



*Colección Académica de
Ciencias Estratégicas*

ISSN-e: 2382-3283

Vol. 3 No. 2

Julio - Diciembre 2016

Reinaldo Andres Nieto Romero

Carlos Arturo Saldarriaga

ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LED EN EL ALUMBRADO PÚBLICO EXISTENTE SOBRE LA CL₃₁ EN LA CIUDAD DE PALMIRA

Recibido: Mayo 14 de 2016

Aceptado: Julio 19 de 2016

Reinaldo Andres Nieto Romero

Ing. Mecatronico, Universidad Autónoma de Occidente

Especialización: Gerencia de proyectos, Universidad Pontificia Bolivariana
Palmira-Colombia. Correo electrónico: andnieto1389@gmail.com

Carlos Arturo Saldarriaga

Administrador de Empresas; Especialista en Gerencia Financiera; Magister en Administración
de Empresas; Docente Unidad de Posgrados; Universidad Pontificia Bolivariana; Sede Palmira;
Colombia; Correo electrónico: carlosarturo.saldarriaga@upb.edu.co





ESTUDIO DE VIABILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA LED EN EL ALUMBRADO PÚBLICO EXISTENTE SOBRE LA CL31 EN LA CIUDAD DE PALMIRA

RESUMEN

Los diodos emisores de luz o tecnología LED, se están utilizando en el área de la iluminación, principalmente en el alumbrado público, debido al desarrollo de nuevos diodos con mayor eficacia lumínica y menor costo de fabricación, los cuales permiten ofrecer luminarias que generan ahorros hasta del 40% de la energía consumida, comparados con la tecnología de alta intensidad de descarga (HID), utilizada actualmente en el alumbrado público. Sin embargo, en nuestro país rige el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público –RETILAP–, el cual es de estricto cumplimiento para los sistemas de iluminación nuevos o remodelados; por tal motivo, al momento de requerir la remodelación del sistema de alumbrado público es necesario contar con estudios previos que permitan verificar su cumplimiento técnico. En ese sentido, el presente artículo contiene la metodología realizada para elegir el tipo de luminaria o fabricante que garantiza el cumplimiento de la normatividad vigente sobre la Calle 31 en la ciudad de Palmira, manteniendo la infraestructura de postes existente. Además, se realiza la evaluación financiera entre las diferentes opciones, a fin de elegir la más conveniente para realizar la implementación. Por lo cual se realizó

un levantamiento de la infraestructura existente, el diseño de iluminación con 3 tipos de luminarias diferentes en tecnología LED, la evaluación financiera de las propuestas con base en el RETILAP y el análisis de retorno de la inversión.

Palabras clave: LED, luminarias, alumbrado público, evaluación financiera, retorno de inversión.

ABSTRACT

The light emitting diodes or LED Technology, it using in the area of lighting, mainly in the street lighting. Because the new developments diodes, with higher luminous efficiencies and lower manufacturing cost, this allows to offer luminaries that generate savings up to 40% of the energy consumed, compared with high intensity discharge technology (HID) currently used in street lighting. However, at present in our country governs the technical regulation of lighting and street lighting – RETILAP- it is strict compliance for new or refurbished lighting system. For this reason when thinking about reshaping the public lighting system, it is necessary to have previous studies that enable verify compliance technically. This article contains the methodology carried out to

Reinaldo Andres Nieto Romero
Ing. Mecatronico, Universidad Autónoma de Occidente; Especialización: Gerencia de proyectos, Universidad Pontificia Bolivariana Palmira-Colombia. Correo electrónico: andnieto1389@gmail.com

Carlos Arturo Saldarriaga
Administrador de Empresas; Especialista en Gerencia Financiera; Magister en Administración de Empresas; Docente Unidad de Posgrados; Universidad Pontificia Bolivariana; Sede Palmira; Colombia; Correo electrónico: carlosarturo.saldarriaga@upb.edu.co



select the luminaire or manufacturer, that guarantees compliance with current regulations on the 31 Street in the city of Palmira with the existing infrastructure, also is carried out a financial evaluation between the different options and so choose the most suitable to implement. It was carried out a survey of existing infrastructure, the lighting design with 3 types of different luminaires in LED technology, the financial evaluation of proposals base on the RETILAP and the analysis of returns on investment.

