

Conservación y Administración de la Energía Eléctrica en el Sector de Alumbrado Público de Guayaquil

María Fernanda Quichimbo Calderón ⁽¹⁾ Pedro Saúl Ulloa Bambino ⁽²⁾ Víctor Hugo Pacheco Gavilanes ⁽³⁾ Cristóbal Mera Gencon, Ph.D. ⁽⁴⁾

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación ⁽¹⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

mafequic@espol.edu.ec ⁽¹⁾ psulloa@espol.edu.ec ⁽²⁾ vpacheco@espol.edu.ec ⁽³⁾ cmera@espol.edu.ec ⁽⁴⁾

Resumen

El presente informe cubre aspectos generales del alumbrado público, como son los sectores en los que se lo utiliza, los distintos tipos de lámparas existentes con un análisis comparativo entre ellas, 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 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 debido a las emisiones de CO₂ que se producen por las centrales térmicas. Para reducir el consumo eléctrico y dichas emisiones, se plantearon varias opciones o alternativas que se podrían implementar en diferentes sectores del alumbrado público en Guayaquil, analizando si es factible invertir en el reemplazo de las luminarias y equipos existentes por otros de nuevas tecnologías.

Palabras Claves: Alumbrado Público, Ahorro energético, Características de lámparas usadas en alumbrado público, contaminación lumínica.

Abstract

This report covers general aspects of street lighting, as are the sectors in which it is used, the different types of existing lamps including a comparative analysis is performed in detail the evolution of energy consumption in each of other sectors of Ecuador as residential, commercial and industrial, and thus get an idea of the difference in levels of consumption of each sector. We have identified several problems with the lighting of the city as poor maintenance on lamps causing emission reduction lumens and in other cases the choice of bad distribution or causing excessive lighting luminaires also known as light pollution. It shall carry out the calculations and tests for savings in both energy consumption and economic, thus also avoiding polluting the environment due to CO₂ emissions are produced in thermal power stations. To reduce power consumption and the emissions were raised several options or alternatives that could be implemented in different sectors of public lighting in Guayaquil, analyzing whether it is feasible to invest in replacing existing luminaires and equipment for other new technologies.

Keywords: Street Lighting, energy saving, Features of lamps used in street lighting, light pollution.

1. Introducción

Hoy en día, contar con una buena distribución o disposición de las luminarias es una condición necesaria pero no suficiente para lograr 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 el alumbrado público tenga una buena disposición de luminarias y se implemente lámparas y equipos más eficientes que cumplan con los requerimientos necesarios de alumbrado.

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).

2. Diagnóstico del Sector.

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

Tomando los datos estadísticos del CONELEC que obtuvo la información de todas las Empresas Eléctricas durante un periodo de 12 años desde 1999 al 2010, se observa cómo ha evolucionado el consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores, como se muestra a continuación:

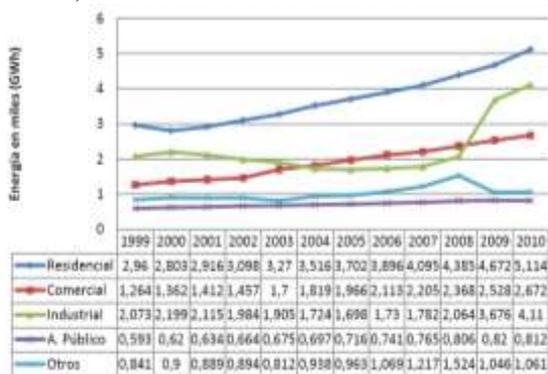


Figura 1. Consumo de energía eléctrica en el Ecuador 1999-2010 [miles de GWh]

Con estos datos se determinó el porcentaje de consumo del Alumbrado Público en estos años, que se muestra en la tabla 1:

Tabla 1. Porcentajes de consumo energético de los distintos sectores eléctricos.

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	7.06	11.16
2002	38.26	17.90	24.50	8.20	11.04
2003	39.11	20.33	22.78	8.07	9.71
2004	40.45	20.92	19.63	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	26.85	6.44	8.21
2010	37.14	19.40	29.85	5.00	7.71

Como se observa el consumo del Alumbrado Público se ha mantenido de manera constante en porcentaje con respecto a la demanda total de energía en el Ecuador, sin embargo en los últimos años su demanda ha disminuido debido al reemplazo de lámparas menos eficientes como lo son las de vapor de mercurio por las de vapor de sodio de alta presión las cuales son más eficientes.

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

Luminarias de Vapor de Sodio por potencia

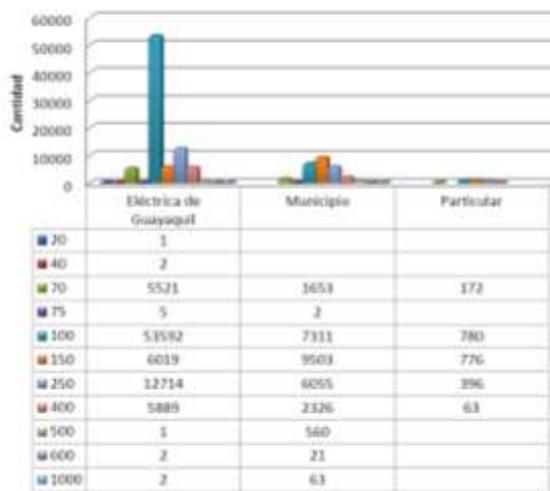


Figura 2. Número de luminarias de vapor de sodio por potencia [W] en la ciudad de Guayaquil.

