componentes electrónicos que sustituyen a los convencionales asociados a la lámpara, como reactancias, condensadores para corrección del factor de potencia y arrancador.

Su regulación está basada en un control electrónico, ya que pueden llevar un microprocesador para regular o un simple circuito de control que detecta las variaciones de voltaje y hace la corrección mediante relevadores para regular la tensión.

Están diseñados para autoprotgerse, desconectándose, en condiciones extremas de alta o baja tensión.

Entre las características principales de un regulador - estabilizador, se mencionan las siguientes:

- ✓ Estabiliza la tensión.
- ✓ Aumenta la vida de la lámpara.
- ✓ Se puede aplicar a las lámparas de vapor de mercurio y vapor de sodio de alta presión.
- ✓ En las de vapor de mercurio tiene una reducción de la potencia hasta en un 30%.
- ✓ En las de vapor de sodio de alta presión tiene una reducción de la potencia hasta en un 45%.
- ✓ Se colocan en la cabecera de línea.
- ✓ Se tiene que poner atención a las caídas de tensión.

4.4 Reloj astronómico.

Es una clase de reloj que informa las posiciones del sol, la luna, las constelaciones, así como la duración del día y de la noche. Esto último vendría a ser de mucha ayuda con respecto al alumbrado público, dado que si se lo utiliza de buena manera, sería un buen método para ahorrar energía.



Figura 4.4 Reloj Astronómico Honeywell.
Fuente: Sensorstecnics and semiconductors.

Los relojes astronómicos también llamados interruptores horarios tienen como objetivo principal encender y apagar las lámparas en un momento determinado del anochecer o el amanecer, en función de una determinada zona geográfica. Éstos sustituirían a las fotocélulas, ya que debido a la suciedad, la contaminación y degeneración se vuelven imprecisas al momento de actuar ante el amanecer o anochecer (luminarias encendidas en el día, causando pérdidas).

Lo que se busca con el uso de estos relojes es reducir el consumo energético, y debido a su precisión al momento del cálculo del orto y del ocaso (errores inferiores a un minuto) logran reducir el consumo en un 50%; a medida que se reduce el consumo, también se disminuye en gran cantidad las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) causadas por las lámparas, lo que aportaría mucho en el cuidado del medio ambiente; además de que el costo de instalación y de los equipos es bajo.

Existen una variedad de interruptores que contienen reloj astronómico,

los cuales permiten la manipulación de cualquier elemento dependiendo si es de día o de noche, así como de un horario, siguiendo un calendario diario, semanal, estacional, anual o personalizado.

Con un solo interruptor se puede controlar diferentes elementos como alumbrados de vías, fuentes ornamentales, anuncios publicitarios, monumentos, fachadas de edificios singulares, accesos a áreas peatonales, etc.

A continuación se muestra un ejemplo de reloj astronómico de última generación con sus ventajas y características:

- ✓ *URBIASTRO 2000*, dispone de programación individual y configurable a las necesidades de los clientes. Finalmente la opción de telemando confiere al equipo la posibilidad de realizar encendidos, apagados y cambio de la programación remotamente.



Figura 4.5 Reloj Astronómico URBIASTRO 2000.
Fuente: AFEISA.

Las ventajas principales del reloj astronómico mencionado son:

- Tres circuitos independientes de salida:
 - Astronómico: para el mando de la instalación de alumbrado.
 - Ahorro: para la conexión y desconexión de reguladores de flujo, balastos de doble nivel, circuitos de media apagada, etc.
 - Especial: para el mando horario y/o astronómico de circuitos auxiliares (monumentos, fuentes, jardines, alumbrados independientes al general, paneles publicitarios, etc.).
- Cálculo astronómico mediante algoritmo en función del crepúsculo solar o del crepúsculo civil, con las siguientes ventajas:
 - Precisión del cálculo al introducirse las coordenadas en grados, minutos y segundos.
 - Valido para cualquier punto geográfico del mundo.
 - Posibilidad de realizar un cálculo astronómico en función del total de horas.

- Programación independiente de los circuitos de salida con la posibilidad de:
 - Adelantos y atrasos de +/- 120 minutos por cada día de la semana en el circuito astronómico.
 - Programación del circuito especial en función del orto y ocaso, o bien, hora y minuto de conexión / desconexión o combinación de ambos métodos.
 - 83 días especiales para programación de festivales.
 - Cambio verano / invierno flexible a las normativas de cada país y a cambios de estas.

- Configuración del equipo mediante:
 - Programa completo bajo WINDOWS-98/XP.
 - Posibilidad de configuración mediante el propio teclado del equipo.
 - Función de bloqueo del teclado para impedir manipulación de las programaciones.

- Otras ventajas:

- Contador del total de horas de encendido, de cada uno de los circuitos.
- Display de alta luminosidad para visualización constante de la hora y programación de los circuitos, LEDs indicativos del estado de cada circuito.

4.5 Sustitución de luminarias.

Como ya se expresó en el capítulo anterior, el objetivo principal para que se dé la sustitución de luminarias es reducir la contaminación lumínica, es decir, evitar las luminarias que arrojen luz por encima de la línea horizontal (hacia el cielo) y concentrarla donde realmente es necesario (hacia el suelo).

En esta sección se tratará de expresar qué tipo de luminarias deben ser reemplazadas para el óptimo aprovechamiento de la luz emitida por las mismas.

Los principales tipos de luminarias que contaminan el cielo son las farolas “tipo globo”, cuyo casquete superior debería opacarse como se muestra en la figura 4.6.



Figura 4.6 Farola “tipo globo” para evitar la contaminación.

En la figura 4.7 se muestran una serie de luminarias tipo globo que consumen una potencia de 900 W, las cuales iluminan lo mismo que las luminarias normales o comunes mostradas en la figura 4.8, sin embargo estas últimas consumen un total de 1500 W, por lo tanto el uso del primer tipo representa un ahorro del 40% de la energía consumida.



Figura 4.7 Luminarias tipo globo con casquete superior opaco.
Fuente: Campaña de cielo oscuro en Cantabria.

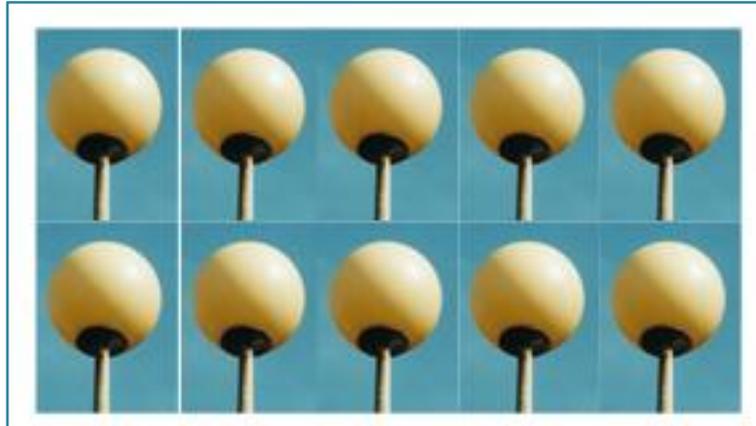


Figura 4.8 Luminarias tipo globo normales.
Fuente: Campaña de cielo oscuro en Cantabria.

Muchas tipos de luminarias usadas ornamentalmente en los edificios o en los monumentos deberían alumbrar hacia abajo, muchas veces si no se puede sustituir esta luminaria por una nueva, se podría implementar un apantallamiento para que de esta manera el haz de luz ascendente sea devuelto hacia el suelo.

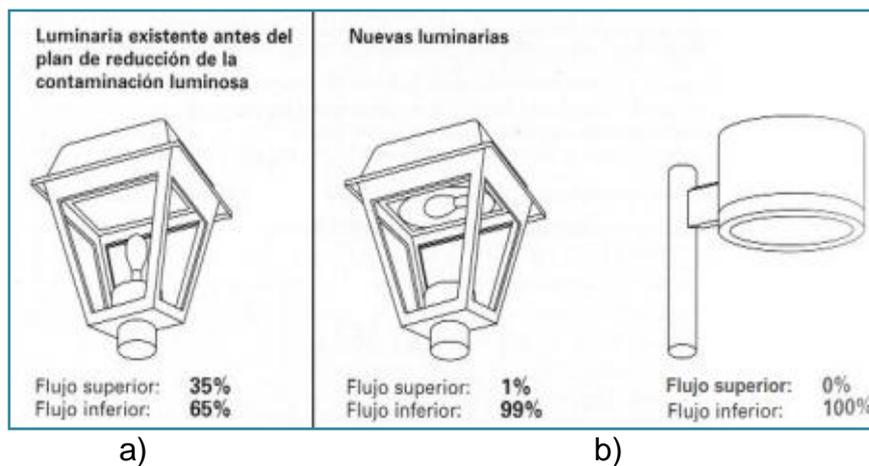


Figura 4.9 a) Tipos de luminarias que deben ser sustituidas. b) Tipos de luminarias que deben usarse.

Fuente: iGuzzini.

De no ser posible el reemplazo de toda la luminaria, una buena solución que se podría considerar es el cambio de ubicación de la bombilla, ya que si se la ubica en la parte superior la iluminación se dará por debajo de la horizontal como se observa en la figura 4.10.

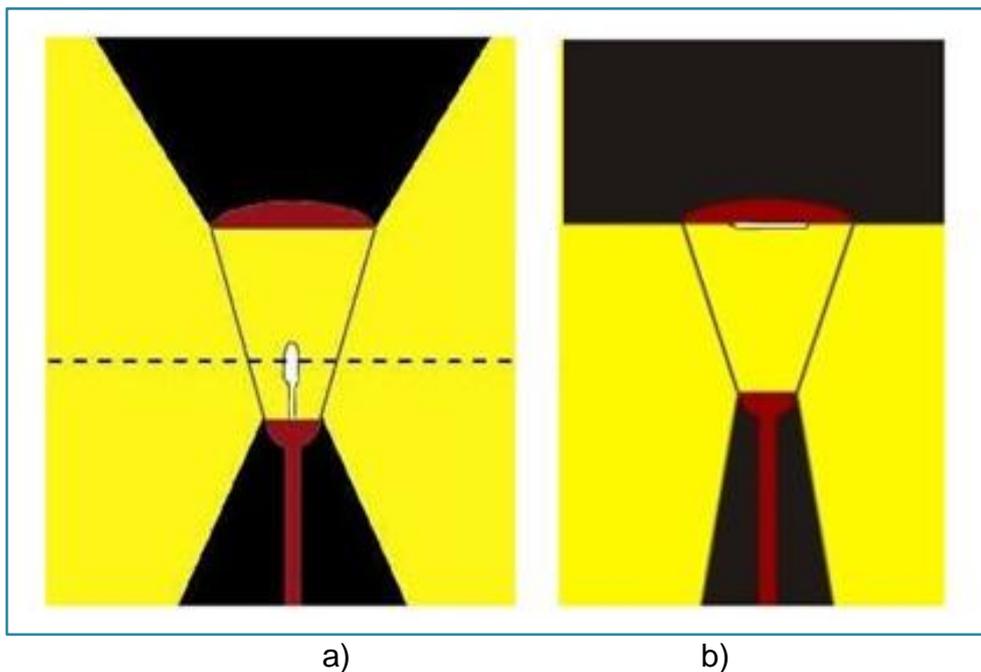


Figura 4.10 a) Bombilla ubicada en la parte inferior (luz por encima de la horizontal). b) Bombilla ubicada en la parte superior (luz debajo de la horizontal).

Otro tipo de luminaria que se debería sustituir son los reflectores ubicados en el suelo que emiten luz hacia arriba. Estos son adecuados en el sentido ornamental, sin embargo causan deslumbramiento en el peatón y desperdician mucha energía; si por algún motivo no es posible su reemplazo resulta recomendable implementarles algún tipo de apantallamiento como se muestra en la 4.11 b).

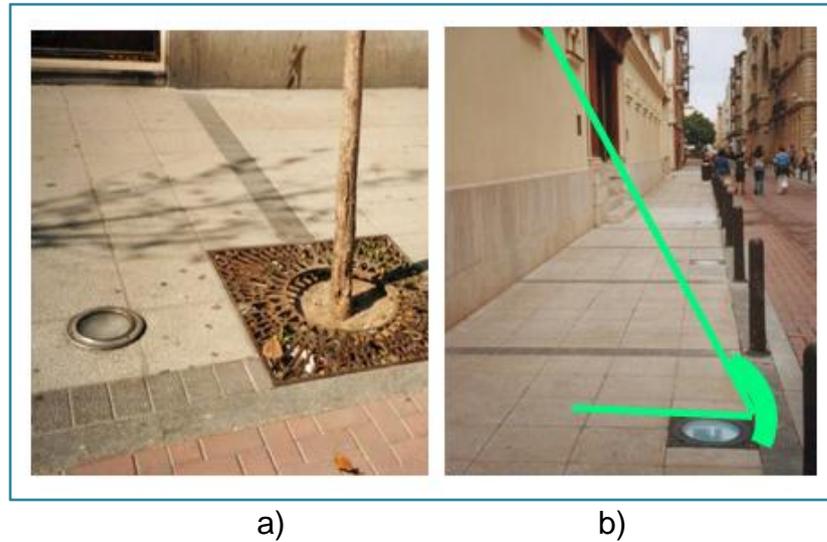


Figura 4.11 a) Reflectores ubicados en el suelo. b) Método para evitar el deslumbramiento.

Fuente: Campaña de cielo oscuro en Cantabria.

En la siguiente figura se muestra el alumbrado en vías con tres tipos de luminarias:

- ✓ La primera corresponde a las de “tipo globo” normalmente usadas.
- ✓ La segunda corresponde a las de “tipo globo” normalmente usadas con una rejilla interior que desvía la luz hacia abajo.
- ✓ La tercera es una luminaria tipo foco que dirigen la luz hacia abajo.

El tercer tipo de luminarias al dirigir la luz hacia el lugar indicado (para beneficio del conductor y de los peatones) producen un mejor rendimiento y pueden colocarse a distancias más pronunciadas, lo que

significa que se instalarían menos luminarias que con los otros dos tipos (tipo globo y tipo globo con rejilla), logrando un ahorro tanto en la instalación como en el consumo de energía



Figura 4.12 Alumbrado vial con diferentes tipos de luminarias (menos eficientes y eficientes).

Una simple sustitución de la bombilla, un apantallamiento o principalmente la sustitución de toda la luminaria tendrían muchas ventajas al momento de disminuir considerablemente el consumo de energía en el alumbrado, disminuir el gasto en instalación, así como también proteger el medio ambiente (disminuyendo emisiones de CO₂).

En el Anexo B se presentan más luminarias que deberían ser sustituidas.