Keywords: LED, luminaires, street lighting, financial evaluation, return on investment.

INTRODUCCIÓN

La iluminación con tecnología LED ha venido incursionando con fuerza desde hace algunos años en el alumbrado público, esto debido a su alta eficiencia y ahorro energético, ofreciendo un nivel de iluminación óptimo; además, con los recientes acontecimientos ambientales, se hace necesario crear conciencia sobre el ahorro energético, teniendo en cuenta que "Aproximadamente el 17% del consumo de energía eléctrica corresponde a iluminación artificial" (Pacheco, Ramos y Mendoza, 2013). De esta forma se crea un ambiente ideal para la incursión y utilización de esta nueva tecnología.

La Calle 31 es una de las principales vías de la ciudad de Palmira, inicia en la carrera 1 y atraviesa toda la ciudad hasta unirse con la autopista Palmira-Cali. Sobre esta vía se tienen instaladas actualmente luminarias de 150W en tecnología de vapor de sodio.

Esta iluminación, si bien maneja una alta eficacia lumínica, presenta una reproducción de color baja y requiere un alto mantenimiento, pues tienden a fallar constantemente debido a las variaciones en la red eléctrica. Ante esto, se ha empezado a remplazar en distintas ciudades del país por luminarias LED, con igual o mayor eficacia lumínica y un menor consumo de potencia, con lo cual se contrarresta la inversión que conlleva la actualización del sistema de iluminación.

"Entre los argumentos para usar luz blanca está la preferencia de los ciudadanos, algo indiscutible. La gente la prefiere porque está adaptada a la luz diurna que también es una luz blanca. Además, esta permite revalorizar los espacios y, según se postula, aporta una mejor visibilidad de objetos en la conducción, una mejor eficiencia energética y una mayor duración", (Manzano, 2011)

Teniendo en cuenta que la iluminación con tecnología LED apenas se viene adelantando en Palmira y que "con el fin de obtener estos beneficios, el municipio entregó en concesión por 25 años el servicio de alumbrado público a la firma privada Electroingeniería. Esta compañía tiene como meta dotar toda la ciudad con luz LED máximo en cinco años" (Redacción de Palmira Hoy, 2015), se hace necesario evaluar la viabilidad del proyecto antes de desarrollarlo, ya que de esta manera se definen las posibilidades de éxito una vez sea puesto en marcha. Además, por estar vigente y ser de estricto cumplimiento el RETILAP en todo el territorio nacional, es necesario evaluar los requisitos técnicos del proyecto para así poder garantizar el cumplimiento de los requerimientos exigidos.

Desarrollo

Como ya se mencionó, Colombia posee un Reglamento Técnico que es de obligatorio cumplimiento (RETILAP), así que se procede a revisarlo para establecer los requisitos que se deben cumplir en proyectos de iluminación pública. En el capítulo 210.2 "Proceso de Diseño de Iluminación" el RETILAP establece que se debe seguir el siguiente procedimiento:

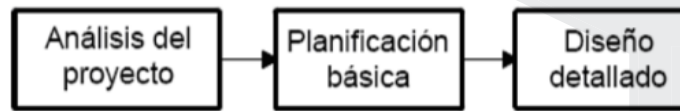


Figura 1. Proceso de diseño de iluminación. Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público, Capítulo 210.2 (2010).

En la primera etapa, que corresponde al análisis del proyecto, se debe recopilar la información para el óptimo desarrollo, teniendo en cuenta las demandas visuales, requisitos de seguridad, nivel de tránsito de vehículos, intereses y limitaciones; de donde se establecen los siguientes resultados:

Demandas visuales: Teniendo en cuenta el POT 2014 aprobado por el municipio de Palmira, el cual mediante el mapa A-3-Sistema vial, estableció como vía colectora la Calle 31, se procede a revisar en la tabla 510.1.1.a las clases de iluminación para vías vehiculares:

Figura 2. Clases de iluminación para vías vehiculares. Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público, Capítulo 510.1.1 (2010).

Clase de Iluminación	Descripción vía	Velocidad de circulación (km/h)		Tránsito de vehículos T (Veh/h)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas.	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y ejes viales.	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100



Los niveles de iluminación se establecen en el reglamento técnico en la tabla 510.3.a-“Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclorutas y andenes adyacentes”, por lo cual los niveles lumínicos que se deben cumplir son

Figura 3: Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclorutas y andenes adyacentes. Fuente: Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público, Capítulo 510.1.1 (2010).

