

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

Miguel Andres Rincón Espitia

Propuesta de un modelo de negocio de iluminación para el uso eficiente y sostenible de la
energía

Trabajo de Grado

Bogotá, Colombia

2014

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

Miguel Andres Rincón Espitia

Propuesta de un modelo de negocio de iluminación para el uso eficiente y sostenible de la
energía

Trabajo de Grado

Bogotá, Colombia

2014

Dedicatoria

Mahatma Gandhi dijo en una ocasión: “Sé el cambio que quieras ver en el mundo”

Este trabajo está dedicado a aquellas personas que se atreven a buscar un mundo mejor.

Agradecimientos

Agradezco a la profesora Clara Inés Pardo quien fue mi tutora del presente trabajo por su apoyo a lo largo del proyecto; su experticia en el campo fundamento mis ideas para formar lo que aquí se consigna. También agradezco a mi familia quienes fueron mi motivación y fieles compañeros en esta travesía.

Tabla de contenido

Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
Glosario.....	IX
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Estado situacional energético en Colombia	4
2.2 Legislación energética en Colombia	6
2.3 Modelos de iluminación aplicada.....	7
2.4 Iluminación.....	8
2.4.1 Iluminación Eficiente	9
2.5 Descripción del proyecto “Ahorrar dinero con una iluminación mejor”	10
CAPITULO 3. METODOLOGÍA	14
CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1 Evaluación de la eficiencia del Sistema de Iluminación	17
Carcasa.....	17
Bombilla	18
4.2 Parámetros de iluminación según RETILAP.....	19
4.3 Sistema de sensores de presencia y compensación con la luz natural.....	20
4.4 Mantenimiento.....	21
4.5 Comparativo de tecnologías por Productos.....	22
4.5.1. Tubos Fluorescentes	22
4.5.2 Luminaria tipo Bala y Bombillos Compactos (2 y 4 Pines)	27
4.5.3 Bombillas Halógenas u Ojos de Buey	45
4.5.4 Luminarias con tubos Fluorescentes (Planas)	50
4.5 Índice de Eficiencia Energética.....	58
4.6 Procedimiento para llevar a cabo la realización de un proyecto de iluminación eficiente .	59
CAPITULO 5. CONCLUSIONES	61
Bibliografía	63

Lista de Tablas

Tabla 1: Resumen de la metodología.....	15
Tabla 2: Comparativo entre Tubo Fluorescente y Tubo LED	23
Tabla 3: Comparativo entre Iris - Down light CFL-Ni 2xPL-T 32W /2xPL-T 42W y Bala Greenspace LED BBS 181 / 182	31
Tabla 4: Comparación entre Aura - Down light CFL-Ni - 2xPL-C13W / 2xPL-C26W y Greenspace LED BBS180 / 181	36
Tabla 5: Comparativo entre Firenze - Down light HID -MHN -TD o CDM - TD y Greenspace LED BBS 182	41
Tabla 6: Comparativo entre Bombilla halógena y LED / GU 5.3 y 10	46
Tabla 7: Comparativo entre TBS/TCS066 - 4X17W TL8 - TBS165 - 4XTL5 y Smart Panel LED - RC160V	51
Tabla 8: Resumen de productos LED	56

Lista de Figuras

Figura 1: Tendencias del PIB y la demanda energética en Colombia	4
Figura 2: Distribución de la producción energética en Colombia	5
Figura 3: Parámetros para iluminar un espacio según actividad.....	19
Figura 4: Tubo Fluorescente y Tubo LED	22
Figura 5: Comparativo de consumo entre Tubo Fluorescente y Tubo LED.....	25
Figura 6: Amortización de la inversión Tubo LED	26
Figura 7: Luminaria Iris - Down light CFL-Ni 2xPL-T 32W /2xPL-T 42W	27
Figura 8: Luminaria Aura - Down light CFL-Ni - 2xPL-C13W / 2xPL-T26W	28
Figura 9: Luminaria Firenze - Down light HID -MHN -TD o CDM - TD.....	28
Figura 10: Luminaria LED Greenspace 180 / 181 / 182.....	29
Figura 11: Comparativo de consumo entre Iris 2X32W y BBS181	33
Figura 12: Amortización de la inversión LED BBS181	33
Figura 13: Comparativo de consumo entre Iris 2X42W y BBS182	34
Figura 14: Amortización de la inversión LED BBS182	35
Figura 15: Comparativo de consumo entre Aura 2X13W y BBS180.....	38
Figura 16: Amortización de la inversión LED BBS180	38
Figura 17: Comparativo de consumo entre Aura 2X26W y BBS181.....	39
Figura 18: Amortización de la inversión LED BBS181	40
Figura 19: Comparativo de consumo entre HID / CDM 1X70W y BBS182	43
Figura 20: Amortización de la inversión LED BBS182	44
Figura 21: Bombilla Halógena y LED GU 5.3	45
Figura 22: Bombilla Halógena y LED GU 10	46
Figura 23: Comparativo de consumo entre Consumo Halógeno 50W - LED GU 5.3 y 10 .	49
Figura 24: Amortización de la inversión LED bombillas GU 5.3 y 10	49
Figura 25: Luminarias TBS/TCS066 - 4x17W TL8 24C y TBS165 - 4xTL5 Luminaria	50
Figura 26: Luminaria Smart Panel LED - RC160V.....	51
Figura 27: Comparativo de consumo entre TBS/TCS066 4x17W TL8 y Smart Panel LED - RC160V	54
Figura 28: Comparativo de consumo entre Consumo TBS165 - 4xTL5 y Smart Panel LED RC160V	54