4.6 Paneles solares.

Son conocidos también como lámparas o luminarias solares, y han ganado terreno en diferentes países, pues dos de sus grandes ventajas es que tiene una durabilidad de aproximadamente 25 años y no necesitan de alguna obra civil, cableado subterráneo o conexión con postes de transmisión de energía para su instalación. Permite eliminar los gastos de empresa de distribución de energía eléctrica, además de que no necesitan ser programados para su encendido y apagado ya que lo hacen de forma automática cuando detectan la intensidad de la luz, si ésta disminuye y se incrementa, respectivamente; aunque también pueden ser programadas para apagarse a una hora deseada o después de un determinado número de horas, y pueden durar prendidos entre dos a doce horas dependiendo de los modelos. Adicionalmente necesitan de baterías, las cuales tienen una vida útil de aproximadamente diez años.

Al tener una variedad en sus modelos, se pueden adquirir paneles (uno) con lámparas de vapor de sodio 120 W, de 70 W con dos paneles, entre otros, dependiendo de la necesidad y el nivel de iluminación requerido.

Son ideales para lugares donde se requiera mucha visibilidad, carreteras, rutas, pero principalmente para zonas rurales, en donde el tendido eléctrico no llega, disminuyendo así los problemas debido a la

inseguridad.



Figura 4.13 Iluminación mediante panel solar.

CAPÍTULO 5

CÁLCULO DE AHORRO DE ENERGÍA.

Realizar un análisis o estudio del alumbrado público en la ciudad de Guayaquil permitirá determinar el consumo y el ahorro, tanto en kWh como en dólares que se obtendrían mediante la sustitución de los diferentes elementos, equipos o dispositivos que conforman este tipo de alumbrado. Dicho análisis consiste en la comparación de algunos de los diseños de alumbrado público que actualmente tiene Guayaquil con los propuestos a continuación, los cuales están basados en los métodos de solución planteados en el capítulo anterior.

Como es de conocimiento, el sistema de semaforización también es parte del alumbrado público, pero no se lo considerará para el presente análisis en razón de que éste es mínimo si se lo compara con el alumbrado de vías. En

el Anexo C, se presenta el consumo del sistema de semaforización del Municipio de Guayaquil, así como también la comparación de este consumo con el de las vías de la ciudad de Guayaquil.

Por lo tanto, para determinar el consumo, el ahorro y dar a conocer si a través de los métodos propuestos se logra un alumbrado eficiente, se analizarán tres tipos de vías, un puente (incluido en una vía) y un parque de la ciudad.

En el Anexo D, se adjunta información o datos que se han considerado, y que son necesarios para la realización de los cálculos, los mismos que tienen relación con las pérdidas por balastos para diferentes lámparas; mientras que en el Anexo F, se presentan los cálculos de consumo de energía, ahorro en dólares y de las emisiones de CO₂ evitadas.

De igual manera, para el análisis se considera el actual costo de la energía (0,09 \$/kWh) y el tiempo que operan las lámparas en la ciudad de Guayaquil, el mismo que es de doce horas, es decir, su encendido es a partir de las 18H30 y su apagado es a las 06H30.

5.1 Análisis para calle Los Ríos.

El análisis para la calle Los Ríos comprende un determinado número de cuadras y luminarias entre las calles Luis Urdaneta y Portete.

Dichas luminarias tienen diferentes disposiciones (ver Anexo E) y

cuentan con el control fotovoltaico convencional para el encendido y apagado de las mismas, así como también balastos electrónicos.

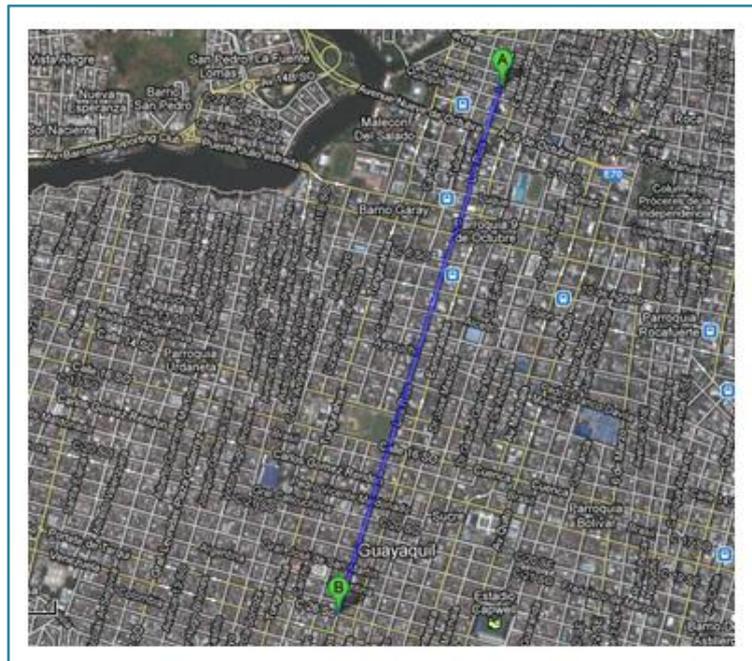


Figura 5.1 Ubicación geográfica del tramo escogido de la calle Los Ríos.

Los detalles de la vía y de las luminarias se presentan en las tablas 5.1 y 5.2, respectivamente.

| CALLE LOS RÍOS (UNA VÍA) | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Disposición | Luis Urdaneta - Av. 9 de Octubre: | Tresbolillo |
| | Av. 9 de Octubre - Gómez Rendón: | Unilateral (derecho) |
| | Gómez Rendón - Portete: | Unilateral (izquierdo) |
| Número de carriles | 4 | |
| Ancho de la vía | 12,8 m | |

Tabla 5.1 Detalle de tramo escogido de la calle Los Ríos.

| CALLE LOS RÍOS (UNA VÍA) | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Número de luminarias | 72 |
| Interdistancia | 26,6 m |
| Altura de montaje | 8,82 m |
| Lámpara | Vapor de Sodio de Alta Presión |
| Potencia | 250 W |

Tabla 5.2 Detalle de luminarias de tramo escogido de la calle Los Ríos.

5.1.1 Primera propuesta: VSAP 250 W (actual) y balastro de doble nivel.



Figura 5.2 Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 250 W.

Consiste en reemplazar los balastos actuales por otros de doble nivel, utilizando las lámparas existentes. Dicho tipo de balastro permite que la lámpara opere al 60% de su potencia nominal a partir de las 00H30 hasta las 06H30 (seis horas). Esta reducción es factible debido a que en esta calle el tránsito de vehículos y peatones se reduce desde la

hora mencionada. La ventaja de reducir la potencia de la lámpara es lograr un ahorro tanto económico como energético.

Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.3.

| | |
|---|---------|
| Energía a pleno flujo 250 W (Wh) | 3.312 |
| Energía con flujo reducido, 250W+reducción del 40% (Wh) | 2.649,6 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 0,6624 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,06 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 21,9 |
| Ahorro anual 72 luminarias (\$) | 1.576,8 |

Tabla 5.3 Resultados obtenidos de la primera propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|------------------------------------|-------------------|
| Balastro de doble nivel | \$45,00 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$65,00 |
| COSTO TOTAL (72 LUMINARIAS) | \$4.680,00 |

Tabla 5.4 Costo total de la primera propuesta.

| | |
|---|-----------------|
| Inversión (dólares) | \$4.680,00 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$1.624,80 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 17.407,87 (20%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 35 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 3 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 9,724 |
| Ingresos por CER¹ (dólares) | \$48,62 |

Tabla 5.5 Ahorro energético anual de la primera propuesta.

¹ Certificados de Reducción de Emisiones de CO₂; de acuerdo al precio por el Banco Mundial: \$5,00.

5.1.2 Segunda propuesta: Inducción 120 W.



Figura 5.3 Luminaria de inducción de 120 W.
Fuente: Illuminet.

Consiste en reemplazar las lámparas existentes por otras de inducción de 120 W. La ventaja principal del reemplazo de lámparas es lograr un ahorro energético y una mejor reproducción de colores.

Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.6.

| | |
|--|----------|
| Energía a pleno flujo 250 W VSAP (Wh) | 3.312 |
| Energía a pleno flujo 120 W inducción (Wh) | 1.555,2 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,7568 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,158 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 57,67 |
| Ahorro anual 72 luminarias (\$) | 4.152,24 |

Tabla 5.6 Resultados obtenidos de la segunda propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|------------------------------------|--------------------|
| Lámpara de inducción (120 W) | \$656,00 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$676,00 |
| COSTO TOTAL (72 LUMINARIAS) | \$48.672,00 |

Tabla 5.7 Costo total de la segunda propuesta.

| | |
|---|--------------------|
| Inversión (dólares) | \$48.672,00 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$4.281,01 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 46.168,70 (53,04%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 136 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 11 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 25,754 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$128,77 |

Tabla 5.8 Ahorro energético anual de la segunda propuesta.

5.1.3 Tercera propuesta: LED 112 W.



Figura 5.4 Luminaria tipo LED de 112 W.
Fuente: JOLIET.

Consiste en reemplazar las lámparas existentes por otras de tipo LED de 112 W. La ventaja principal del reemplazo de lámparas es lograr un ahorro energético y una mejor reproducción de colores.

Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.9.

| | |
|---------------------------------------|----------|
| Energía a pleno flujo 250 W VSAP (Wh) | 3.312 |
| Energía a pleno flujo 112 W LED (Wh) | 1.451,52 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,86 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,167 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 60,96 |
| Ahorro anual (\$) | 4.389,12 |

Tabla 5.9 Resultados obtenidos de la tercera propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|------------------------------------|--------------------|
| Lámpara LED (112 W) | \$1.086,82 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$1.106,82 |
| COSTO TOTAL (72 LUMINARIAS) | \$79.691,04 |

Tabla 5.10 Costo total de la tercera propuesta.

| | |
|---|--------------------|
| Inversión (dólares) | \$79.691,04 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$4.288,90 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 48.880,80 (56,16%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 223 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 19 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 27,331 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$136,66 |

Tabla 5.11 Ahorro energético anual de la tercera propuesta.

5.1.4 Cuarta propuesta: Inducción 120 W y balastro de doble nivel.

Consiste en reemplazar los balastros actuales por otros de doble nivel y las lámparas existentes por otras de inducción de 120 W. Dicho balastro permite que la lámpara opere al 70% de su potencia nominal a partir de las 00H30 hasta las 06H30 (seis horas). Esta reducción es factible debido a que en esta calle el tránsito de vehículos y peatones se reduce desde la hora mencionada. La ventaja principal es lograr un ahorro energético y una mejor reproducción de colores. Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.12.

| | |
|---|----------|
| Energía a pleno flujo 250 W VSAP (Wh) | 3.312 |
| Energía con flujo reducido, 120W inducción+reducción del 30% (Wh) | 1.321,92 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,99 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,179 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 65,335 |
| Ahorro anual (\$) | 4.704,12 |

Tabla 5.12 Resultados obtenidos de la cuarta propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|------------------------------------|--------------------|
| Lámpara de inducción (120 W) | \$656,00 |
| Balastro de doble nivel | \$45,00 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$721,00 |
| COSTO TOTAL (72 LUMINARIAS) | \$51.912,00 |

Tabla 5.13 Costo total de la cuarta propuesta.

| | |
|---|--------------------|
| Inversión (dólares) | \$51.912,00 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$4.849,98 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 52.297,20 (60,08%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 128 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 11 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 29,171 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$145,86 |

Tabla 5.14 Ahorro energético anual de la cuarta propuesta.

5.1.5 Quinta propuesta: LED 96 W.



Figura 5.5 Luminaria tipo LED de 96 W.
Fuente: DMX tecnologías.

Consiste en reemplazar las lámparas existentes por otras de tipo LED de 96 W. La ventaja principal del reemplazo de lámparas es lograr un ahorro energético y una mejor reproducción de colores.

Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.15

| | |
|---------------------------------------|----------|
| Energía a pleno flujo 250 W VSAP (Wh) | 3.312 |
| Energía a pleno flujo 96 W LED (Wh) | 1.244,16 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 2,07 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,186 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 67,89 |
| Ahorro anual (\$) | 4.888,08 |

Tabla 5.15 Resultados obtenidos de la quinta propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|------------------------------------|--------------------|
| Lámpara LED (96 W) | \$849,30 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$869,30 |
| COSTO TOTAL (72 LUMINARIAS) | \$62.589,60 |

Tabla 5.16 Costo total de la quinta propuesta.

| | |
|---|-------------------|
| Inversión (dólares) | \$62.589,60 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$5.040,51 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 54.399,60 (62,5%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 149 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 12 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 30,485 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$152,43 |

Tabla 5.17 Ahorro energético anual de la quinta propuesta.

5.2 Análisis para Avenida Perimetral.

El alumbrado de la vía Perimetral está diseñado con equipos de doble nivel de potencia (balastos) y lámparas de diferente potencia desde la Av. 25 de Julio hasta la Av. Francisco de Orellana (Ver Anexo E).

Los detalles de la vía y de las luminarias se presentan en las tablas

5.18 y 5.19, respectivamente.



Figura 5.6 Ubicación geográfica de la Avenida Perimetral.

| AVENIDA PERIMETRAL (DOBLE VÍA) | |
|---------------------------------------|--|
| Disposición | Central con doble brazo |
| Número de carriles | 6 |
| Ancho de la vía | aproximadamente 12,5 m (un sentido) |
| | aproximadamente 30 m (ambos sentidos más parterre) |

Tabla 5.18 Detalle de la Avenida Perimetral.

| AVENIDA PERIMETRAL (DOBLE VÍA) | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Número de luminarias | 844 |
| Interdistancia | 70 m |
| Altura de montaje | 18 m |
| Lámpara | Vapor de Sodio de Alta Presión |
| Potencia | 186 de 250 W |
| | 658 de 400 W |

Tabla 5.19 Detalle de luminarias de la Avenida Perimetral.

Debido a que el tránsito de vehículos y peatones en esta avenida se reduce notablemente a la media noche, los balastos de doble nivel instalados en cada una de las lámparas permiten reducir la potencia de cada una de ellas como se lo indica a continuación:

- ✓ Lámparas de 400 W a partir de las 00H30 hasta las 06H00 (seis horas) operan aproximadamente al 60% de su potencia nominal, es decir, se reduce la potencia a 250 W.
- ✓ Lámparas de 250 W a partir de las 00H30 hasta las 06H00 (seis horas) operan aproximadamente al 60% de su potencia nominal, es decir, se reduce la potencia a 150 W.

Además, el alumbrado cuenta con un sistema de control con PLC mediante el cual se realiza el encendido de grupos de luminarias a partir de las 18H30, y al llegar la mañana se apagan con un fotocontrol convencional.

El balastro de doble nivel es independiente del PLC, como ya es de conocimiento, ese tipo de balastros tiene su propia programación.

5.2.1 Actual: VSAP 400 W, VSAP 250 W y balastro de doble nivel.



Figura 5.7 Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 400 W.

Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.20.

| | |
|--|-----------|
| Energía a pleno flujo 400 W VSAP (Wh) | 5.520 |
| Energía con flujo reducido, 400W VSAP+reducción del 40% (Wh) | 4.176 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,044 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,094 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 34,31 |
| Ahorro anual (\$) | 22.575,98 |

| | |
|---|---------|
| Energía a pleno flujo 250 W VSAP (Wh) | 3.312 |
| Energía con flujo reducido 250W VSAP+reducción del 40% (Wh) | 2.649,6 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 0,6624 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,06 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 21,9 |
| Ahorro anual (\$) | 4.073,4 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| Ahorro total anual (\$) | 26.649,38 |
|-------------------------|-----------|

Tabla 5.20 Resultados obtenidos del diseño actual.

5.2.2 Primera propuesta: Inducción 200 W y 120 W.

Consiste en reemplazar las lámparas existentes de 400 W y 250 W por otras de inducción de 200 W y 120 W, respectivamente. La ventaja principal del reemplazo de estas lámparas es lograr reducir el consumo de energía y una mejor reproducción de colores.



Figura 5.8 Luminaria de inducción de 200 W y 120 W.

Fuente: Chibralux.

Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.21.

| | |
|--|---------|
| Energía a pleno flujo 200 W inducción (Wh) | 2.592 |
| Energía con flujo reducido, 400W VSAP+reducción del 40% (Wh) | 4.176 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,584 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,143 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 52,2 |
| Ahorro anual (\$) | 34347,6 |

| | |
|---|------------------|
| Energía a pleno flujo 120 W inducción (Wh) | 1.555,2 |
| Energía con flujo reducido 250W VSAP+reducción del 40% (Wh) | 2.649,6 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,094 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,098 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 35,77 |
| Ahorro anual (\$) | 6.653,22 |
| Ahorro total anual (\$) | |
| | 41.000,82 |

Tabla 5.21 Resultados obtenidos de la primera propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|-------------------------------------|---------------------|
| Lámpara de inducción (200 W) | \$770,00 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$790,00 |
| COSTO TOTAL (658 LUMINARIAS) | \$519.820,00 |

| DESCRIPCION | DOLARES |
|-------------------------------------|---------------------|
| Lámpara de inducción (120 W) | \$656,00 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$676,00 |
| COSTO TOTAL (186 LUMINARIAS) | \$125,736.00 |

Tabla 5.22 Costo total de la primera propuesta.

| | |
|---|---------------------|
| Inversión (dólares) | \$645.556,00 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$42.276,62 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 454.728,10 (38,44%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 183 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 15 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 255,16 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$1.275,80 |

Tabla 5.23 Ahorro energético anual de la primera propuesta.

5.2.3 Segunda propuesta: LED 192 W y 112 W.

Consiste en reemplazar las lámparas existentes de 400 W y 250 W por otras de inducción de 192 W y 112 W, respectivamente. La ventaja principal del reemplazo de estas lámparas es lograr reducir el consumo de energía y una mejor reproducción de colores.

Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.24.



Figura 5.9 Luminaria tipo LED de 192 W y 112 W.
Fuente: JOLIET.

| | |
|--|-----------|
| Energía a pleno flujo 192 W LED (Wh) | 2.488,32 |
| Energía con flujo reducido, 400W VSAP+reducción del 40% (Wh) | 4.176 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,688 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,152 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 55,48 |
| Ahorro anual (\$) | 36.505,84 |
| Energía a pleno flujo 112 W LED (Wh) | 1.451,52 |

| | |
|--|------------------|
| Energía con flujo reducido, 250W VSAP+reducción del 40% (Wh) | 2.649,6 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,198 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,108 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 39,42 |
| Ahorro anual (\$) | 7.332,12 |
| Ahorro total anual (\$) | |
| | 43.837,96 |

Tabla 5.24 Resultados obtenidos de la segunda propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Lámpara de LED (192 W) | \$1.560,17 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$1.580,17 |
| COSTO TOTAL (658 LUMINARIAS) | \$1.039.751,86 |

| DESCRIPCION | DOLARES |
|-------------------------------------|---------------------|
| Lámpara de LED (112 W) | \$1.086,82 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$1.106,82 |
| COSTO TOTAL (186 LUMINARIAS) | \$205.868,52 |

Tabla 5.25 Costo total de la segunda propuesta.

| | |
|---|---------------------|
| Inversión (dólares) | \$1.245.620,38 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$46.571,21 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 486.739,18 (41,15%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 321 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 27 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 273,65 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$1.368,25 |

Tabla 5.26 Ahorro energético anual de la segunda propuesta.

5.2.4 Tercera propuesta: LED 192 W y 96 W.

Consiste en reemplazar las lámparas existentes de 400 W y 250 W por otras de inducción de 192 W y 92 W, respectivamente. La ventaja principal del reemplazo de estas lámparas es lograr es reducir el consumo de energía y una mejor reproducción de colores.



Figura 5.10 Luminaria tipo LED de 192 W.
Fuente: JOLIET.



Figura 5.11 Luminaria tipo LED de 96 W.
Fuente: DMX tecnologías.

Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.27.

| | |
|--|-----------|
| Energía a pleno flujo 192 W LED (Wh) | 2.488,32 |
| Energía con flujo reducido, 400W VSAP+reducción del 40% (Wh) | 4.176 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,688 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,152 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 55,48 |
| Ahorro anual (\$) | 36.505,84 |
| | |
| Energía a pleno flujo 96 W LED(Wh) | 1.244,16 |
| Energía con flujo reducido, 250W VSAP+reducción del 40% (Wh) | 2.649,6 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,405 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,126 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 46 |
| Ahorro anual (\$) | 8.556 |
| | |
| Ahorro total anual (\$) | 45.061,84 |

Tabla 5.27 Resultados obtenidos de la tercera propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Lámpara de LED (192 W) | \$1.560,17 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$1.580,17 |
| COSTO TOTAL (658 LUMINARIAS) | \$1.039.751,86 |

| DESCRIPCION | DOLARES |
|-------------------------------------|---------------------|
| Lámpara de LED (96 W) | \$849,30 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$869,30 |
| COSTO TOTAL (186 LUMINARIAS) | \$161.689,80 |

Tabla 5.28 Costo total de la tercera propuesta.

| | |
|---|---------------------|
| Inversión (dólares) | \$1.201.441,66 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$46.470,79 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 500.792,41 (42,34%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 310 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 26 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 281,79 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$1.408,95 |

Tabla 5.29 Ahorro energético anual de la tercera propuesta.

5.3 Análisis para Mi Lote, etapas 1 y 2A.

El estudio que se realiza a continuación comprende el alumbrado público de la Avenida Principal de Mi Lote, Etapas 1 y 2A, y de dos puentes ubicados en dicha avenida, en la Parroquia Pascuales, Sector 48.

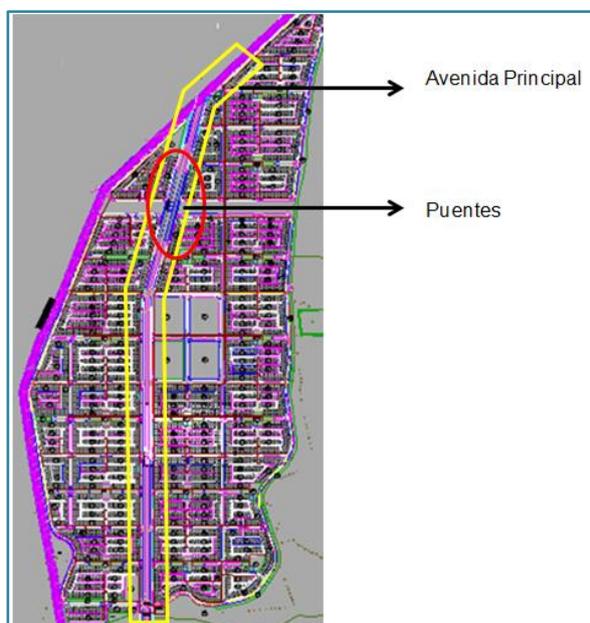


Figura 5.12 Ubicación geográfica de la Av. Principal de Mi Lote.

Las luminarias cuentan con el control fotovoltaico convencional para el encendido y apagado de las mismas, así como también balastos electrónicos.

Los detalles de la vía y de las luminarias tanto para la Avenida Principal como para los puentes se presentan en las tablas 5.30 y 5.31.

| AVENIDA PRINCIPAL (DOBLE VÍA) | |
|--------------------------------------|----------------------|
| Disposición | Unilateral |
| Número de carriles | 8 |
| Ancho de la vía | 13,70 m (un sentido) |

Tabla 5.30 Detalle de la Avenida Principal de Mi Lote.

| PUENTES (DOBLE VÍA) | |
|----------------------------|--------------------------------|
| Disposición | Unilateral |
| Número de carriles | 10 (más una ciclovía/peatonal) |
| Ancho de la vía | 17 m (un sentido) |

Tabla 5.31 Detalle de los puentes de Mi Lote.

| AVENIDA PRINCIPAL (DOBLE VÍA) | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| Número de luminarias | 113 |
| Interdistancia | 30 - 35 m |
| Altura de montaje | 11 m |
| Lámpara | Vapor de Sodio de Alta Presión |
| Potencia | 400 W |

Tabla 5.32 Detalle de luminarias de la Avenida Principal de Mi Lote.

| PUENTES (DOBLE VÍA) | |
|----------------------|--------------------------------|
| Número de luminarias | 4 |
| Interdistancia | 30 m |
| Altura de montaje | 11 m |
| Lámpara | Vapor de Sodio de Alta Presión |
| Potencia | 400 W |

Tabla 5.33 Detalle de luminarias de los puentes de Mi Lote.

5.3.1 Primera propuesta: VSAP 400 W (actual) y balastro de doble nivel.



Figura 5.13 Luminaria de vapor de sodio de alta presión de 400 W.
Fuente: ROY ALPHA.

Consiste en reemplazar los balastros actuales por otros de doble nivel, utilizando las lámparas existentes. Al igual que la primera propuesta de la calle Los Ríos, la potencia se reducirá en un 40% durante las seis últimas horas de operación de las lámparas. La ventaja de reducir la potencia de la lámpara es lograr un ahorro tanto económico como energético.

Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.34.

| | |
|--|----------|
| Energía a pleno flujo 400W VSAP(Wh) | 5.220 |
| Energía con flujo reducido, 400W VSAP+reducción del 40% (Wh) | 4.176 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,044 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,094 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 34,31 |
| Ahorro anual (\$) | 4.014,27 |

Tabla 5.34 Resultados obtenidos de la primera propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|-------------------------------------|-------------------|
| Balastro de doble nivel | \$45,00 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$65,00 |
| COSTO TOTAL (117 LUMINARIAS) | \$7.605,00 |

Tabla 5.35 Costo total de la primera propuesta.

| | |
|---|-----------------|
| Inversión (dólares) | \$7.605,00 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$4.138,11 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 44.588,29 (20%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 22 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 2 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 24,768 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$123,84 |

Tabla 5.36 Ahorro energético anual de la primera propuesta.

5.3.2 Segunda propuesta: Inducción 200 W.



Figura 5.14 Luminaria de inducción de 200 W y 120 W.

Fuente: Chibralux.

Consiste en reemplazar las lámparas existentes por otras de inducción de 200 W. La ventaja principal del reemplazo de lámparas es lograr un ahorro energético y una mejor reproducción de colores.

Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.37.

| | |
|--|-----------|
| Energía a pleno flujo 400 W VSAP (Wh) | 5.220 |
| Energía a pleno flujo 200 W inducción (Wh) | 2.592 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 2,628 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,237 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 86,505 |
| Ahorro anual (\$) | 10.121,09 |

Tabla 5.37 Resultados obtenidos de la segunda propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|-------------------------------------|--------------------|
| Lámpara de inducción (200 W) | \$770,00 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$790,00 |
| COSTO TOTAL (117 LUMINARIAS) | \$92.430,00 |

Tabla 5.38 Costo total de la segunda propuesta.

| | |
|---|---------------------|
| Inversión (dólares) | \$92.430,00 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$10.434,97 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 112.228,74 (50,34%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 106 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 9 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 62,776 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$313,88 |

Tabla 5.39 Ahorro energético anual de la segunda propuesta.

5.3.3 Tercera propuesta: LED 192 W.



Figura 5.15. Luminaria tipo LED de 192 W.
Fuente: JOLIET.

Consiste en reemplazar las lámparas existentes por otras de tipo LED

de 192 W. La ventaja principal del reemplazo de lámparas es lograr un ahorro energético y una mejor reproducción de colores. Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.40.

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| Energía a pleno flujo 400 W VSAP (Wh) | 5.220 |
| Energía a pleno flujo 192 W LED (Wh) | 2.488,32 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 2,7131 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,246 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 89,79 |
| Ahorro anual (\$) | 10.505,43 |

Tabla 5.40 Resultados obtenidos de la tercera propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|-------------------------------------|---------------------|
| Lámpara de LED (192 W) | \$1.560,17 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$1.580,17 |
| COSTO TOTAL (117 LUMINARIAS) | \$184.879,89 |

Tabla 5.41 Costo total de la tercera propuesta.

| | |
|---|---------------------|
| Inversión (dólares) | \$184.879,89 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$10.832,13 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 116.627,36 (52,32%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 205 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 17 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 65,339 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$326,70 |

Tabla 5.42 Ahorro energético anual de la tercera propuesta.

5.3.4 Cuarta propuesta: Inducción 200 W y balastro de doble nivel.

Consiste en reemplazar los balastros actuales por otros de doble nivel

y las lámparas existentes por otras de inducción de 200 W. Dicho balastro permite que la lámpara opere al 60% de su potencia nominal a partir de las 00H30 hasta las 06H30 (seis horas). Esta reducción es factible debido a que en esta calle el tránsito de vehículos y peatones se reduce desde la hora mencionada. La ventaja principal es lograr un ahorro energético y una mejor reproducción de colores. Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.43.

| | |
|---|-----------|
| Energía a pleno flujo 400W VSAP (Wh) | 5.220 |
| Energía con flujo reducido, 200W inducción+reducción del 40% (Wh) | 2.203,2 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 3,0168 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,272 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 99,28 |
| Ahorro anual (\$) | 11.615,76 |

Tabla 5.43 Resultados obtenidos de la cuarta propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|-------------------------------------|--------------------|
| Lámpara de inducción (200 W) | \$770,00 |
| Balastro de doble nivel | \$45,00 |
| Carro Canasta + Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$835,00 |
| COSTO TOTAL (117 LUMINARIAS) | \$97.695,00 |

Tabla 5.44 Costo total de la cuarta propuesta.

| | |
|---|---------------------|
| Inversión (dólares) | \$97.695,00 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$11.976,62 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 128.832,44 (57,70%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 98 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 8 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 72,171 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$360,86 |

Tabla 5.45 Ahorro energético anual de la cuarta propuesta.