Tipo de vía	Calzadas vehiculares				Ciclo-rutas adyacentes		Relación de alrededores		
	L_{prom} cd/m ²	U_o ≥ %	U_i ≥ %	TI ≤ %	E_{prom} luxes	U_o ≥ %	E_{prom} luxes	U_o ≥ %	Alrededor sin andenes SR %
M1	2,0	40	50	10	20	40	13	33	50
M2	1,5	40	50	10	20	40	10	33	50
M3	1,2	40	50	10	15	40	9	33	50
M4	0,8	40	N.R.	15	10	40	6	33	N.R.
M5	0,6	40	N.R.	15	7.5	40	5	33	N.R.

Demandas emocionales: Teniendo en cuenta que los objetos solo se perciben cuando el contraste con la silueta es mayor al mínimo requerido por el ojo, pero este valor depende del ángulo desde donde se mire y la distribución de la iluminación, se deberá considerar la adaptación del ojo al nivel de iluminación que se busca, para así generar un ambiente seguro para el peatón y el conductor. Debe tenerse en cuenta que la luz blanca generada por las luminarias LED emite una mayor luminosidad, aunque de manera subjetiva; es decir, una interpretación personal del cerebro, mediante las señales enviadas por los conos de la retina en las cuales se interpretan los colores de los objetos, esa misma sensación se percibe al

encontrarse bajo la iluminación del día generada por el sol. Para poder interpretar los colores de los objetos el cerebro aumentará el contraste de las cosas, dando una percepción de mayor iluminación pero de manera subjetiva.

Demandas estéticas: Al igual que en el punto anterior, la luz blanca permite identificar colores, lo cual sirve para realzar la arquitectura del mobiliario urbano, lo cual generara un ambiente más agradable al transitar por esta vía.

Variables energéticas: Teniendo en cuenta el nivel de tensión que se tiene en el circuito de tipo compartido con la red de uso general, manejan una tensión de

240/120, por lo cual se debe verificar que las luminarias permitan ser conectadas a este nivel de tensión.

Restricciones: Teniendo en cuenta que la propuesta es modernizar el sistema de alumbrado actual, se tiene como restricción la ubicación de los postes existentes, por lo cual no se deben instalar apoyos nuevos a no ser que sea estrictamente necesario.

Basado en la restricción de mantener la infraestructura existente, es necesario tener el plano de la vía en estudio. Luego de consultada la base de datos de planos digitales del municipio de Palmira, y tras no encontrarse el plano con los perfiles viales, se procede a realizar un levantamiento del plano de forma sectorizada, identificando los tramos viales que serán objeto de evaluación mediante diseño luminotécnicos.

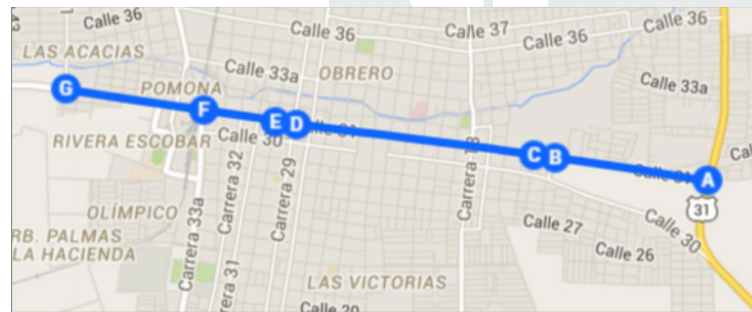


Figura 4: Calle 31 de la ciudad de Palmira y relación de los perfiles viales. Fuente: Ruta diseñada por el autor mediante aplicación Google Maps.