Figura 29: Amortización de la inversión LED BBS18255
Figura 30: Mapa para llevar a cabo un proyecto de iluminación eficiente59

Resumen

La iluminación eficiente consiste en brindar luz a un espacio determinado utilizando recursos que consuman poca energía, produzcan confort para quien las utiliza y reduzcan el costo ambiental de producirlas. Este tipo de iluminación pretende generar valor agregado tanto al usuario como al inversionista que la posee, amortizando su inversión a través del ahorro generado al utilizar nuevas tecnologías y produciendo beneficios a través del tiempo debido a su equilibrio con el medio ambiente y vida útil extendida. La idea del presente estudio es brindar un modelo de iluminación eficiente que incluya los parámetros básicos que necesite un sistema de iluminación para ser considerado de valor agregado y amigable con el medio ambiente demostrando sus ventajas y desventajas en el momento de efectuar la selección a partir de unos criterios que incluyen aspectos económicos, técnicos y ambientales.

Palabras Clave: Iluminación, Iluminación eficiente y amigable con el medio ambiente, modelo de selección.

Abstract

The meaning of efficient lighting is to provide light to a space using low-energy resources, producing comfort for those who use them and reducing the environmental cost of producing them. This type of lighting aims to generate added value to both the user and the investor who owns it, amortizing the investment through savings generated by using new technologies and benefits occurring over time due to environmental balance and extended life. The idea of this document is to provide a model of efficient lighting including the basic parameters that need a lighting system to be considered an added value and environmentally friendly showing their advantages and disadvantages starting by the selection from criteria that include economic, technical and environmental aspects.

Key words: Lighting, Efficient and environmental Lighting, selection Model.

Glosario

Conceptos básicos de iluminación basados en la “Guía didáctica para el buen uso de la energía” UPME, 2007.

Deslumbramiento

El deslumbramiento ocurre cuando en nuestro campo visual observamos un objeto con un nivel de luz de intensidad muy superior al conjunto en el cual se encuentra. En ese momento la persona o personas perciben el objeto con mayor nivel de luz sin poder distinguir bien los demás objetos.

Distribución de Luz

Es un criterio que busca un nivel adecuado de iluminación de un área. Este criterio se basa en dos parámetros a saber: primero, contar con un nivel de iluminación adecuado, y el segundo que el nivel de iluminación sea uniforme en todo el espacio iluminado. Su objetivo es crear un ambiente homogéneo sin grandes contrastes de luz que generen cansancio visual.

Energía

Para realizar cualquier labor como encender una computadora, un sistema de aire acondicionado se usa energía eléctrica, energía que se mide en Kilovatios-hora (KWh). El consumo de energía en bombillas es directamente proporcional con su valor en vatios.

Luz Emitida

Es una medida de toda la energía en forma de luz producida y entregada por una bombilla. Esta medida se expresa en lúmenes (lm) y la cantidad de luz emitida es proporcional a las unidades de lúmenes que disponga la bombilla.

Nivelación de Iluminación

Se describe como la incidencia de la luz emitida sobre una superficie. El nivel de iluminación se mide en Luxes y la herramienta para calcularlo se conoce como luxómetro.

Reflexión

Luz emitida por una bombilla que incide sobre paredes u objetos del área iluminada contribuyendo con la iluminación de un lugar.

Reproducción de Color

La manera en que se perciben los colores se afecta especialmente por la luz artificial. La reproducción de color de una bombilla se mide mediante el ICR (Índice de Rendimiento Cromático) medida que va de 0 a 100. Es por ello que mientras se observa un objeto con luz artificial y los colores son más parecidos a la luz ambiente, mayor será el ICR de la bombilla.