5.4 Análisis para parque en Cdla. Mirador del Norte Mzs. 41 – 50.

El diseño del alumbrado del parque ubicado en la Cdla. Mirador del Norte, Mzs. 41 – 50 (500 m²) consta de tres tipo de luminarias, de un control fotovoltaico para su encendido y apagado, y de balastos eléctricos.

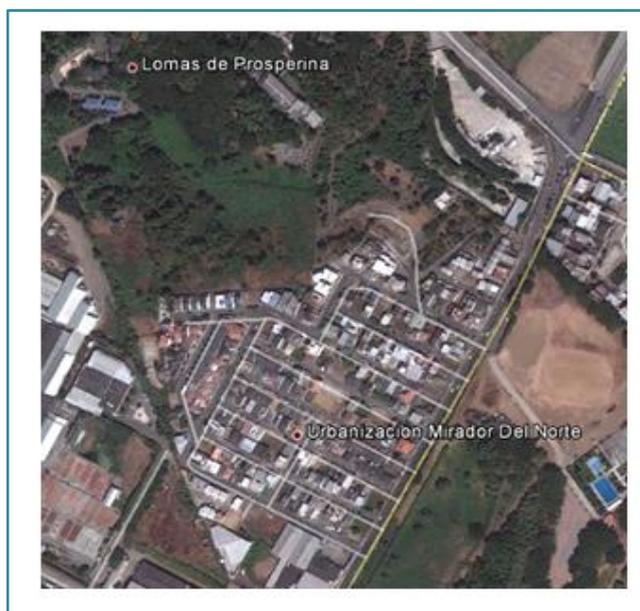


Figura 5.16 Ubicación geográfica del parque en Cdla. Mirador del Norte.

Los detalles de las lámparas utilizadas en éste parque se presentan en la tabla 5.46.

| LUMINARIAS EN PARQUE EN CDLA. MIRADOR DEL NORTE | | |
|--|-----------------|-----------------|
| TIPO | POTENCIA | CANTIDAD |
| Vapor de Sodio de Alta Presión | 150 W | 3 |
| Reflector Metal Halide | 150 W | 5 |
| Apliche de pared | 2X70 W | 2 |

Tabla 5.46 Detalle de las lámparas del parque.

5.4.1 Primera propuesta: VSAP 150 W (actual) + balastos de doble nivel + apagado de reflectores y apliques (6 hs).



Figura 5.17 Reflector metal halide y aplique de pared.
Fuente: LUMENAC

Consiste en reemplazar los balastos electrónicos por otros de doble nivel, utilizando las luminarias ya existentes. Dicho balastro permite que las lámparas de VSAP operen al 70% de su potencia nominal a partir de las 00H30 hasta las 06H30 (seis horas). Para el caso de los

reflectores y apliques se usará un reloj astronómico previamente programado para que éstos operen solo las seis primeras horas (18H30 – 00H30). Todo esto se debe a que en los parques, la afluencia de peatones se reduce en la noche. La ventaja principal es lograr un ahorro tanto energético como económico.

Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.47.

| | |
|--|---------|
| Energía a pleno flujo 150 W (Wh) | 2.028 |
| Energía con flujo reducido, 150W VSAP+reducción del 30% (Wh) | 1.723,8 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 0,3042 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,027 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 10 |
| Ahorro anual (\$) | 120 |
| Energía a pleno flujo reflectores (Wh) | 2.028 |
| Energía a pleno flujo reflectores, 6 hs (Wh) | 1.014 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,014 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,091 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 33,31 |
| Ahorro anual (\$) | 199,86 |
| Energía a pleno flujo apliques (Wh) | 972 |
| Energía a pleno flujo apliques, 6 hs (Wh) | 486 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 0,486 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,043 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 15,97 |
| Ahorro anual (\$) | 63,86 |
| Ahorro total anual (\$) | 383,72 |

Tabla 5.47 Resultados obtenidos de la primera propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|--|-------------------|
| Balastro de doble nivel | \$45,00 |
| Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$65,00 |
| COSTO TOTAL (12 LUMINARIAS + reloj astronómico) | \$1.076,00 |

Tabla 5.48 Costo total de la primera propuesta.

| | |
|---|-------------------|
| Inversión (dólares) | \$1.076,00 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$394,66 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 4.262,62 (28,91%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 33 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 3 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 2,387 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$11,94 |

Tabla 5.49 Ahorro energético anual de la primera propuesta.

5.4.2 Segunda propuesta: Inducción 80 W + apagado de reflectores y apliques (6 hs).



Figura 5.18 Luminaria de inducción de 80 W.
Fuente: Chibralux.

Consiste en reemplazar las lámparas de VSAP por otras de inducción de 80 W. Para el caso de los reflectores y apliques se usará un reloj astronómico previamente programado para que éstos operen solo las seis primeras horas (18H30 – 00H30). Todo esto se debe a que en los parques, la afluencia de peatones se reduce en la noche. La ventaja principal es lograr un ahorro tanto energético como económico, y mejorar la reproducción de colores. Los resultados obtenidos del consumo de energía y ahorro en dólares se presentan en la tabla 5.50.

| | |
|--|---------|
| Energía a pleno flujo 150 W VSAP (Wh) | 2.028 |
| Energía a pleno flujo 80 W inducción (Wh) | 1.036,8 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 0,9912 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,089 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 32,56 |
| Ahorro anual (\$) | 390,73 |
| | |
| Energía a pleno flujo reflectores (Wh) | 2.028 |
| Energía a pleno flujo reflectores, 6 hs (Wh) | 1.014 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 1,014 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,091 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 33,31 |
| Ahorro anual (\$) | 199,86 |
| | |
| Energía a pleno flujo apliques (Wh) | 972 |
| Energía a pleno flujo apliques, 6 hs (Wh) | 486 |
| Ahorro de luminaria por día (kWh) | 0,486 |
| Ahorro de luminaria por día (\$) | 0,043 |
| Ahorro anual por luminaria (\$) | 15,97 |
| Ahorro anual (\$) | 63,86 |
| | |
| Ahorro total anual (\$) | 654,45 |

Tabla 5.50 Resultados obtenidos de la primera propuesta.

| DESCRIPCION | DOLARES |
|--|-------------------|
| Lámpara de inducción (80 W) | \$416,00 |
| Mano de Obra | \$20,00 |
| COSTO UNITARIO | \$436,00 |
| COSTO TOTAL (12 LUMINARIAS + reloj astronómico) | \$5.528,00 |

Tabla 5.51 Costo total de la segunda propuesta.

| | |
|---|-------------------|
| Inversión (dólares) | \$5.528,00 |
| Ahorro Anual (dólares) | \$674,92 |
| Ahorro Anual (kWh), (%) | 3.320,04 (22,52%) |
| Recuperación de la Inversión (meses) | 98 |
| Recuperación de la Inversión (años) | 8 |
| Emisiones de CO₂ evitadas (ton por año) | 4,094 |
| Ingresos por CER (dólares) | \$20,47 |

Tabla 5.52 Ahorro energético anual de la segunda propuesta.

5.5 Análisis de resultados.

5.5.1 Calle Los Ríos.

- ✓ Con respecto al tiempo de recuperación de la inversión se observa, que la propuesta en la cual éste es menor es la primera (aproximadamente 3 años); mientras que en las cuatro restantes el tiempo sobrepasa los 10 años, debido a que la inversión en éstas es mucho mayor en comparación al ahorro anual (dólares) obtenido.
- ✓ En relación a los kWh, con la primera propuesta se obtendría un

ahorro del 20%, mientras que con el reemplazado de luminarias de nuevas tecnologías (Inducción y LED) el ahorro anual será mucho mayor, alcanzando con la quinta propuesta (LED 96 W) el porcentaje más elevado de ahorro (62,5%).

- ✓ Con respecto a la emisión de CO₂, las dos mejores propuestas son la cuatro y cinco, evitando 29,17 y 30,48 toneladas de CO₂ por año respectivamente; mientras que con la primera propuesta se evita 9,72 toneladas por año.

5.5.2 Avenida Perimetral.

- ✓ Los resultados concernientes a la vía Perimetral indican que, con el cambio de luminarias los tiempos de recuperación de la inversión en las tres propuestas son bastante prolongados (15, 27 y 26 años), debido a que la inversión en la primera es de \$645.556,00 y de las dos restantes sobrepasan el \$1.000.000,00; sin embargo en estos casos se obtiene un ahorro energético equivalente al 38,44% para la primera, 41,15% para la segunda y 42,34% para la tercera, ya que este tipo de lámparas a pesar de su costo elevado, ahorran más energía.
- ✓ Con respecto a la emisión de CO₂, las tres propuestas evitan de manera similar la emisión de CO₂ (255,16; 273,65 y 281,79

toneladas respectivamente).

5.5.3 Mi Lote, etapas 1 Y 2A.

- ✓ El menor tiempo de recuperación de la inversión en Mi Lote (Av. Principal y puentes) es el de la primera propuesta (aproximadamente 2 años); a pesar de que, en la segunda y cuarta propuesta el tiempo aumenta a 9 y 8 años respectivamente, éstos se encuentran dentro de un rango aceptable en relación a la vida útil de este tipo de lámparas.
- ✓ En relación a los kWh que se ahorrarían con estas propuestas, fácilmente se puede identificar, que al reemplazar las luminarias actuales por las de nuevas tecnologías se logran ahorros de 50,34% (inducción 200 W), 52,32% (LED 192 W) y 57,79% (inducción 200 W con balastos de doble nivel), los cuales son mayores al obtenido en la primera propuesta (20%) en la que no se reemplaza las lámparas existentes.
- ✓ Con respecto a la emisión de CO₂, las dos mejores propuestas son la tres y cuatro, evitando 72,17 y 65,33 toneladas de CO₂ por año respectivamente, mientras que con la primera propuesta se evita 24,76 toneladas por año.

5.5.4 Parque en Cdla. Mirador del Norte Mzs. 41 – 50.

- ✓ El menor tiempo de recuperación de la inversión es el de la primera propuesta (aproximadamente 3 años); mientras que, la segunda propuesta tiene un retorno de la inversión en 8 años.
- ✓ En relación a los kWh, ambas propuestas tienen un ahorro anual de 4.262,62 (28,91%) kWh y 3.320,04 kWh (22,52%), lo que no representa un gran ahorro energético en comparación con los obtenidos en la calle Los Ríos, Av. Perimetral y Mi Lote.
- ✓ Con respecto a las emisiones de CO₂ evitadas, con la segunda propuesta se evitan más toneladas de CO₂ por año (4,094) en relación a la primera (2,38).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) Contar con una iluminación excesiva no es símbolo de desarrollo, ya que tiene como consecuencias efectos negativos en las personas y en el medio ambiente, como el deslumbramiento y la contaminación lumínica, respectivamente; además de que representa un derroche innecesario de energía eléctrica.
- 2) Lámparas de nueva tecnología permiten lograr un alumbrado público eficiente, en razón de que el consumo de energía eléctrica disminuye, así como también las emisiones de CO₂, debido a que emiten un mayor flujo luminoso con menor potencia.
- 3) Para la calle Los Ríos, a pesar de que no se sustituyen las lámparas por otras que sean eficientes, la propuesta más factible es la primera (VSAP 250 W con balastos de doble nivel), ya que además de que se logra un ahorro en la energía, el retorno de la inversión se da en un tiempo mucho menor que el de las propuestas restantes (inducción y

LED), sin embargo dichas propuestas son mejores desde el punto de vista ambiental.

- 4) Después de realizar el análisis para la vía Perimetral, se considera que el diseño actual de alumbrado es el más conveniente desde el punto de vista económico porque las lámparas de inducción y LED tienen costos elevados, lo que incrementa de forma significativa la inversión, por lo tanto, no es recomendable en razón de que el tiempo de recuperación de la inversión es mayor al de la vida útil de luminarias.
- 5) Mediante el estudio realizado para la Av. Principal y puentes de mi Lote, la propuesta menos viable es la tercera (uso de lámparas LEDs) por su alta inversión y largo tiempo de retorno de la misma. Considerando que la vida útil de las lámparas de inducción es entre 15 a 18 años (trabajando 12 horas al día), la opción con mayores beneficios desde el punto de vista energético y ambiental es la cuarta propuesta (inducción de 200 W con balastos de doble nivel), logrando un menor consumo de energía, evitando grandes de emisiones de CO₂ y obteniendo un ahorro económico neto de alrededor de 8 años.
- 6) Para el caso del parque, mantener cierto número de lámparas encendidas por 6 horas y el uso de balastos de doble nivel (primera opción) es la solución más recomendable debido a que no existe una

diferencia significativa de las emisiones de CO₂ y ahorro anual en kWh con respecto a la segunda, lo que no ocurre con la inversión y el tiempo en el que se recupera la misma, ya que éstos son menores en la primera propuesta.

7) Es recomendable que la empresa encargada del alumbrado público en la ciudad de Guayaquil elabore un plan de mantenimiento preventivo y de limpieza para las lámparas, luminarias y equipos, a fin de evitar eventualidades, mal funcionamiento o desperfectos que ocasionen daños y derroche de energía.

8) No es recomendable el uso de paneles solares en parques debido a la extensa vegetación existente en ellos, lo que evitaría su buen rendimiento; así como también en lugares propensos a la contaminación, ya que habría acumulación de polvo sobre éstos.

Por estas razones, lo mejor sería ubicarlos en lugares abiertos y despejados libres de contaminación como urbanizaciones privadas.

9) Se recomienda el uso de controles automatizados como reloj astronómico y sistema de control por PLC, como se presentó en las propuestas del parque en la Cdla. Mirador del Norte, obteniéndose un ahorro tanto económico como energético.

Con respecto a la participación del LED (desarrollado en el año de 1927 pero comercialmente utilizado en 1962) en el alumbrado público, su uso es medido pero con la probabilidad de que se incremente en un futuro. A finales de los 90's, el mercado de iluminación LED se enfocó en los sistemas de semaforización, iluminación arquitectónica, entre otros; mientras que en los años 2000, incursionó principalmente en luminarias para alumbrado público y en el reemplazo de tubos fluorescentes.

A pesar de las ventajas que ofrecen las lámparas de nuevas tecnologías, en la ciudad de Guayaquil aún no se hace el uso de éstas, pues lo que se ha optado en los últimos años es el cambio o reemplazo de las lámparas de vapor de mercurio por las de vapor de sodio de alta presión y recientemente, el uso de balastos de doble nivel.

10) No es recomendable optar por alternativas en las cuales el tiempo de retorno de la inversión sea cercano al de la vida útil de los equipos o lámparas porque no se obtendrían ahorros netos; es decir, todo depende del objetivo que se desee alcanzar como ahorro económico, ahorro energético o reducción del impacto ambiental.

ANEXOS

ANEXO A

FACTOR DE CORRECCIÓN ENTRE FLUJO LUMINOSO CONVENCIONAL Y FLUJO LUMINOSO DE PUPILA.