El levantamiento se realizó en la Calle 31 entre la Carrera 1 y la Carrera 41, que corresponde a una intervención de 3.73 Km de vía vehicular aproximadamente, con lo cual se establecen 4 perfiles viales con las siguientes características aproximadas, medidas en terreno:

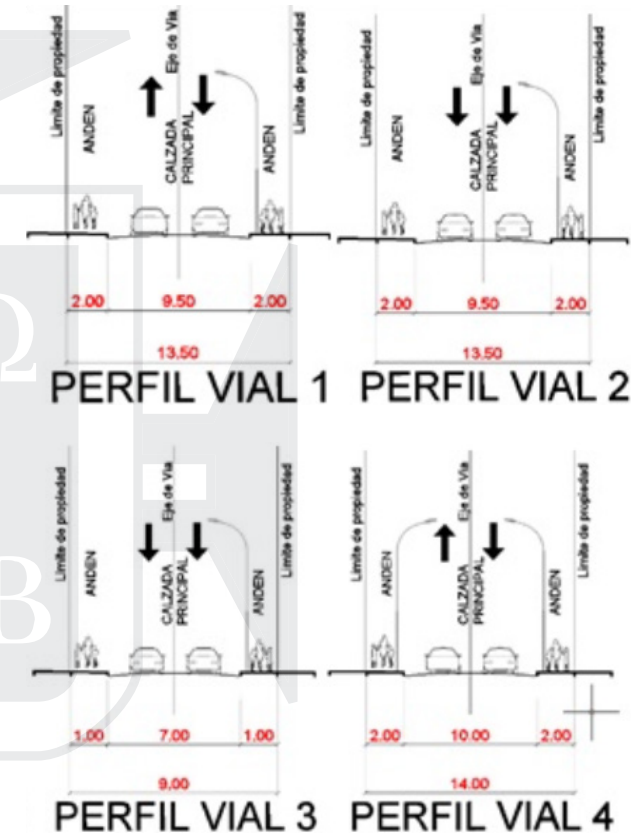


Figura 5: Perfiles viales. Fuente: Imagen realizada por el autor.



Perfil	Dirección del 31	Tipo de vía	Clasificación	Cantidad de luminarias	Interdistancias	Altura postes	Potencia luminaria actual
Vial 1	Cra1- Cra13	R3	M4	24	38	9	150W
Vial 2	Cra 13 - Cra14	R3	M4	4	38	9	150W
Vial 3	Cra 14- Cra33A	R3	M4	47	35	10	150W
Vial 4	Cra 33A-41	R3	M4	36	30	10	150W

Tabla 1. Descripción del sistema de iluminación existente sobre la calle 31 Fuente: Tabla realizada por el autor.

Una vez establecidos los requisitos lumínicos a cumplir y los 4 perfiles viales objeto del estudio lumínico, se procede a realizar los diseños de iluminación para las tres propuestas, de acuerdo a lo exigido en la sección 520 del Reglamento Técnico. La simulación se realizó mediante el software gratuito DIALUX 4.12, con el cual se obtuvieron los siguientes resultados:

VALORES EXIGIDOS							
Lprom	Uo	Ui	TI	Eprom	Eprom/Emin	DPEA	EER
0,8	0,4	0,5	15	12	25	≤0,87	≤0,8

Tabla 2. Valores exigidos por el RETILAP para vías tipo M4. Fuente: Elaboración propia.



	Lprom	Uo	Ui	TI	Eprom m	Eprom/Emin	DPEA	EER	
Perfil vial 1	0,8	0,45	0,71	12	12	0,36	0,241	0,301	CUMPLE
Perfil vial 2	0,8	0,45	0,71	12	12	0,36	0,238	0,298	CUMPLE
Perfil vial 3	0,89	0,61	0,85	8	14	0,43	0,355	0,399	CUMPLE
Perfil vial 4	1,39	0,62	0,94	7	19	0,8	0,207	0,149	CUMPLE

Tabla 3. Propuesta de iluminación N°1-luminaria Teceo2. Fuente: Elaboración propia.

	Lprom	Uo	Ui	TI	Eprom	Eprom/Emin	DPEA	EER	
Perfil vial 1	0,89	0,43	0,56	15	14	0,32	0,260	0,293	CUMPLE
Perfil vial 2	0,89	0,43	0,56	15	14	0,32	0,258	0,290	CUMPLE
Perfil vial 3	0,98	0,52	0,67	10	13	0,35	0,384	0,392	CUMPLE
Perfil vial 4	1,84	0,6	0,86	7	27	0,83	0,273	0,149	CUMPLE

Tabla 3. Propuesta de iluminación N°2-luminaria ERS2. Fuente: Elaboración propia.