Temperatura de color de las bombillas

Cada tipo de bombilla genera un tono de luz que puede ser cálido, frío o blanco. A esta característica se llama temperatura del color y no es gracias a la generación de calor de las bombillas, sino el tono que le imprime al ambiente.

Tensión Eléctrica

O también conocida como voltaje es una de las propiedades de la energía eléctrica, que se puede cambiar, con el fin de transferir electricidad desde un punto de producción a un punto de consumo. El voltaje se mide en voltios y la medida más utilizada en Colombia es de 120 voltios. Eso depende de la intensidad de uso, potencia y requerimientos que necesite el cliente.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

El diseño e iluminación de interiores en Colombia es un mercado que ha venido creciendo en la medida que las organizaciones necesitan adecuar áreas para ejercer ya sea una labor comercial u operativa. Debido a este crecimiento el consumo energético se ha incrementado en proporción al desarrollo que se observa, y con ello el costo de producir energía, en el país se basa en la explotación de los recursos naturales no renovables como el carbón (47%) y el petróleo (34%) (Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales, 2010), Por esta razón para los próximos años se necesitan nuevos modelos eficientes que permitan tener un mayor aprovechamiento del recurso energético y con ello un menor consumo. Y es en este punto donde se analiza la labor de iluminar un espacio. En el pasado esta tarea de iluminar representaba una labor cuantitativa en relación del número de luces necesarias para iluminar un espacio, aunque este modelo se ha modernizado y con el tiempo la creatividad de ingenieros, arquitectos y diseñadores han llevado a construir proyectos más estéticos donde la diversidad de herramientas para iluminar destacan los objetos y con esto se hace mucho más vistoso espacio iluminado, estos avances no son suficientes y se hace imprescindible sumar el elemento de sostenibilidad para tener una mejor iluminación. Por esta razón los nuevos modelos implementados en países en desarrollo son proyectos donde se le da mayor relevancia a las variables cualitativas de un diseño de iluminación, donde se analiza mucho más la adecuada iluminación de un espacio pensando en el bienestar del usuario, las necesidades de iluminación, tipo de luminarias e infraestructura a utilizar y ante todo el costo beneficio proyectado a futuro que tenga tanto para la organización como para el medio ambiente. Parte de La importancia de esta investigación está en aplicar tecnologías de uso eficiente de energía en Colombia especialmente en el sector de la iluminación comercial, industrial y empresarial; ya que no solo se traduce en beneficios ambientales, de salud y económicos sino que se convierte en una ventaja competitiva sostenible en el tiempo que optimiza la operación y viabilidad de las empresas en el largo plazo. Por ello, la pregunta de investigación que orienta este trabajo es la siguiente: ¿Cómo debería iluminarse un espacio de manera eficiente?, Con esta pregunta el proyecto pretende evidenciar el modelo actual de iluminación resaltando sus fortalezas y debilidades, donde el objetivo fundamental del proyecto es formular un modelo de iluminación eficiente en espacios

interiores que permita obtener beneficios técnicos, económicos y ambientales para las diferentes partes interesadas a lo largo de la cadena valor involucrada en este negocio. De esta manera se potencia la ruta del país para conseguir espacios sostenibles y a su vez desarrollo.

El desarrollo del presente trabajo se realizará por medio de análisis, comparación y contraste del modelo actual de iluminación en Colombia frente a modelos de iluminación eficiente en otras partes del mundo. Además de ello se realizarán entrevistas de expertos en iluminación quienes podrán describir las tendencias y perspectivas de los modelos de iluminación utilizados en Colombia. De esta forma obtendremos herramientas para construir con estos referentes un modelo de iluminación eficiente en Colombia. Para complementar el análisis se evaluarán las oportunidades y amenazas que pueda tener un modelo de iluminación eficiente en el mercado Colombiano. Para que de esta manera se evidencien los puntos a favor y en contra de este nuevo modelo, resaltando los beneficios técnicos, económicos y ambientales para las diferentes partes interesadas en el modelo (Proveedores - Clientes).