TABLA 1

| TEMPERATURA DE COLOR | FUENTE DE LUZ | RATIO S/P |
|----------------------|-----------------------|-----------|
| Amarillo-blanco | Sodio Alta Presión | 0,65 |
| Blanco cálido | Halogenuro metálico | 1,25 |
| Blanco cálido | LED | 1,3 |
| Blanco día | Inducción magnética | 1,96 |
| Blanco frío | Halogenuros metálicos | 1,8 |
| Blanco frío | LED | 2,15 |
| Blanco frío | Inducción magnética | 2,25 |

Fuente: AXOLED.

TABLA 2

| Luminaria | Convencional lm/W | Factor de corrección | Flujo luminoso de pupila(Plm/ W) |
|---|----------------------|-------------------------|---|
| Lámpara de sodio de baja presión | 165 | 0.38 | 63 |
| 5000K T5 Lámpara fluorescente | 104 | 1.83 | 190 |
| 4100K T8 Lámpara fluorescente | 90 | 1.62 | 145 |
| Lámpara de metal halide | 85 | 1.49 | 126 |
| 5000-K Lámpara de inducción sin electrodo | 80 | 1.62 | 129 |
| 5,000-K Puro lámpara fluorescente trifósforo | 70 | 1.58 | 111 |
| 3500-K Lámpara fluorescente trifósforo | 69 | 1.24 | 85 |
| 50W Lámpara de sodio de alta presión | 65 | 0.76 | 49 |
| 2900K Lámpara fluorescente de color blanco cálido | 65 | 0.98 | 64 |
| Lámpara de luz diurna | 55 | 1.72 | 95 |
| 35W Lámpara de sodio de alta presión | 55 | 0.57 | 31 |
| 5000 90 CRI Lámpara fluorescente | 46 | 1.7 | 78 |
| Lámpara de vapor de mercurio de alta presión | 40 | 0.86 | 34 |
| Lámpara incandescente normal | 15 | 1.26 | 19 |
| Lámpara de tungsteno-halógeno | 22 | 1.32 | 29 |

Fuente: Venasol – Eficiencia energética.

ANEXO B

LUMINARIAS EFICIENTES E INEFICIENTES.

FAROLAS TIPO GLOBO



Urbanización Belohorizonte Parque Mesones
(Guayaquil)

(Canabria)

Este tipo de luminaria da luz hacia arriba y en el suelo dan sombra, casi con un diámetro de 4,5 m, cuando para obtener la máxima eficiencia debería ser todo lo contrario.

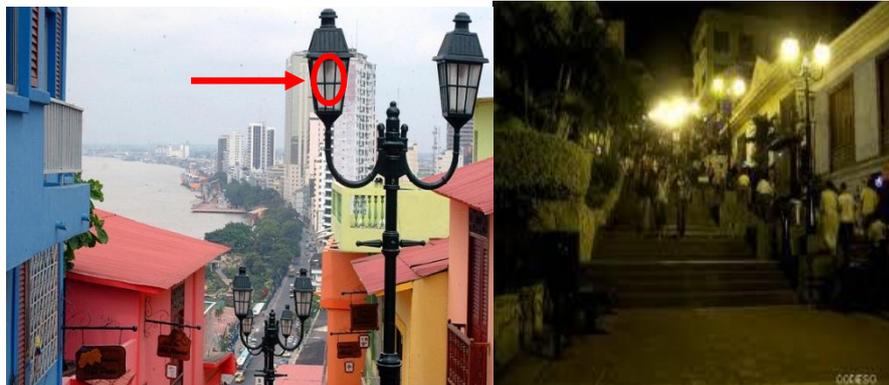
OTRAS LUMINARIAS CONTAMINANTES



Paseo Pereda y Centro de Santander
(España)

Fuente: Campaña cielo oscuro en Cantabria.

FAROLAS CON BOMBILLA EN LA PARTE SUPERIOR



Cerro Santa Ana “Las Peñas”

Fuente: Diario El Universo.

Una forma de evitar que la luz esté por encima de la horizontal es colocando la bombilla en la parte superior de la farola, sin embargo una pequeña

cantidad de luz si logra pasar la horizontal, por lo tanto no es completamente conveniente.

REFLECTORES QUE OCASIONAN DESLUMBRAMIENTO



Malecón 2000
Fuente: Diario El Universo.

DIFERENCIA ENTRE FAROLAS TIPO GLOBO CUBIERTA Y DESCUBIERTA



Fuente: Campaña cielo oscuro en Cantabria.



Fuente: Campaña cielo oscuro en Cantabria.

Se muestra la diferencia que existe entre las farolas tipo “globo” descubiertas y las cubiertas en la parte superior. Mientras que debajo de las descubiertas existe sombra o ilumina a las ventanas, debajo de las que tienen el recubrimiento existe un círculo de luz.

LUMINARIA CON APANTALLAMIENTO



Cerro Santa Ana “Las Peñas”
Fuente: Diario El Universo.

ANEXO C

CONSUMO DEL SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN DE GUAYAQUIL.

NOMENCLATURA:

Semáforo S1: Semáforo Vehicular 3/200 mm (rojo/amarillo/verde).

Semáforo S1 – Giro: Semáforo Vehicular de Giro 3/200 mm (rojo/amarillo/verde).

Semáforo S1 – Bus: Semáforo Vehicular c/leyenda BUS 3/200 mm (rojo/amarillo/verde).

Semáforo S2: Semáforo Vehicular 1/300 mm + 2/200 mm (rojo/amarillo/verde).

Semáforo S2 – Giro: Semáforo Vehicular de Giro 1/300 mm + 2/200 mm (rojo/amarillo/verde).

Semáforo S2 – Bus: Semáforo Vehicular c/leyenda BUS 1/300 mm + 3/200 mm (rojo/amarillo/verde).

Semáforo S3: Semáforo Peatonal 2/200 mm (mano roja/hombre verde).

Semáforo S3A: Semáforo Peatonal Audible 2/200 mm (mano roja/hombre verde).

TABLA 1

| Nº | Intersecciones | | Semáforo S1 | Semáforo S1 - Giro | Semáforo S1 - Bus | Semáforo S2 | Semáforo S2 - Giro | Semáforo S2 - Bus | Semáforo S3 | Semáforo S3A |
|----|----------------|----------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------|
| 1 | Malecón | Colon | 3 | - | - | 2 | - | - | 6 | - |
| 2 | Malecón | Sucre | 2 | - | - | 1 | - | - | 4 | - |
| 3 | Malecón | 10 de Agosto | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 4 | Malecón | Aguirre | 3 | - | - | 1 | - | - | 4 | - |
| 5 | Malecón | 9 de Octubre | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | 4 |
| 6 | Malecón | Víctor Manuel Rendón | 6 | - | - | 2 | - | - | 6 | 4 |
| 7 | Malecón | Roca | 2 | - | - | 1 | - | - | 4 | 4 |
| 8 | Malecón | Thomas Martínez | 3 | - | 1 | 1 | - | 1 | - | 4 |
| 9 | Malecón | Loja | 1 | - | 1 | 1 | 1 | - | 4 | - |
| 10 | Panamá | Juan Montalvo | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 11 | Panamá | Padre Aguirre | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 12 | Panamá | Thomas Martínez | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 13 | Panamá | Roca | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 14 | Panamá | Junín | 3 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 15 | Panamá | Victor Manuel Rendón | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 16 | Pichincha | 9 de Octubre | 1 | - | - | 3 | - | - | 4 | 4 |
| 17 | Pichincha | Luque | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 18 | Pichincha | Aguirre | 3 | 1 | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 19 | Pichincha | Sucre | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | - |
| 20 | Pichincha | Colon | 4 | - | - | 3 | - | - | 6 | - |
| 21 | Pedro Carbo | Av. Olmedo | 4 | 1 | - | 3 | - | - | 6 | 4 |
| 22 | Pedro Carbo | Colon | 2 | 2 | - | 4 | 1 | - | 6 | 6 |

| Nº | Intersecciones | | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo |
|----|-----------------|----------------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | | | S1 | S1 - Giro | S1 - Bus | S2 | S2 - Giro | S2 - Bus | S3 | S3A |
| 23 | Pedro Carbo | Sucre | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | 4 |
| 24 | Pedro Carbo | 10 de Agosto | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | 4 |
| 25 | Pedro Carbo | Clemente Ballén | 4 | - | - | 3 | - | - | 4 | 4 |
| 26 | Pedro Carbo | Aguirre | 2 | 1 | - | 2 | 1 | - | 4 | - |
| 27 | Pedro Carbo | Luque | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | - |
| 28 | Pedro Carbo | 9 de Octubre | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | 4 |
| 29 | Pedro Carbo | Victor Manuel Rendón | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 30 | Pedro Carbo | Junín | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 31 | Pedro Carbo | Roca | 3 | - | 1 | 2 | - | - | 4 | - |
| 32 | Rocafuerte | Thomas Martínez | 6 | - | - | 1 | - | - | 6 | - |
| 33 | Rocafuerte | Padre Aguirre | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 34 | Rocafuerte | Juan Montalvo | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 35 | Rocafuerte | Loja | 3 | 1 | - | 2 | 1 | - | 4 | - |
| 36 | General Córdova | Loja | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 37 | General Córdova | Juan Montalvo | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 38 | General Córdova | Padre Aguirre | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 39 | General Córdova | Roca | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 40 | General Córdova | Junín | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 41 | General Córdova | Victor Manuel Rendón | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 42 | General Córdova | 9 de Octubre - Chile | 5 | - | - | 1 | - | - | 8 | 8 |
| 43 | Chile | Luque | 6 | - | - | 4 | - | - | 6 | - |
| 44 | Chile | Aguirre | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | - |
| 45 | Chile | Clemente Ballén | 3 | - | - | 3 | - | - | 4 | - |
| 46 | Chile | 10 de Agosto | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | - |

| Nº | Intersecciones | | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo |
|----|------------------|----------------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | | | S1 | S1 - Giro | S1 - Bus | S2 | S2 - Giro | S2 - Bus | S3 | S3A |
| 47 | Chile | Sucre | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 48 | Chile | Colon | 4 | - | - | 3 | - | - | 6 | - |
| 49 | Chile | Av. Olmedo | 5 | - | - | 3 | - | - | 8 | - |
| 50 | Chimborazo | Av. Olmedo | 5 | - | - | 2 | - | - | 6 | - |
| 51 | Chimborazo | Colon | 3 | 1 | - | 4 | 1 | - | 6 | - |
| 52 | Chimborazo | Sucre | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 53 | Chimborazo | 10 de Agosto | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 54 | Chimborazo | Clemente Ballén | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | - |
| 55 | Chimborazo | Aguirre | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 56 | Chimborazo | Luque | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | - |
| 57 | Chimborazo | Vélez | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | - |
| 58 | Chimborazo | 9 de Octubre | 4 | - | - | - | - | - | 4 | 4 |
| 59 | Baquerizo Moreno | Victor Manuel Rendón | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 60 | Baquerizo Moreno | Junín | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 61 | Baquerizo Moreno | Luis Urdaneta | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 62 | Baquerizo Moreno | Solano | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 63 | Baquerizo Moreno | Mendiburo | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 64 | Baquerizo Moreno | Padre Aguirre | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 65 | Baquerizo Moreno | Juan Montalvo | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 66 | Baquerizo Moreno | Loja | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 67 | Escobedo | Juan Montalvo | 3 | - | - | 2 | - | - | 2 | - |
| 68 | Escobedo | Piedrahita | 3 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 69 | Escobedo | Manuel Galecio | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 70 | Escobedo | Alejo Lascano | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |

| Nº | Intersecciones | | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo |
|----|----------------|-----------------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | | | S1 | S1 - Giro | S1 - Bus | S2 | S2 - Giro | S2 - Bus | S3 | S3A |
| 71 | Escobedo | Víctor Manuel Rendón | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 72 | Escobedo | 9 de Octubre | 3 | - | - | 1 | - | - | 4 | 4 |
| 73 | Escobedo | Vélez - Luque | 8 | - | - | - | - | - | 8 | - |
| 74 | Escobedo | Luque | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 75 | Escobedo | Aguirre | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | - |
| 76 | Escobedo | Clemente Ballén | 4 | - | - | - | - | - | 4 | - |
| 77 | Boyacá | Av. Olmedo | 4 | - | - | 3 | 1 | - | 8 | 4 |
| 78 | Boyacá | Colon | 4 | - | - | 3 | - | - | 6 | 6 |
| 79 | Boyacá | Sucre | 4 | - | 1 | 2 | - | - | 6 | 4 |
| 80 | Boyacá | 10 de Agosto | 4 | - | - | 1 | - | - | 4 | 4 |
| 81 | Boyacá | Clemente Ballén | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | 4 |
| 82 | Boyacá | Aguirre | 3 | 1 | - | 2 | - | - | 6 | 4 |
| 83 | Boyacá | Luque | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | 4 |
| 84 | Boyacá | Vélez | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | 4 |
| 85 | Boyacá | 9 de Octubre | 2 | 1 | - | 2 | - | - | 6 | 4 |
| 86 | Boyacá | Víctor Manuel Rendón | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | 4 |
| 87 | Boyacá | Junín | 3 | 1 | - | 2 | - | - | 6 | 4 |
| 88 | Boyacá | Luis Urdaneta | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | 4 |
| 89 | Boyacá | Solano | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | 4 |
| 90 | Boyacá | Alejo Lascano | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | 4 |
| 91 | Boyacá | Manuel Galecio | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | 4 |
| 92 | Boyacá | Piedrahita y Estación | 6 | - | - | 3 | - | - | 6 | 2 |
| 93 | Ximena | Juan Montalvo | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 94 | Ximena | Alejo Lascano | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |

| Nº | Intersecciones | | Semáforo S1 | Semáforo S1 - Giro | Semáforo S1 - Bus | Semáforo S2 | Semáforo S2 - Giro | Semáforo S2 - Bus | Semáforo S3 | Semáforo S3A |
|-----|----------------------|-----------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------|
| 95 | Riobamba | Manuel Galecio | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 96 | Riobamba | Alejo Lascano | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 97 | Riobamba | Solano | 3 | - | - | 2 | - | - | 3 | - |
| 98 | Riobamba | Luis Urdaneta | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 99 | Riobamba | Junín | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 100 | Riobamba | Victor Manuel Rendón | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 101 | García Avilés | 9 de Octubre | 3 | - | - | 2 | - | - | 4 | 4 |
| 102 | García Avilés | Vélez | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 103 | García Avilés | Luque | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 104 | García Avilés | Aguirre | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 105 | García Avilés | Clemente Ballén | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 106 | García Avilés | 10 de Agosto | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 107 | García Avilés | Sucre | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 | - | 8 | 4 |
| 108 | García Avilés | Colon | 5 | - | - | 3 | - | - | 10 | - |
| 109 | Av. Plaza Dañín | Av. Gilbert | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 110 | Pichincha | 10 de Agosto | 2 | - | - | 1 | - | - | 2 | - |
| 111 | Av. De las Américas | Av. C. L. Plaza Dañan | 5 | - | - | 9 | - | - | 16 | - |
| 112 | Av. Fco. De Orellana | Av. C. L. Plaza Dañan | 2 | - | - | 12 | - | - | 16 | - |
| 113 | Av. Kennedy | Av. Delta | 2 | - | - | 10 | - | - | 16 | - |
| 114 | Av. Fco. De Orellana | José Alavedra | 5 | - | - | 3 | - | - | - | - |
| 115 | Av. R. C. Huerta | Ing. Terminal Guasmo | 2 | - | - | 1 | - | 1 | 2 | - |