	Lprom m	Uo	Ui	TI	Eprom	Eprom/ Emin	DPEA	EER	
Perfil vial 1	0,42	0,35	0,81	6	7	0,3	0,26	0,62	NO CUMPLE
Perfil vial 2	0,42	0,35	0,81	6	7	0,3	0,25	0,61	NO CUMPLE
Perfil vial 3	0,47	0,26	0,2	5	13	0,62	0,38	0,81	NO CUMPLE
Perfil vial 4	0,95	0,49	0,56	7	16	0,7	0,27	0,28	CUMPLE

Tabla 4. Propuesta de iluminación N°3. Fuente: Elaboración propia.



De acuerdo a la formula entregada por el reglamento en el numeral 580.2.3, el factor de mantenimiento se calculó de la siguiente forma:

Dónde:

F_e = De acuerdo a la tabla 580.2.3.e del RETILAP, el factor de ensuciamiento seleccionado es 0.91, para una vía vehicular, con nivel de contaminación II y para una luminaria con cierre de su conjunto óptico totalmente sellado.

F_b = El Driver utilizado posee un factor de potencia de 1

DLB = Es la depreciación del chip LED promedio empleado en la luminarias y se asume de 0.98,

Con los datos anteriores se obtiene un $F_m=0.891$ el cual se aproxima a 0.90 para fines prácticos.

Para el cálculo del DPEA y EER se utilizó la metodología establecida en el numeral 510.6 "Uso racional de la energía en alumbrado público" en el cual se establecen las siguientes ecuaciones:

Luego de analizar los resultados luminotécnicos de las tres propuestas y verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos, se decide realizar la evaluación financiera a partir de las propuestas 1 y 2, ya que la propuesta número 3 no cumplió con los requisitos mínimos, por lo cual se descarta.

Teniendo en cuenta el levantamiento realizado, se establecieron las siguientes cantidades de luminarias en el estudio económico de las dos propuestas seleccionadas.

Propuesta 1			
Perfil vial	Referencia luminaria	Cantidad	Potencia
1	Teceo 2 355512 500mA	75	87
2	Teceo 2 355512 350mA	36	62

Tabla 5. Cantidad, tipo y potencia de las luminarias de la propuesta de iluminación N°1.

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta 2			
Perfil vial	Referencia luminaria	Cantidad	Potencia
1	ERS2 DXBX557	75	94
2	ERS2 DXBX540	36	82

Tabla 6. Cantidad, tipo y potencia de las luminarias de la propuesta de iluminación N°2.

Fuente: Elaboración propia.

Para el estudio económico se contemplaron las siguientes consideraciones:

- Periodos de cambio del chip LED cada 22 años, de acuerdo a la vida útil expresada por los fabricantes.
- Valor de salvamento al finalizar la vida útil de la luminaria igual a cero.
- Tasa de interés efectiva anual de 13%. Reportada en la Resolución CREG 043 de 2013.
- Costo de kWh de \$206,13. De acuerdo a lo establecido en el contrato de suministro de energía MP-AP-01-2014.



- Periodos de funcionamiento de 12 horas de la luminaria durante 365 días del año.
- Análisis financiero para un periodo de 30 años.
- De acuerdo a lo expresado en el esquema de mantenimiento y lo presente en la tabla 580.2.3.e, para vías M4 con nivel de contaminación II, el periodo de limpieza debe ser cada 24 meses.
- Los precios de materiales y mano de obra se adoptaron de los precios avalados por la Gobernación del Valle.

Utilizando la metodología para evaluación de costos establecidas en numeral 610.7 del RETILAP, se obtuvieron los siguientes resultados:

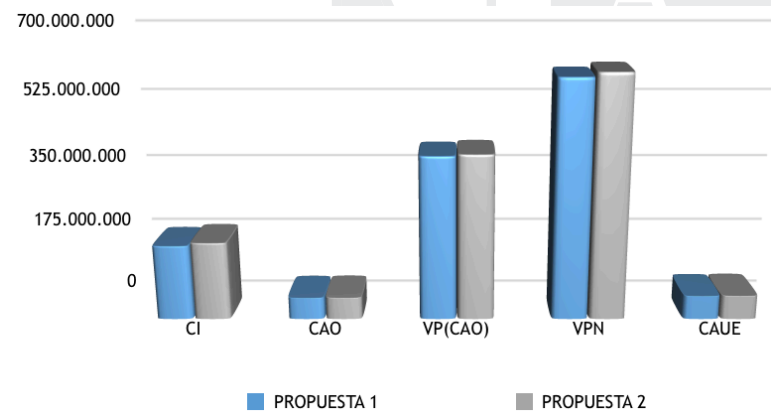


Figura 6. Resultados obtenidos de la evaluación financiera. Fuente: Imagen realizada por el autor.