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 de la 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.

3. Equipos y Análisis comparativo de las distintas lámparas utilizadas en los distintos sectores del alumbrado público

3.1 Balastos.

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

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.



Figura3. Balastro electrónico.

Tabla 2. Pérdida en los balastos.

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

3.2 Fotoceldas

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 los valores de megohmios cuando no está a oscuras.



Figura 4. Fotocelda usada en alumbrado público

3.3. Análisis comparativo entre las distintas lámparas.

Este análisis toma 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.

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:

Tabla 3. Eficacia y el flujo luminoso de las distintas lámparas con su respectiva potencia

Tipo de Lámpara	Potencia (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficacia (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	69,58
LED	90	6750	75,00
Inducción	100	10000	100
Inducción	150	14000	93,33

Las lámparas que tienen una mayor eficacia luminosa son las de vapor de sodio de baja presión y alta presión, las Leds y las de inducción. Estas en cuanto a lúmenes emitidos por vatio son las más eficaces.

Tabla 4. Comparación de características externas de las lámparas.

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

Los costos de las lámparas dependen de su potencia y diseño así que estos pueden ser muy variados, mientras que para poder hacer una selección más adecuada tomaremos en cuenta la reproducción de colores y vemos que las lámparas de inducción, led y plasma tienen una excelente reproducción de colores, que es la capacidad la lámpara para reproducir los colores del objeto que ilumina.

Tabla 5. Comparación de otras características de las lámparas.

Característica	Inducción	MH	VF	VSAP	LED	Plasma
Vida útil (Horas)	Compactas: 6000 Grandes: 10000	6000-20000	3000-6000	24000	50000	50000
Ahorro de Energía	Excelente	Menor	Menor	Menor	Buena	Excelente
Pérdidas de luminosidad de 2000 horas	5%	40%	40%	30%	50%	10% - 30%
Temperatura	< 80°C	> 300°C	> 300°C	> 350°C	80°C	40° - 50° C
Rendimiento del color	80%	65-70%	40%	60%	80%	60%
Eficiencia Luminosa de Pupila	150 Plm/W	110 - 140 Plm/W	43 Plm/W	90 Plm/W	150 Plm/W	90 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

Una vez comparado y analizado todas las características de las lámparas se eligen las lámparas de vapor de sodio de alta presión, leds e inducción que tienen las mejores cualidades en todos los aspectos analizados.

4. Identificación y formulación del problema

4.1 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

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.

4.2 Mal diseño de instalaciones en el alumbrado público.

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.

4.3 Contaminación Lumínica



Figura 5. Ejemplo de contaminación lumínica en una ciudad.

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



Figura 6. Contaminación debido al tipo de luminaria

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.
- Proyector mal inclinados.
- Utilización de lámparas de vapor de mercurio.

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.

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.

4.4 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).

Existen dos tipos de mantenimientos:

El mantenimiento preventivo que 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 se da 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.

Las acciones tomadas por cada uno de estos mantenimientos se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Acciones realizadas por cada tipo de mantenimiento.

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, fotocontrols 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.

5. Métodos de solución

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

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

5.1 Sustitución de lámparas.

Consiste en el reemplazo de las lámparas de vapor de mercurio por las de vapor de sodio de alta presión y 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.

A continuación se mostrará la equivalencia en lámparas de vapor de sodio de alta presión de las diferentes lámparas utilizadas en la ciudad de Guayaquil.

Tabla 7. Equivalencia en lámparas de vapor de sodio de alta presión de las diferentes lámparas utilizadas

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 150 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

En cuanto a lámparas aun más eficientes tales como las leds e inducción, también tienen su equivalencia en las lámparas de vapor de sodio y se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 8. Equivalencia de las lámparas de vapor de sodio en lámparas leds 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

5.2 Balastros de doble nivel.



Figura 7. Balastro electrónico de doble nivel.

Son balastros 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%.

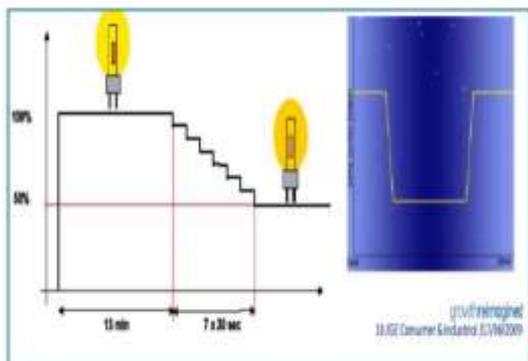


Figura 8. Operación del balastro de doble nivel.