| Nº | Intersecciones | | Semáforo S1 | Semáforo S1 - Giro | Semáforo S1 - Bus | Semáforo S2 | Semáforo S2 - Giro | Semáforo S2 - Bus | Semáforo S3 | Semáforo S3A |
|-----|---------------------|--|-------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------|
| 116 | Av. R. C. Huerta | Salida Terminal el Guasmo | 5 | 2 | - | 1 | - | 1 | 2 | 2 |
| 117 | Av. Roberto Serrano | A. H. Simonds (P. Pedregal) - Abdón Calderón | 8 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | - | 8 |
| 118 | Av. Roberto Serrano | Calle 52B SE | 8 | - | - | 4 | - | - | - | 8 |
| 119 | Av. Roberto Serrano | A. H. Simonds | 2 | 3 | - | 4 | - | - | 2 | 2 |
| 120 | Av. Roberto Serrano | Av. 11 Calle 51E | 9 | 1 | - | 5 | - | 1 | - | 8 |
| 121 | Av. Roberto Serrano | Calle 10B SE | 3 | 2 | - | 2 | 1 | 1 | - | 4 |
| 122 | Av. Roberto Serrano | 1ra PT (P. Floresta) | 8 | 1 | - | 4 | 1 | - | - | 8 |
| 123 | Av. Domingo Comán | Av. Roberto Serrano | 6 | 4 | 2 | 7 | - | - | 2 | 8 |
| 124 | Av. Domingo Comán | Calle 50C SE | 8 | - | - | 4 | - | - | - | 8 |
| 125 | Av. Domingo Comán | Calle 19C SE (P. Pradera) | 8 | 1 | - | 4 | 1 | - | - | 8 |
| 126 | Av. Domingo Comán | Pio Jaramillo | 14 | - | 1 | 9 | 2 | - | - | - |
| 127 | Av. Domingo Comán | 6ta PT 47 SE (Pradera) | 8 | - | - | 4 | - | - | - | 8 |
| 128 | Av. Domingo Comán | Juan Martínez (P. 9 de Octubre) | 8 | - | - | 4 | - | - | - | 8 |
| 129 | Av. Domingo Comán | Ernesto Alban | 6 | 4 | 1 | 5 | 3 | - | - | - |
| 130 | Av. Domingo Comán | Calle 44 SE (P. Caraguay) | 5 | 2 | 1 | 2 | 2 | - | - | 4 |
| 131 | Av. Domingo Comán | Fco. Segura | 2 | 2 | - | 4 | - | - | 2 | - |
| 132 | Av. Domingo Comán | Cjon. Rio Daule | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - | 4 | - |
| 133 | Av. Eloy Alfaro | El Oro | 3 | 1 | - | 2 | - | - | 4 | - |

| Nº | Intersecciones | | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo |
|-----|----------------------|---|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | | | S1 | S1 - Giro | S1 - Bus | S2 | S2 - Giro | S2 - Bus | S3 | S3A |
| 134 | Av. Eloy Alfaro | Cañar | 2 | - | - | 1 | - | - | 2 | - |
| 135 | Av. Eloy Alfaro | Camilo Destruge | 2 | - | - | 3 | - | - | 2 | - |
| 136 | Av. Eloy Alfaro | Venezuela - Colombia | 7 | - | - | 3 | - | - | 6 | - |
| 137 | Av. Eloy Alfaro | Portete - Gral. Gómez | 6 | - | - | 4 | - | - | 8 | - |
| 138 | Av. Eloy Alfaro | Fco. De Marcos | 2 | - | - | 2 | - | - | 2 | - |
| 139 | Av. Eloy Alfaro | Calicuchima | 2 | - | - | 3 | - | - | 2 | - |
| 140 | Av. Eloy Alfaro | Gómez Rendón | 3 | 1 | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 141 | Av. Eloy Alfaro | Brasil | 2 | 1 | - | 2 | - | - | 2 | - |
| 142 | Av. Eloy Alfaro | Cuenca - Febres Cordero | 3 | - | 1 | 3 | - | - | 2 | - |
| 143 | Av. P. M. Gilbert | Av. C. L. Plaza Dañan | 13 | 3 | 2 | 4 | 2 | - | 10 | 4 |
| 144 | Av. Benjamín Rosales | Salida Terminal Terrestre Interprovinciales | - | - | - | 3 | 4 | - | - | - |
| 145 | Av. Benjamín Rosales | Salida Terminal Terrestre Urbanos - T. Rio Daule | 7 | 1 | - | 6 | - | - | 4 | - |
| 146 | Av. Rosa Borja | Salida Terminal Terrestre Parqueo - Américas - T. Rio | 5 | - | - | 3 | - | - | 6 | - |

| Nº | Intersecciones | | Semáforo S1 | Semáforo S1 - Giro | Semáforo S1 - Bus | Semáforo S2 | Semáforo S2 - Giro | Semáforo S2 - Bus | Semáforo S3 | Semáforo S3A |
|-----|--------------------|--------------------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------|
| 147 | Av. Rosa Borja | J. V. Trujillo | 3 | 2 | - | 4 | - | - | 2 | - |
| 148 | Chile | Fco. Segura | 1 | 1 | 1 | 3 | - | - | 4 | - |
| 149 | Chile | Cjon. Rio Daule | 1 | 1 | - | 1 | - | - | 2 | - |
| 150 | Chile | El Oro | 2 | 1 | 1 | 2 | - | - | 8 | - |
| 151 | Chile | Venezuela | 3 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 152 | Chile | Portete | 3 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 153 | Chile | Fco. De Marcos | 3 | - | - | 2 | - | - | 2 | - |
| 154 | Chile | Gómez Rendón | 3 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 155 | Chile | Cuenca - Brasil | 6 | - | - | 3 | - | - | 6 | - |
| 156 | Chile | Cptan. Nájera - Febres Cordero | 4 | - | 1 | 5 | - | - | 6 | - |
| 157 | Av. Rosa Borja | Thomas Wright | 2 | - | - | 2 | - | - | 2 | - |
| 158 | Av. Domingo Comán | Thomas Wright | 3 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 159 | Av. Plaza Dañan | Av. Pedro Menéndez | 11 | 2 | 4 | 4 | - | 2 | 6 | 4 |
| 160 | Av. Plaza Dañan | Av. Democracia | - | 1 | - | 4 | - | - | - | - |
| 161 | Av. Plaza Dañan | N. Safadi | 2 | 4 | - | 3 | 1 | - | 8 | - |
| 162 | Av. Diez de Agosto | Rumichaca | 3 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 163 | Sucre | Rumichaca | 3 | - | - | 1 | - | - | 8 | - |
| 164 | Colon | Rumichaca | 3 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 165 | Colon | 6 de Marzo - L. de Garaicoa | 6 | - | - | 4 | - | - | 8 | - |
| 166 | Sucre | 10 de Agosto y L. de Garaicoa | 8 | - | - | 3 | - | - | 12 | 4 |
| 167 | Sucre | 10 de Agosto y 6 de Marzo | 8 | - | - | 3 | - | - | 12 | 4 |

| Nº | Intersecciones | | Semáforo S1 | Semáforo S1 - Giro | Semáforo S1 - Bus | Semáforo S2 | Semáforo S2 - Giro | Semáforo S2 - Bus | Semáforo S3 | Semáforo S3A |
|-----|----------------|------------------------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------------|-------------------|-------------|--------------|
| 168 | Sucre | 10 de Agosto y Pedro Moncayo | 8 | - | - | 4 | - | - | 12 | - |
| 169 | Colon | Pedro Moncayo | 3 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 170 | Av. Quito | Av. 10 de Agosto | 4 | - | - | 3 | - | - | 4 | - |
| 171 | Av. Quito | Sucre | 4 | - | - | 2 | - | - | 8 | 2 |
| 172 | Av. Quito | Colon | 3 | - | - | 3 | - | - | 4 | - |
| 173 | Av. Machala | Av. 10 de Agosto | 4 | - | - | 3 | - | - | 4 | - |
| 174 | Av. Machala | Sucre | 4 | - | - | 2 | - | - | 3 | 2 |
| 175 | Av. Machala | Colon | 4 | - | - | 3 | - | - | 4 | - |
| 176 | Sucre | A. 10 de Agosto y José de Antepara | 7 | - | - | 3 | - | - | 10 | - |
| 177 | Colon | José de Antepara y García Moreno | 5 | - | - | 4 | - | - | 8 | - |
| 178 | Sucre | Av. 10 de Agosto y García Moreno | 6 | - | - | 3 | - | - | 10 | - |
| 179 | Sucre | Av. Del Ejercito | 4 | - | - | 2 | - | - | 6 | - |
| 180 | Sucre | José Mascote | 3 | - | - | 1 | - | - | 6 | - |
| 181 | Sucre | Av. 10 de Agosto y Esmeraldas | 8 | - | - | 3 | - | - | 10 | 4 |
| 182 | Colon | Esmeraldas y Los Ríos | 6 | - | - | 4 | - | - | 8 | - |
| 183 | Sucre | Av. 10 de Agosto y Los Ríos | 8 | - | - | 3 | - | - | 10 | 4 |
| 184 | Sucre | Av. 10 de Agosto y Tulcán | 7 | - | - | 3 | 2 | - | 8 | - |
| 185 | Tulcán | Clemente Ballén | 3 | - | - | 3 | - | - | 4 | - |
| 186 | Tulcán | Aguirre Abad | 3 | - | - | 3 | - | - | 5 | 4 |

| Nº | Intersecciones | | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo | Semáforo |
|-----|---------------------|-------------------------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| | | | S1 | S1 - Giro | S1 - Bus | S2 | S2 - Giro | S2 - Bus | S3 | S3A |
| 187 | Tulcán | Luque y Vélez | 7 | - | - | 7 | 4 | - | 8 | 4 |
| 188 | Tulcán | Hurtado | 3 | 1 | - | 3 | - | - | 6 | - |
| 189 | Av. 9 de Octubre | Av. Del Ejercito | 6 | - | - | - | - | - | 6 | - |
| 190 | Av. 9 de Octubre | José Mascote | 6 | - | - | - | - | - | 6 | - |
| 191 | Av. 9 de Octubre | Esmeraldas | 6 | - | - | - | - | - | 5 | - |
| 192 | Av. 9 de Octubre | Los Ríos | 6 | - | - | - | - | - | 6 | - |
| 193 | Av. 9 de Octubre | Tulcán | 6 | - | - | 2 | - | - | 12 | 6 |
| 194 | Tulcán | Primero de Mayo | 2 | 1 | - | - | 2 | - | 8 | 2 |
| 195 | Tulcán | Quisquis y Urdaneta | 6 | - | - | 4 | 2 | - | 4 | - |
| 196 | Av. 9 de Octubre | Carchi | 4 | 1 | 1 | 1 | - | - | 6 | - |
| 197 | Carchi | Primero de Mayo y Tungurahua | 3 | 2 | 2 | 2 | - | - | 4 | 4 |
| 198 | Carchi | Quiquis y Urdaneta | a | - | - | 4 | - | - | 4 | - |
| 199 | Av. 9 de Octubre | Tungurahua | 2 | 2 | 1 | 1 | - | - | 8 | - |
| 200 | Tungurahua | Quiquis y Urdaneta | 7 | 2 | - | 2 | - | - | 10 | 2 |
| 201 | Av. C. J. Arosemena | Parada Ferroviaria | 3 | - | - | 3 | - | - | 4 | - |
| 202 | Av. C. J. Arosemena | Parada Bellavista | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 203 | Av. Velasco Ibarra | Calle 1era (Cdla. Bellavista) | 3 | 2 | - | 2 | - | 2 | - | - |
| 204 | Av. C. J. Arosemena | Frente a Don Café | 2 | - | - | - | 2 | - | - | - |
| 205 | Av. C. J. Arosemena | Parada Stella Maris | 4 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 206 | Av. C. J. Arosemena | Av. Las Monjas | 2 | 1 | - | 2 | - | - | - | - |
| 207 | Av. C. J. Arosemena | Parada 28 de Mayo | 4 | - | - | 3 | - | - | 4 | - |
| 208 | Av. Martha Bucaram | Calle Primera (Mapasingue) | 6 | 2 | 2 | 11 | - | - | 10 | - |

| Nº | Intersecciones | | Semáforo S1 | Semáforo S1 - Giro | Semáforo S1 - Bus | Semáforo S2 | Semáforo S2 - Giro | Semáforo S2 - Bus | Semáforo S3 | Semáforo S3A |
|-----|------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|----------------|-----------------|
| 209 | Av. Martha Bucaram | Calle Cuarta (Mapasingue) | 5 | - | 1 | 6 | - | - | 6 | - |
| 210 | Av. Martha Bucaram | Calle Sexta (Mapasingue) | 7 | - | - | 4 | - | - | 4 | - |
| 211 | Av. Martha Bucaram | Calle Séptima (Mapasingue) | 3 | - | 1 | 8 | 1 | - | 8 | - |
| 212 | Av. Martha Bucaram | Calle Octava (Mapasingue) | 3 | - | 1 | 3 | 1 | - | - | - |
| 213 | Av. Martha Bucaram | Parada Prosperina | 4 | - | - | 4 | - | - | 4 | - |
| 214 | Av. Martha Bucaram | Parada Colegio Americano | 9 | - | - | 9 | - | - | 8 | - |
| 215 | Av. Martha Bucaram | Parada Gallegos Lara | 8 | - | - | 8 | - | - | 8 | - |
| 216 | Av. Camilo Ponce H. | Ingreso Urbanización Florida | 12 | 7 | - | 3 | 1 | - | 4 | - |
| 217 | Av. Camilo Ponce H. | Parada Florida | 9 | - | - | 8 | - | - | 8 | - |
| 218 | Av. Camilo Ponce H. | Parada Fuerte Huancavilca | 8 | - | - | 8 | - | - | 8 | - |
| 219 | Av. Camilo Ponce H. | Retomo Fuerte Huancavilca | - | - | 2 | 4 | 2 | - | - | - |
| 220 | Av. Camilo Ponce H. | Parada Filantrópica | 4 | - | - | 4 | - | - | 4 | - |

| Nº | Intersecciones | | Semáforo S1 | Semáforo S1 - Giro | Semáforo S1 - Bus | Semáforo S2 | Semáforo S2 - Giro | Semáforo S2 - Bus | Semáforo S3 | Semáforo S3A |
|-----|------------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------|----------------|-----------------------|----------------------|----------------|-----------------|
| 221 | Av. Camilo Ponce H. | Parada Bastión Popular | 8 | - | - | 8 | - | - | 8 | - |
| 222 | Av. Camilo Ponce H. | Ingreso Bastión Popular | 8 | - | - | 2 | - | - | 4 | - |
| 223 | Av. Camilo Ponce H. | Parada California | 8 | - | - | 8 | - | - | 8 | - |
| 224 | Av. Camilo Ponce H. | Marcel Laniado (Av. I. Ayora) | 9 | 3 | 4 | 5 | 1 | - | 6 | - |
| 225 | Marcel Laniado | Urbanización Montebello | 3 | - | - | 3 | - | - | 2 | - |
| 226 | Av. P. M. Gilbert | Lorenzo Ponce | 5 | - | - | 4 | - | - | 4 | - |
| 227 | Urdesa 1 | | - | - | - | 6 | - | - | 6 | - |
| 228 | Urdesa 2 | | - | - | - | 6 | - | - | 2 | - |
| 229 | Av. Barcelona | | 8 | - | - | 9 | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | | |
|--------------|--|--|------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|------------|
| TOTAL | | | 972 | 81 | 37 | 626 | 45 | 10 | 1048 | 268 |
|--------------|--|--|------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|------------|

Fuente: Departamento de Obras Eléctricas de la M. I. Municipalidad de Guayaquil.