Luego de analizar los resultados obtenidos, se elige la propuesta N° 1 como ganadora, ya que es la que menor costo anual unificado equivalente presenta, lo

cual se traduce en que se será la propuesta que menos costo tiene a lo largo de la vida útil del proyecto. Una vez conocida la propuesta más económica, se procede a realizar su análisis de retorno de la inversión, teniendo en cuenta el ahorro energético generado con el montaje de la nueva tecnología, en comparación con la tecnología en sodio existente.

Propuesta	Cantidad	Referencia luminaria	P(w)	Carga(w)	Consumo anual kwh
Nueva	75	Tecco 2 500mA	87	6,525	28,580
	36	Tecco 350mA	62	2,232	9,776
Existente	111	150W	169	18,759	82,164

Tabla 7. Consumo eléctrico iluminación LED VS. Sodio existente. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla N°7, con el montaje de las luminarias en tecnología LED se generaría un ahorro de 53% en el consumo de energía eléctrica, el cual se tomará como ingreso al proyecto para la recuperación de la inversión inicial, dichos valores se establecen en el siguiente diagrama de tiempo; evaluando con una vida útil de 15 años las luminarias, de acuerdo a lo establecido en el reglamento:

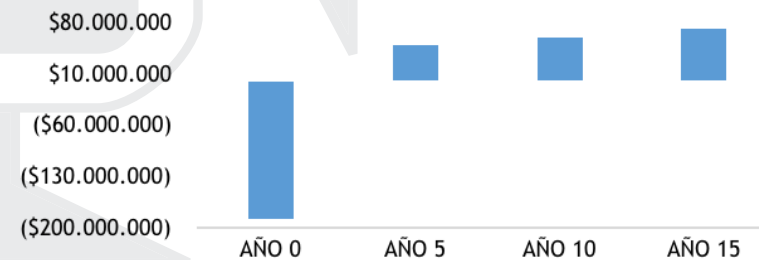


Figura 7. Diagrama de tiempo del proyecto Vida útil 15 años. Fuente: Elaboración propia.



TIR	VP	VPN
-2%	\$140.064.372	-\$48.490.542

Tabla 8. Resultados financieros, vida útil de 15 años.
Fuente: Elaboración propia.

Evaluando la propuesta con la vida útil de 15 años establecida por la normatividad, no se lograría recuperar la inversión. Los flujos de fondos que generará el proyecto debido al ahorro energético no son suficientes para cubrir la inversión inicial, algo que genera este resultado puede ser el alto costo que poseen en el mercado las luminarias LED.

Sin embargo, el RETILAP es un reglamento que entró en vigencia en el año 2010, fecha en la que la tecnología LED apenas estaba incursionando en el ámbito de la iluminación; esto implica que los requisitos, información y datos necesarios para evaluar proyectos con esta tecnología sean mínimos en el reglamento colombiano, lo que evidencia la necesidad de una modificación en el Reglamento Técnico. Ahora bien, teniendo en cuenta que el Reglamento Técnico se encuentra diseñado para el uso de bombillas de alta intensidad de descarga del alumbrado público, es necesario evaluar la vida útil de ambas tecnologías, para establecer un nuevo periodo de evaluación para la TIR. La vida útil de una bombilla en el ámbito de la iluminación, se define como el tiempo de operación o funcionamiento en condiciones normales, hasta que su flujo lumínico llega al 70% de su flujo inicial, de aquí se despliega

una de las ventajas de las luminarias LED frente a las luminarias convencionales: mientras para las luminarias LED el fabricante elegido ofrece 100.000Hr de vida útil, para las bombillas HID en el mejor de los casos se ofrecen 24.000Hr lo que corresponde al 24%.