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.

5.3 Regulador - estabilizador.



Figura 9. 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.

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.

5.4 Reloj astronómico.



Figura 10. 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.

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%.

5.5 Paneles solares.



Figura 11. Panel solar.

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.

Son ideales para lugares donde se requiera mucha visibilidad, carreteras, rutas, pero principalmente para zonas rurales, en donde el tendido eléctrico no llega.

7. Cálculo para el ahorro de energía y emisiones de CO2 evitadas.

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.

Pasos a seguir para el cálculo para el ahorro de energía y emisiones de CO2 evitadas.

- 1) Cálculo de la energía a plena flujo.
Potencia de la lámpara * # de horas encendida
- 2) Energía con flujo reducido
 - 2.1) Uso de balastro de doble nivel.
Potencia de la lámpara*# de horas + potencia reducida*# de horas.
 - 2.2) Uso de una lámpara más eficiente.
Potencia de lámpara nueva*# de horas.
- 3) Ahorro por día (kWh/luminaria).
Energía a pleno flujo – energía con flujo reducido.
- 4) Ahorro por día (\$/luminaria)
Ahorro por día (kWh) * tarifa de consumo de energía eléctrica (\$/kWh).
- 5) Ahorro anual (\$/luminaria)
Ahorro por día (\$/luminaria) * 365 días.
- 6) Ahorro anual total.
Ahorro anual (\$/luminaria)* # total de luminarias a cambiar.
- 7) Emisiones de CO2 (Kg por día).
Ahorro de luminaria por día (kWh) * # de luminarias * factor de emisión de CO2 (Kg/kWh)
- 8) Emisión de CO2 (ton por año)
Emisión de CO2 (kg por día) * 365 días * 1/1000 (ton/Kg)

Una vez calculado lo anterior se procede al cálculo de emisiones de CO2 evitadas.

* Factor de emisión de CO₂ considerado es el del diesel que es 0.56 Kg/kWh

8. Resultados.

Se realizó el estudio en la calle Los Ríos con los siguientes datos:

Tabla 9. Datos de 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

Para este estudio se pusieron a prueba 5 propuestas:

- 1) Uso de lámparas de vapor de sodio de alta presión y balastro de doble nivel.
- 2) Uso de lámparas de inducción de 120 W.
- 3) Uso de lámparas Leds de 112 W.
- 4) Uso de lámparas de inducción de 120 W y balastro de doble nivel.
- 5) Uso de lámparas Leds de 96 W.

8.1 Primera propuesta.

Tabla 10. Resultados obtenidos de la propuesta.

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 11. Costo total de la 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

Tabla12. Ahorro energético anual de la 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 CO ₂ evitadas (ton por año)	9,724

8.2 Segunda propuesta.

Tabla13. Resultados obtenidos de la propuesta.

Energía a pleno flujo 250 W VSAP (Wh)	3.312
Energía a pleno flujo 120 W inducción (Wh)	1.565,2
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

Tabla14. Costo total de la 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 15. Ahorro energético anual de la 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 CO ₂ evitadas (ton por año)	25,754
Ingresos por CER (dólares)	\$128,77

8.3 Tercera Propuesta.

Tabla 16. Resultados obtenidos de la propuesta.

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 17. Costo total de la 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 18. Ahorro energético anual de la 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 CO ₂ evitadas (ton por año)	27,331

8.4 Cuarta propuesta.

Tabla 19. Resultados obtenidos de la propuesta.

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 20. Costo total de la 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 21. Ahorro energético anual de la 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 CO ₂ evitadas (ton por año)	29.171
Ingresos por CER (dólares)	\$145,86

8.5 Quinta propuesta.

Tabla 22. Resultados obtenidos de la propuesta.

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 23. Costo total de la 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 24. Ahorro energético anual de la 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 CO ₂ evitadas (ton por año)	30.485
Ingresos por CER (dólares)	\$152,43

9. Conclusiones.

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.

El estudio realizado en la calle Los Ríos dio como resultado que la mejor aplicación para un buen ahorro energético por el momento es el uso de lámparas de vapor de sodio de alta presión con balastos de doble nivel ya que con esto se brinda un buen servicio de alumbrado, se reduce el consumo de energía eléctrica y ayuda a emitir menos cantidad de CO₂ al ambiente.

El uso de las lámparas más eficientes como las lámparas Leds e inducción dio mejores resultados dando mayor ahorro energético, menor consumo pero su desventaja es su elevado costo, ya que se tendría invertir mucho dinero y su tiempo de recuperación es muy alto por lo que por ahora no son una buena opción.

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.

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.

Se recomienda el uso de controles automatizados como reloj astronómico y sistema de control por PLC, obteniendo un ahorro tanto económico como energético.

10. Agradecimientos.

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.

11. Referencias.

- [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] PRESSEUROPE, Los iluminados de Europa, [en línea], España, 4 de marzo de 2011. Disponible en la Web: <http://presseurop.edu/es>.