TABLA 2**CONSUMO ENERGÉTICO EN SEMAFORIZACIÓN**

| | Total de Semáforos | Potencia (KW) | Potencia Total (KW) | Consumo Diario (kWh) | Consumo Mensual (kWh) | Consumo Anual (kWh) |
|---------------------------|---------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Semáforo S1 | 972 | 0.0296 | 28.7712 | 690.5088 | 20715.264 | 248583.168 |
| Semáforo S1 - Giro | 81 | 0.0296 | 2.3976 | 57.5424 | 1726.272 | 20715.264 |
| Semáforo S1 - Bus | 37 | 0.0296 | 1.0952 | 26.2848 | 788.544 | 9462.528 |
| Semáforo S2 | 626 | 0.0331 | 20.7206 | 497.2944 | 14918.832 | 179025.984 |
| Semáforo S2 - Giro | 45 | 0.0331 | 1.4895 | 35.748 | 1072.44 | 12869.28 |
| Semáforo S2 - Bus | 10 | 0.0331 | 0.331 | 7.944 | 238.32 | 2859.84 |
| Semáforo S3 | 1048 | 0.01 | 10.48 | 251.52 | 7545.6 | 90547.2 |
| Semáforo S3A | 268 | 0.01 | 2.68 | 64.32 | 1929.6 | 23155.2 |
| TOTAL | 3087 | 0.2081 | 67.9651 | 1631.1624 | 48934.872 | 587218.464 |

TABLA 3

**COMPARACIÓN ENTRE EL CONSUMO DE LÁMPARAS DE VÍAS Y
SEMÁFOROS DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL**

| ALUMBRADO PÚBLICO VÍAS | ALUMBRADO PÚBLICO SEMÁFOROS |
|-----------------------------------|--|
| 9.018.873,00 kWh | 48.934,872 kWh |

ANEXO D

PÉRDIDAS POR BALASTROS

| Lámparas | % |
|------------------------------|-------------------|
| 400 W Na (55000 lúmenes) | 8.7 |
| 250 W Na (32000 lúmenes) | 10 |
| 150 W Na (16000 lúmenes) | 13 |
| 175 W Hg (fuera de servicio) | 9 |
| 100 W Na (10000 lúmenes) | 14 |
| 125 W Hg (peatonales) | 10 |
| LED | Aproximadamente 8 |
| INDUCCIÓN | Aproximadamente 8 |

Fuente: M. I. Municipalidad de Guayaquil.

ANEXO E

LUMINARIAS EN CALLE LOS RÍOS Y AV. PERIMETRAL



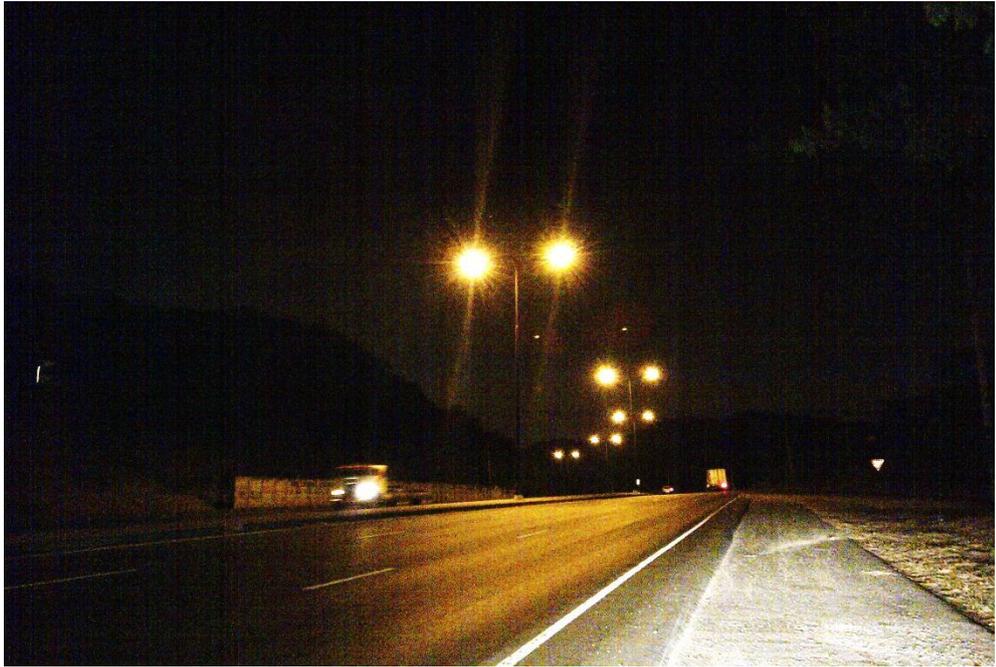
Diferentes luminarias en la Calle Los Ríos



Disposición Unilateral en la Calle Los Ríos



Disposición Central con Doble Brazo en la Av. Perimetral



Luminarias de VSAP 400 W en la Av. Perimetral

ANEXO F

CÁLCULOS

Calle Los Ríos.

Primera propuesta: VSAP 250 W (actual) y balastro de doble nivel.

Energía a pleno flujo (250W):

$$276W * 12hs = 3312Wh.$$

Energía con flujo reducido (250W+reducción del 40%):

$$276 W * 6hs + 165.6 W * 6hs = 2649.6 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 250W)

$$= 3312 Wh - 2649.6 Wh = 662.4 Wh = 0.6624 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 250W)

$$= 0.6624 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.060$$

Ahorro anual (1 luminaria 250W)

$$= \$0.060 * 365 \text{ días} = 21.9 \$/luminarias$$

Ahorro anual (72 luminarias 250W)

$$= 21.9 \$/luminaria * 72 luminarias = \$1576.8$$

Segunda propuesta: Inducción 120 W.

Energía a pleno flujo (250 W VSAP)

$$276W * 12hs = 3312Wh.$$

Energía con flujo reducido (120W inducción)

$$129.6 W * 12 hs = 1555.2 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 120W)

$$= 3312 Wh - 1555.2 Wh = 1756.8 Wh = 1.7568 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 120W)

$$= 1.7568 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.158$$

Ahorro anual (1 luminaria 120W)

$$= \$0.158 * 365 \text{ días} = 57.67 \$/luminaria$$

Ahorro anual (72 luminaria 120W)

$$= 57.67 \$/luminaria * 72 luminarias = \$4152.24$$

Tercera propuesta: LED 112 W.

Energía a pleno flujo (250 W VSAP)

$$276W * 12hs = 3312Wh.$$

Energía con flujo reducido (112W LED)

$$120.96 W * 12 hs = 1451.52 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 112W)

$$= 3312 Wh - 1451.52 Wh = 1860.48 Wh = 1.86kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 112W)

$$= 1.86 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.167$$

Ahorro anual (1 luminaria 112W)

$$= \$0.167 * 365 \text{ días} = 60.96\$/luminaria$$

Ahorro anual (72 luminarias 112W)

$$= \$60.96 * 72 \text{ luminarias} = \$4389.12$$

Cuarta propuesta: Inducción 120 W y balastro de doble nivel.

Energía a pleno flujo (250W VSAP)

$$276W * 12hs = 3312Wh.$$

Energía con flujo reducido (120W inducción+ reducción del 30%)

$$129.6 W * 6hs + 90.72 W * 6hs = 1321.92 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 120W)

$$= 3312 Wh - 1321.92 Wh = 1990.08 Wh = 1.99 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 120W)

$$= 1.99 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.179$$

Ahorro anual (1 luminaria 120W)

$$= \$0.179 * 365 \text{ días} = 65.335 \$/luminarias$$

Ahorro anual (72 luminarias 120W)

$$= 65.335 \$/luminaria * 72 \text{ luminarias} = \$4704.12$$

Quinta propuesta: LED 96 W.

Energía a pleno flujo (250 W VSAP)

$$276W * 12hs = 3312Wh.$$

Energía con flujo reducido (96 W LED)

$$103.68 W * 12 hs = 1244.16 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 96W)

$$= 3312 Wh - 1244.16 Wh = 2067.84 Wh = 2.07kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 112W)

$$= 2.07 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.186$$

Ahorro anual (1 luminaria 96W)

$$= \$0.186 * 365 \text{ días} = 67.89\$/luminaria$$

Ahorro anual (72 luminarias 96W)

$$= \$67.89 * 72 \text{ luminarias} = \$4888.08$$

Avenida Perimetral.

Actual: VSAP 400 W y balastro de doble nivel.

Energía a pleno flujo (400W)

$$435W * 12hs = 5220Wh.$$

Energía con flujo reducido (400W+ reducción del 40%)

$$435 W * 6hs + 261 W * 6hs = 4176 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 400W)

$$= 5220 \text{ Wh} - 4176 \text{ Wh} = 1044 \text{ Wh} = 1.0441 \text{ kWh.}$$

Ahorro por día (1 luminaria 400W)

$$= 1.0441 \text{ kWh.} * 0.09 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$0.094$$

Ahorro anual (1 luminaria 400W)

$$= \$0.094 * 365 \text{ días} = 34.31 \text{ \$/luminarias}$$

Ahorro anual (658 luminarias 400W)

$$= 34.31 \text{ \$/luminaria} * 658 \text{ luminarias} = \$22575.98$$

Actual: VSAP 250 W y balastro de doble nivel.

Energía a pleno flujo (250W)

$$276 \text{ W} * 12 \text{ hs} = 3312 \text{ Wh.}$$

Energía con flujo reducido (250W+reducción del 40%)

$$276 \text{ W} * 6 \text{ hs} + 165.6 \text{ W} * 6 \text{ hs} = 2649.6 \text{ Wh}$$

Ahorro por día (1 luminaria 250W)

$$= 3312 \text{ Wh} - 2649.6 \text{ Wh} = 662.4 \text{ Wh} = 0.6624 \text{ kWh.}$$

Ahorro por día (1 luminaria 250W)

$$= 0.6624 \text{ kWh.} * 0.09 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$0.060$$

Ahorro anual (1 luminaria 250W)

$$= \$0.060 * 365 \text{ días} = 21.9 \text{ \$/luminarias}$$

Ahorro anual (186 luminarias 250W)

$$= 21.9 \$/luminaria * 186 luminarias = \$4073.4$$

Ahorro anual total

$$= \$22575.98 + \$4073.4 = \$26649.38$$

Primera propuesta: Inducción 200 W y 120 W.

Energía a pleno flujo (200W Inducción)

$$216W * 12hs = 2592Wh.$$

Energía con flujo reducido (400W VSAP + reducción del 40%)

$$435 W * 6hs + 261 W * 6hs = 4176 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 200W)

$$= 4176 Wh - 2592 Wh = 1584 Wh = 1.584 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 200W)

$$= 1.584 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.143$$

Ahorro anual (1 luminaria 200W)

$$= \$0.143 * 365 días = 52.2 \$/luminarias$$

Ahorro anual (658 luminarias 200W)

$$= 52.2 \$/luminaria * 658 luminarias = \$34347.6$$

Energía a pleno flujo (120W Inducción)

$$129.6W * 12hs = 1555.2Wh.$$

Energía con flujo reducido (250W VSAP + reducción del 40%)

$$276 W * 6hs + 165.6 W * 6hs = 2649.6 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 120W)

$$= 2649.6 Wh - 1555.2 Wh = 1094.4Wh = 1.0944 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 120W)

$$= 1.0944 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.098$$

Ahorro anual (1 luminaria 120W)

$$= \$0.098 * 365 \text{ días} = 35.77 \$/luminarias$$

Ahorro anual (186 luminarias 120W)

$$= 35.77 \$/luminaria * 186 luminarias = \$6653.22$$

Ahorro anual total

$$= \$34347.6 + \$6653.22 = \$41000.82$$

Segunda propuesta: LED 192 W y 112 W.

Energía a pleno flujo (192W LED)

$$207.36W * 12hs = 2488.32Wh.$$

Energía con flujo reducido (400W VSAP + reducción del 40%)

$$435 W * 6hs + 261 W * 6hs = 4176 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 192W)

$$= 4176 Wh - 2488.32 Wh = 1687.68 Wh = 1.688 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 192W)

$$= 1.688 \text{ kWh} * 0.09 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$0.152$$

Ahorro anual (1 luminaria 192W)

$$= \$0.152 * 365 \text{ días} = 55.48 \text{ \$/luminarias}$$

Ahorro anual (658 luminarias 192W)

$$= 55.48 \text{ \$/luminaria} * 658 \text{ luminarias} = \$36505.84$$

Energía a pleno flujo (112W LED)

$$120.98 \text{ W} * 12 \text{ hs} = 1451.52 \text{ Wh.}$$

Energía con flujo reducido (250W VSAP +reducción del 40%)

$$276 \text{ W} * 6 \text{ hs} + 165.6 \text{ W} * 6 \text{ hs} = 2649.6 \text{ Wh}$$

Ahorro por día (1 luminaria 112W)

$$= 2649.6 \text{ Wh} - 1451.52 \text{ Wh} = 1198.08 \text{ Wh} = 1.198 \text{ kWh}$$

Ahorro por día (1 luminaria 112W)

$$= 1.198 \text{ kWh} * 0.09 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$0.108$$

Ahorro anual (1 luminaria 112W)

$$= \$0.108 * 365 \text{ días} = 39.42 \text{ \$/luminarias}$$

Ahorro anual (186 luminarias 112W)

$$= 39.42 \text{ \$/luminaria} * 186 \text{ luminarias} = \$7332.12$$

Ahorro anual total

$$= \$36505.84 + \$7332.12 = \$43837.96$$

Tercera propuesta: LED 192 W y 96 W.