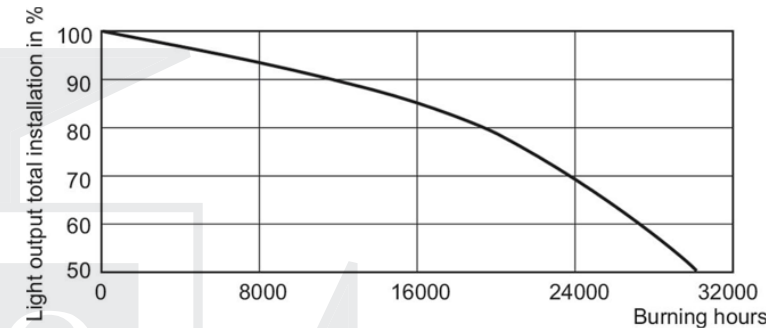


Figura 8: Curva de vida útil bombillas PIA PLUS.
Fuente: <http://www.lighting.philips.com/main/prof/lamps/high-intensity-discharge-lamps>.

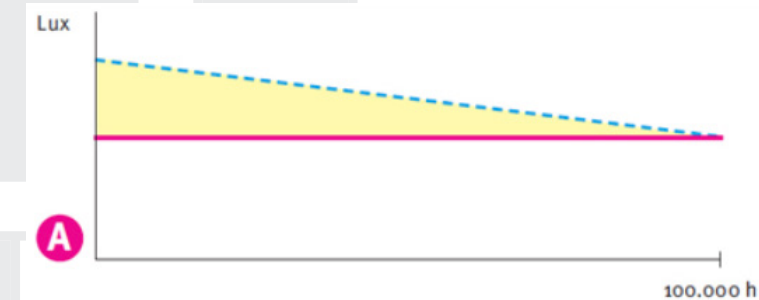


Figura 9: Curva vida útil luminarias TECEO.
Fuente: <http://www.schreder.com/cos-es/Centro-Formacion/Esencial-Alumbrado/Pages/default.aspx>



La mayor vida útil de las luminarias LED, se debe a características propias de la tecnología, como no tener filamentos necesarios para la emisión de luz, la resistencia a las vibraciones de los chip LED y no necesitar gases para su funcionamiento; sin embargo, se encuentra sujeta a una buena disipación de calor, la cual se debe evaluar el momento de diseñar la luminaria, para obtener los mejores resultados. Una vez analizada la vida útil de las luminarias LED y teniendo en cuenta la debilidad del reglamento frente a esta tecnología, se abre la posibilidad de realizar una nueva evaluación de la TIR, teniendo en cuenta la vida útil de 100 horas ofrecida por el fabricante de la luminaria.

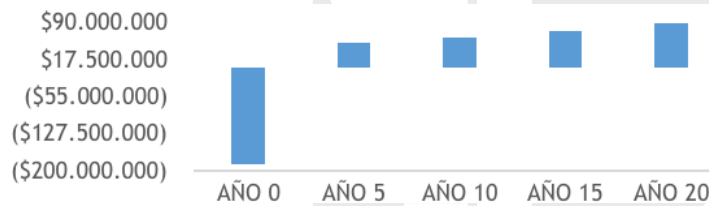


Figura 10: Diagrama de tiempo del proyecto Vida útil 22 años. Fuente: Elaboración propia.

TIR	VP	VPN
14%	\$194.089.151	\$5.534.237

Tabla 9. Resultados financieros Vida útil 22 años. Fuente: Elaboración propia.

Al evaluar el proyecto con una vida de 100Hr para las luminarias, lo que equivale a 22.8 años de funcionamiento, se logra la viabilidad del proyecto, generando la recuperación de la inversión al finalizar el año 16 y al finalizar el año 20 un TIR de 14%.