El presente documento se estructura de la siguiente manera: en el capítulo primero se realiza un planteamiento claro del problema a abordar evidenciando los principales paradigmas del gasto energético y la necesidad de mejores sistemas de iluminación, en este punto se logran enunciar el objetivo principal y los objetivos secundarios, que van ligados claramente a la línea de desarrollo y sustentabilidad. En el segundo capítulo se realiza una actividad de consulta y recopilación de información para presentar un estado del arte en el sector energético colombiano; desde el punto de vista legal abordando temas de iluminación en el país, los modelos de iluminación que se utilizan, para después de ello iniciar la descripción detallada del concepto de iluminación y la vertiente de Iluminación eficiente, presentando de esta manera el proyecto “Ahorrar dinero con una iluminación mejor” , claro ejemplo de un sistema de iluminación eficiente. En el tercer capítulo se explica la metodología a aplicar en el presente documento y los impactos esperados de la misma. En cuarto capítulo se presentan los resultados y se plantea la discusión, evaluando sistemas de iluminación convencionales y sistemas de iluminación LED (Diodo emisor de luz) estipulando parámetros, procedimientos, productos, procesos de control y mantenimiento. Lo anterior como de fuentes necesarias que nutren el mapeo de procedimiento para lograr una iluminación eficiente. En el quinto y último capítulo se presentarán las conclusiones del presente trabajo.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

La iluminación para el ser humano se ha convertido en una necesidad básica, lo que antes significaba para los antepasados iluminar un espacio durante la noche para ahuyentar a los depredadores, ahora se traduce en sensaciones, estados de ánimo y bienestar, en general calidad de vida. Pero más allá de generar percepciones en las personas, la iluminación juega un papel fundamental en la vida cotidiana del ser; la iluminación permite visualizar elementos en espacios donde la luz natural no tiene acceso. Simples operaciones de rutina en oficinas, centros comerciales, apartamentos e incluso la actividad nocturna de una ciudad no sería posible si no existiese la iluminación. En la actualidad existen diferentes formas de iluminar un espacio, pero pocas de ellas son creadas especialmente para ser eficientes, en otras palabras para cumplir el objetivo de iluminar obteniendo un alto beneficio económico, ambiental y de salud para las personas que disfrutan de dicha manera de iluminar.

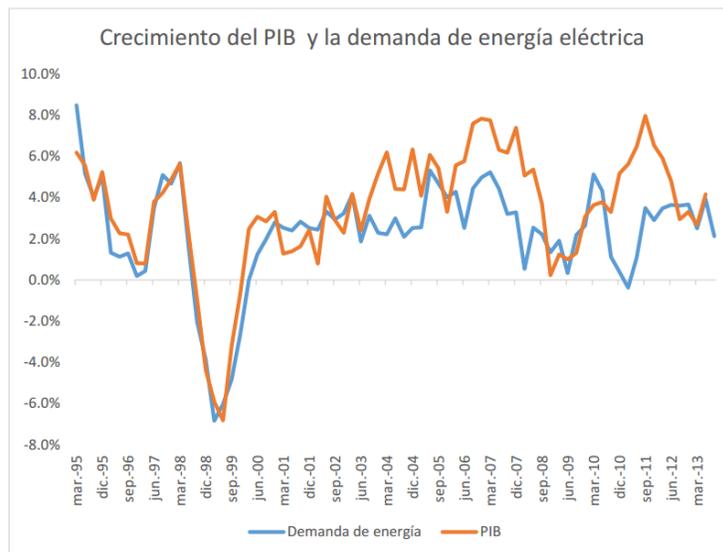
Por ello hay que resaltar que en su gran mayoría todas las actividades que desarrolla el ser humano requieren de la utilización de fuentes energéticas en mayor o menor grado (Tanides, 2006) para ello el ser humano recurre a fuentes de energía de tipo renovables como la energía eólica, biomasa, solar e hídrica. Por otro lado están las fuentes de energía de tipo no renovables como el petróleo, gas y carbón. Después de seleccionar su tipo de fuente, la energía debe pasar por un proceso de transformación para que pueda ser transportada hasta el usuario final. Satisfaciendo una demanda de energía que se utiliza en servicios de transporte, climatización e iluminación entre otros (Ministerio de Minas y Energía, 2010). Cabe resaltar que el uso de esta energía varía según hábitos, cultura y modelo de desarrollo de cada sociedad. El ser humano utiliza la energía para brindarse a sí mismo un mejor nivel de vida; pero como se ha podido evidenciar el suministro de energía a través de medios renovables por el momento es limitado debido a la falta de recursos e infraestructura para el desarrollo de la misma. Por otro lado la producción de energía a través de medios no renovables tiene una gran infraestructura, sin embargo está sujeta a la disponibilidad de los recursos en la naturaleza, generando incertidumbre en temas ambientales, sociales y económicos. Ejemplo de ello, es el daño ambiental generado por la explotación de los recursos para lograr crear electricidad proveniente en su gran mayoría de fuentes naturales como el carbón que equivale a un 51% de la producción total (ver figura 2).