Energía a pleno flujo (192W LED)

$$207.36W * 12hs = 2488.32Wh.$$

Energía con flujo reducido (400W VSAP + reducción del 40%)

$$435 W * 6hs + 261 W * 6hs = 4176 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 192W)

$$= 4176 Wh - 2488.32 Wh = 1687.68 Wh = 1.688 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 192W)

$$= 1.688 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.152$$

Ahorro anual (1 luminaria 192W)

$$= \$0.152 * 365 \text{ días} = 55.48 \$/\text{luminarias}$$

Ahorro anual (658 luminarias 192W)

$$= 55.48 \$/\text{luminaria} * 658 \text{ luminarias} = \$36505.84$$

Energía a pleno flujo (96W LED)

$$103.68W * 12hs = 1244.16Wh.$$

Energía con flujo reducido (250W VSAP+reducción del 40%)

$$276 W * 6hs + 165.6 W * 6hs = 2649.6 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 96W)

$$= 2649.6 Wh - 1244.16 Wh = 1405.44Wh = 1.405kWh$$

Ahorro por día (1 luminaria 96W)

$$= 1.405 \text{ kWh} \cdot 0.09 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$0.126$$

Ahorro anual (1 luminaria 96W)

$$= \$0.126 \cdot 365 \text{ días} = 46 \text{ \$/luminarias}$$

Ahorro anual (186 luminarias 96W)

$$= 46 \text{ \$/luminaria} \cdot 186 \text{ luminarias} = \$8556$$

Ahorro anual total

$$= \$36505.84 + \$8556 = \$45061.84$$

Mi Lote, etapas 1 y 2A.

Primera propuesta: VSAP 400 W y balastro de doble nivel.

Energía a pleno flujo (400W)

$$435 \text{ W} \cdot 12 \text{ hs} = 5220 \text{ Wh}.$$

Energía con flujo reducido (400W+ reducción del 40%)

$$435 \text{ W} \cdot 6 \text{ hs} + 261 \text{ W} \cdot 6 \text{ hs} = 4176 \text{ Wh}$$

Ahorro por día (1 luminaria 400W)

$$= 5220 \text{ Wh} - 4176 \text{ Wh} = 1044 \text{ Wh} = 1.0441 \text{ kWh}.$$

Ahorro por día (1 luminaria 400W)

$$= 1.0441 \text{ kWh} \cdot 0.09 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$0.094$$

Ahorro anual (1 luminaria 400W)

$$= \$0.094 * 365 \text{ días} = 34.31 \text{ \$/luminarias}$$

Ahorro anual (117 luminarias 400W)

$$= 34.31 \text{ \$/luminaria} * 117 \text{ luminarias} = \$4014.27$$

Segunda propuesta: Inducción 200 W.

Energía a pleno flujo (400W VSAP)

$$435W * 12hs = 5220Wh.$$

Energía a pleno flujo (200W Inducción)

$$261 W * 12hs = 2592Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 200W)

$$= 5220 Wh - 2592 Wh = 2628 Wh = 2.628 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 200W)

$$= 2.628 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.237$$

Ahorro anual (1 luminaria 200W)

$$= \$0.237 * 365 \text{ días} = 86.505 \text{ \$/luminarias}$$

Ahorro anual (117 luminarias 200W)

$$= 86.505 \text{ \$/luminaria} * 117 \text{ luminarias} = \$10121.09$$

Tercera propuesta: LED 192 W.

Energía a pleno flujo (400W VSAP)

$$435W * 12hs = 5220Wh.$$

Energía a pleno flujo (192W Led)

$$207.36W * 12hs = 2488.32Wh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 192W)

$$= 5220 Wh - 2488.32 Wh = 2731.68Wh = 2.731 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 192W)

$$= 2.73168 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.246$$

Ahorro anual (1 luminaria 192W)

$$= \$0.246 * 365 \text{ días} = 89.79 \$/\text{luminarias}$$

Ahorro anual (117 luminarias 192W)

$$= 89.79 \$/\text{luminaria} * 117 \text{ luminarias} = \$10505.43$$

Cuarta propuesta: Inducción 200 W y balastro de doble nivel.

Energía a pleno flujo (400W VSAP)

$$435W * 12hs = 5220Wh.$$

Energía con flujo reducido (200W inducción+ reducción del 30%)

$$216 W * 6hs + 151.2 W * 6hs = 2203.2 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 200W)

$$= 5220 Wh - 2203.2 Wh = 3016.8Wh = 3.0168 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 200W)

$$= 3.0168 \text{ kWh} * 0.09 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$0.272$$

Ahorro anual (1 luminaria 200W)

$$= \$0.272 * 365 \text{ días} = 99.28 \$/\text{luminarias}$$

Ahorro anual (117 luminarias 200W)

$$= 99.28 \$/\text{luminaria} * 117 \text{luminarias} = \$11615.76$$

Parque en Cdla. Mirador del Norte Mzs. 41 – 50.

Primera propuesta: VSAP 150 W (actual) + balastos de doble nivel + apagado de reflectores y apliques (6 hs).

Energía a pleno flujo (150W VSAP):

$$169W * 12hs = 2028Wh.$$

Energía con flujo reducido (150W+reducción del 30%):

$$169 W * 6hs + 118.3 W * 6hs = 1723.8 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 150W)

$$= 2028 Wh - 1723.8 Wh = 304.2 Wh = 0.3042 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 150W)

$$= 0.3042 \text{ kWh} * 0.09 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$0.027$$

Ahorro anual (1 luminaria 150W)

$$= \$0.027 * 365 \text{ días} = 10 \$/\text{luminarias}$$

Ahorro anual (12 luminarias 150W)

$$= 10 \$/luminaria * 12 luminarias = \$120$$

Energía a pleno flujo Reflectores (150W MH):

$$169W * 12hs = 2028Wh.$$

Energía a pleno flujo Reflectores, 6 horas (150W MH):

$$169W * 6hs = 1014Wh.$$

Ahorro por día (1 reflector 150W)

$$= 2028 Wh - 1014 Wh = 1014 Wh = 1.014 kWh.$$

Ahorro por día (1 reflector 150W)

$$= 1.014 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.091$$

Ahorro anual (1 reflector 150W)

$$= \$0.091 * 365 \text{ días} = 33.31 \$/luminarias$$

Ahorro anual (6 reflectores 150W)

$$= 33.31 \$/reflector * 6 reflectores = \$199.86$$

Energía a pleno flujo Apliques (70W MH):

$$81W * 12hs = 972Wh.$$

Energía a pleno flujo Apliques, 6 horas (70W MH):

$$81W * 6hs = 486Wh.$$

Ahorro por día (1 aplique 70W)

$$= 972 Wh - 486 Wh = 486 Wh = 0.486 kWh$$

Ahorro por día (1 aplique 70W)

$$= 0.486 \text{ kWh} * 0.09 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$0.043$$

Ahorro anual (1 aplique 70W)

$$= \$0.043 * 365 \text{ días} = 15.97 \text{ \$/apliques}$$

Ahorro anual (4 apliques 70W)

$$= 15.97 \text{ \$/apliques} * 4 \text{ apliques} = \$63.86$$

Ahorro anual total

$$= \$120 + \$199.86 + \$63.86 = \$383.72$$

Segunda propuesta: Inducción 80W + + balastos de doble nivel + apagado de reflectores y apliques (6 hs).

Energía a pleno flujo (150W VSAP):

$$169W * 12hs = 2028Wh.$$

Energía a pleno flujo (80W Inducción):

$$86.4 W * 12hs = 1036.8 Wh$$

Ahorro por día (1 luminaria 80W)

$$= 2028 Wh - 1036.8Wh = 991.2 Wh = 0.9912 kWh.$$

Ahorro por día (1 luminaria 80W)

$$= 0.9912 \text{ kWh} * 0.09 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$0.089$$

Ahorro anual (1 luminaria 80W)

$$= \$0.089 * 365 \text{ días} = 32.56 \text{ \$/luminarias}$$

Ahorro anual (12 luminarias 80W)

$$= 32.56 \$/luminaria * 12 luminarias = \$390.73$$

Energía a pleno flujo Reflectores (150W MH):

$$169W * 12hs = 2028Wh.$$

Energía a pleno flujo Reflectores, 6 horas (150W MH):

$$169W * 6hs = 1014Wh.$$

Ahorro por día (1 reflector 150W)

$$= 2028 Wh - 1014 Wh = 1014 Wh = 1.014 kWh.$$

Ahorro por día (1 reflector 150W)

$$= 1.014 kWh * 0.09 \frac{\$}{kWh} = \$0.091$$

Ahorro anual (1 reflector 150W)

$$= \$0.091 * 365 \text{ días} = 33.31 \$/luminarias$$

Ahorro anual (6 reflectores 150W)

$$= 33.31 \$/reflector * 6 reflectores = \$199.86$$

Energía a pleno flujo Apliques (70W MH):

$$81W * 12hs = 972Wh.$$

Energía a pleno flujo Apliques, 6 horas (70W MH):

$$81W * 6hs = 486Wh.$$

Ahorro por día (1 aplique 70W)

$$= 972 Wh - 486 Wh = 486 Wh = 0.486 kWh$$

Ahorro por día (1 aplique 70W)

$$= 0.486 \text{ kWh} \cdot 0.09 \frac{\$}{\text{kWh}} = \$0.043$$

Ahorro anual (1 aplique 70W)

$$= \$0.043 \cdot 365 \text{ días} = 15.97 \text{ \$/apliques}$$

Ahorro anual (4 apliques 70W)

$$= 15.97 \text{ \$/apliques} \cdot 4 \text{ apliques} = \$63.86$$

Ahorro anual total

$$= \$390.73 + \$199.86 + \$63.86 = \$654.45$$

EMISIONES DE CO₂ EVITADAS

| Calle Los Ríos | | | | | | |
|--|----------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---|---|
| Opción | | Ahorro de luminaria por día (kWh) | Cantidad de luminarias | Emisión de CO ₂ (Kg/kWh) | Emisión de CO ₂ evitado (kg por día) | Emisión CO ₂ evitado (ton por año) |
| 1 | | 0,662 | 72 | 0,56 | 26,64 | 9,724 |
| 2 | | 1,758 | 72 | 0,56 | 70,56 | 25,754 |
| 3 | | 1,860 | 72 | 0,56 | 74,88 | 27,331 |
| 4 | | 1,990 | 72 | 0,56 | 79,92 | 29,171 |
| 5 | | 2,070 | 72 | 0,56 | 83,52 | 30,485 |
| Avenida Perimetral | | | | | | |
| Opción | W | | | | | |
| 1 | 200 | 1,584 | 658 | 0,56 | 585,62 | 213,75 |
| | 120 | 1,094 | 186 | 0,56 | 113,46 | 41,41 |
| Ahorro total | | | | | 699,08 | 255,16 |
| 2 | 192 | 1,688 | 658 | 0,56 | 625,10 | 228,16 |
| | 112 | 1,198 | 186 | 0,56 | 124,62 | 45,49 |
| Ahorro total | | | | | 749,72 | 273,65 |
| 3 | 192 | 1,688 | 658 | 0,56 | 625,10 | 228,16 |
| | 96 | 1,405 | 186 | 0,56 | 146,94 | 53,63 |
| Ahorro total | | | | | 772,04 | 281,79 |
| Mi Lote, etapas 1 y 2A | | | | | | |
| 1 | | 1,044 | 117 | 0,56 | 67,86 | 24,768 |
| 2 | | 2,628 | 117 | 0,56 | 171,99 | 62,776 |
| 3 | | 2,731 | 117 | 0,56 | 179,01 | 65,339 |
| 4 | | 3,017 | 117 | 0,56 | 197,73 | 72,171 |
| Parque en Cdla. Mirador del Norte | | | | | | |
| Opción | W | | | | | |
| 1 | 150 | 0,3042 | 12 | 0,56 | 2,04 | 0,745 |
| | 150 | 1,014 | 6 | 0,56 | 3,42 | 1,248 |
| | 70 | 0,486 | 4 | 0,56 | 1,08 | 0,394 |
| Ahorro total | | | | | 6,54 | 2,387 |
| 2 | 80 | 0,9912 | 12 | 0,56 | 6,72 | 2,452 |
| | 150 | 1,014 | 6 | 0,56 | 3,42 | 1,248 |
| | 70 | 0,486 | 4 | 0,56 | 1,08 | 0,394 |
| Ahorro total | | | | | 11,22 | 4,094 |

Emisión de CO_2 (Kg por día)

$$= \text{Ahorro de luminaria por día (kWh)} * \# \text{ de luminarias} * \text{factor de emisión de } CO_2 \left(\frac{Kg}{kWh} \right)$$

Emisión de CO_2 (ton por año)

$$= \text{Emisión de } CO_2 \text{ (Kg por día)} * 365 \text{ días} * \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ Kg}}$$

BIBLIOGRAFÍA

- [1] IEEE, IEEE Std 739-1995 Recommended Practice for Energy Management in Industrial and Commercial Facilities, New York, Estados Unidos, 1996.
- [2] PHILIPS, Manual de Alumbrado, PARANINFO S.A., Madrid, España, 1976.
- [3] CEI, CIE 115:2010, Iluminación de calzadas para tráfico de motor y peatones, Francia, 2010.
- [4] CONELEC, Regulación N° CONELEC 008/11, Quito, Ecuador, 2011.
- [5] CONELEC, Folleto Resumen Multianual de la Estadística del Sector Eléctrico Ecuatoriano, Quito, Ecuador, 2011.
- [6] ENERGREENCOL, Alumbrado público por LEDs, Colombia, 2010.

- [7] AUTORIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE PUERTO RICO, Manual de Normas de Alumbrado Público, HRP Studio, Carolina PR, San Juan, Puerto Rico, 2001.
- [8] RODRÍGUEZ, M., MDL y bonos verdes como instrumento para la financiación de proyectos hidroeléctricos, Tucumán, México, 1995.
- [9] CENACE, CONELEC, MAE, MEER, Factor de emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador al año 2011, Quito, Ecuador, 2001.
- [10] INSTITUTO DE FÍSICA DE CANTABRIA, Campaña cielo oscuro en Cantabria, Cantabria, España, 2001.
- [11] VACA, A., Propuesta de un método para la determinación y repartición de costos por servicio de alumbrado público, Quito, Ecuador, 2011.
- [12] PIRAINO, E., Sobre la Eficiencia Energética en Iluminación Pública, Valparaíso, Chile, 2008.
- [13] ROURA, D., Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público, Malleu, España, 2009.
- [14] PRESSEUROP, Los iluminados de Europa, [en línea], España, 4 de marzo de 2011. Disponible en la Web: <http://presseurop.edu/es>.