Conclusiones

El proyecto es viable, al realizar la evaluación financiera con la vida útil de las luminarias que ofrece el fabricante, permitiendo el retorno de la inversión en el año 16 y generando una TIR de 14% al finalizar la vida útil de 22 años. Dicho retorno está basado en el ahorro energético obtenido tras el cambio de las luminarias existentes en sodio por luminarias nuevas en tecnología LED, garantizando también el cumplimiento de los requisitos técnicos exigidos. La tecnología LED no se encuentra completamente reglamentada en nuestro país, lo que genera deficiencia de información del reglamento frente a esta nueva tecnología, por lo cual se hace necesario realizar una modificación en el Reglamento Técnico-RETILAP para que se incluyan las nuevas tecnologías y sus beneficios. Teniendo en cuenta que en nuestro país existe el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público-RETILAP, los requisitos que establece dicho reglamento se deben cumplir estrictamente. Con los resultados obtenidos en el diseño de iluminación realizado, se verifica que dos de las tres propuestas cumplen con dichos requisitos. La ventaja principal de la tecnología LED es la eficiencia lumínica que maneja, la cual se traduce en ahorro energético, puesto que se genera el nivel de iluminación necesario con una potencia menor en cada luminaria; sin embargo, su alto costo inicial genera que el retorno de inversión sea a largo plazo, y se deba analizar minuciosamente cada proyecto para verificar su viabilidad. Es viable realizar la implementación de luminarias LED



manteniendo la infraestructura existente, esto debido a que las diferentes opciones fotométricas y variedad en potencia de las luminarias, permitieron elegir la mejor opción, garantizando el cumplimiento de la normatividad. La iluminación con luz blanca traerá beneficios a la comunidad, puesto que el alto brillo de los LED y su tonalidad, que se ubica dentro de los rangos azules, genera una percepción de seguridad para los usuarios y mayor confort visual para los peatones. El ahorro energético generado por cambiar las luminarias existentes es de 53%. Teniendo en cuenta el contexto en que se encuentra el país actualmente, y la solicitud por parte del Gobierno Nacional en el ahorro de energía eléctrica, la implementación del proyecto estaría en Pro de lo solicitado.

Referencias Bibliográficas

Alcaldía Municipal Palmira. (2014). Acuerdo N°28 modificación Plan de ordenamiento territorial del municipio de Palmira. Recuperado de: <http://www.palmira.gov.co/attachments/article/841/Acuerdo%20028%202014%2002%2006%20Modifica%20normas%20urbanisticas%20POT.pdf>

Alcaldía municipal Palmira. (2013). Mapa A3-Sistema vial. Recuperado de: <http://www.palmira.gov.co/pot/Acuerdo%20N%20028%20%202014/CARTOGRAFIA/PDF/A3-SISTEMA%20VIAL.pdf>

Andina de Iluminaciones [ANDILUM] (2015) ANDILED Recuperado de: <http://andilum.com/categories/alumbrado-publico/itemlist/category/9-luminaria-led>

Altuve, J. (2004) (Ed). El uso del valor actual neto y la tasa

interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión. Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17341/1/articulo1.pdf>

Arrow, I. (2008). (Ed). LEDs y tecnología de drivers de LEDs. Recuperado de: <http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/742/762/764/4470.pdf>

Corella, J. (2010). Guía metodología para el desarrollo de diseños de iluminación de vías públicas. Recuperado de http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb2010/pb2010_006.pdf

Diewald, W. (2015). (Ed). Nuevas posibilidades de iluminación con LED. Recuperado de <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/15/10/a10.pdf>

Farras J. (2013) Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo .Tomo 2 iluminación Recuperado de: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/46.pdf>

Fira. (1993). Evaluación económica de proyectos de inversión. Recuperado de: http://www.fira.gob.mx/Nd/BF3_EVALUACION_ECONOMICA_DE_PROYECTOS_DE_INVERSION.pdf

General Electric [ge lighting]. (2015). GE Evolve Scalable Cobrahead. Recuperado de: <http://www.gelighting.com/LightingWeb/la/south/productos/iluminacionexterior/carreteras/evolve-led-specification-grade-scalable-cobrahead.jsp>

Lediagroup. (2013). Vida útil de una lámpara LED, ¿Qué es y cómo se calcula? Recuperado de: <http://lediagroup.com/tecnologia-led/vida-util-de-una-lampara-de-led-que-es-y-como-se-calcula/>



*Colección Académica de
Ciencias Estratégicas*

ISSN-e: 2382-3283
Vol. 3 No. 2
Julio - Diciembre 2016



Manzano, E. (2011). Es tiempo de cambiar el alumbrado público a LED. Recuperado de: <http://www.investigacion.unal.edu.co/index.php/noticias-ctei/1140-%C2%BFes-tiempo-de-cambiar-el-alumbrado-p%C3%BAblico-a-led>

Ministerio de minas y energía. (2010). Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público.

Ministerio de minas y energía. (2013). Resolución 043 de 2013. Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac>.