También genera problemáticas sociales como la afectación que tiene la población al tener un aire más contaminado y finalmente económico ya que al hacerse este recurso cada vez más limitado, su precio se incrementa y hace que el acceso a este sea mucho más difícil para aquellas personas faltas de recursos generando una mayor desigualdad en la sociedad.

2.1 Estado situacional energético en Colombia

El comportamiento de la energía en Colombia es directamente proporcional con el comportamiento del producto interno bruto (PIB); durante la última década el consumo energético creció a una tasa promedio anual de 2.9%, esta cifra fue afectada por la desaceleración económica que sufrió el país en 2009 (Ver figura 1). Por otra parte a futuro se estima un crecimiento de la demanda por electricidad de un 4% para 2014, igualmente el consumo pronosticado para el periodo 2012-2020 está proyectado en un crecimiento anual de 3.9% (Unidad de Planeación Minero Energética, 2010).

Figura 1: Tendencias del PIB y la demanda energética en Colombia

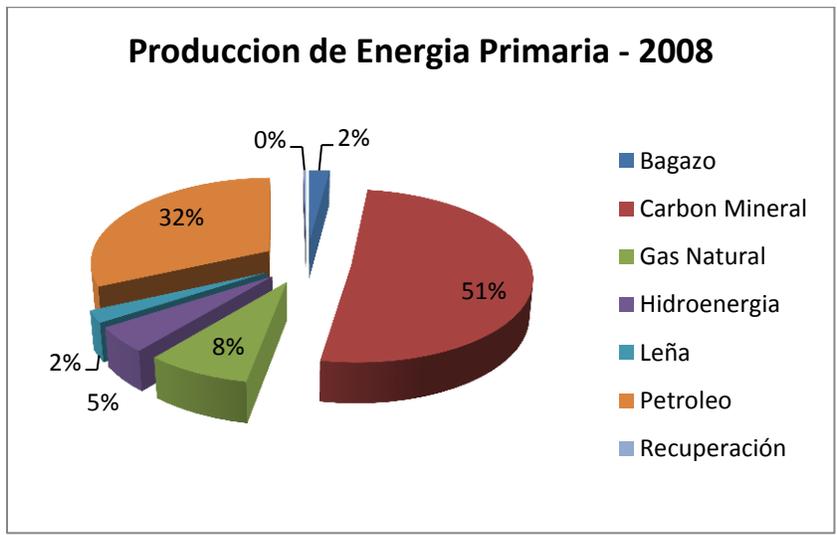


Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética, 2010

Esta proyección indica que entre mejor sea el desempeño del país calculado en la producción interna; mayor será el gasto energético que tendrá. Es un caso apenas lógico para un país en vía

de desarrollo donde la inversión extranjera y el crecimiento de las empresas que se hacen cada vez más participes del mercado global. Con respecto al consumo de electricidad a 2010 Colombia presento una demanda aproximada de mil Peta Julios de los cuales se calcula que el 67% corresponde a fuentes fósiles (carbón, hidrocarburos y sus derivados), 13% son biomásas y un 20% corresponde al consumo de energía eléctrica. Por otro lado en la figura 2 se evidencia el comportamiento de la producción de energía en Colombia resaltando que la energía proveniente de carbón representa a 2008 el 51% de total de la producción en Colombia; esta estadística es preocupante debido a que en gran proporción dependemos de recursos naturales no renovables que por su explotación generan problemas ambientales y le toman mucho tiempo al planeta reparar dichos daños. Es aún más sorprendente cuando en la segunda posición se encuentra el petróleo que también se utiliza como combustible para la industria y el transporte. Por último observamos que los recursos optimizados como el bagazo no representan más de un 5% siendo que es una manera limpia de producir energía.

Figura 2: Distribución de la producción energética en Colombia



Fuente: UPME, 2010

Por otro lado se evidencia que el consumo de energía ha sido continuo y no ha incurrido en sobresaltos abruptos con relación al crecimiento de la economía, característica que indica un consumo promedio de la sociedad. Este tipo de factores se evidencian particularmente en la producción de bienes y servicios que progresivamente es menos energo-intensiva. Pero aun el consumo debe descender por razones ambientales, productivas y de eficiencia.

2.2 Legislación energética en Colombia

La preocupación por el consumo de energía es mundial y Colombia no omite esta preocupación, por ello dentro de su constitución ha creado desde el año 2001 nuevas leyes y reglamentos que formalizan el modelo de energía eficiente en el país. Ejemplo de ello es el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales (Ministerio de Minas y Energía, 2010) declarado legal por la ley Marco 697 de 2001 donde avala el programa como asunto de interés social, público y de conveniencia nacional (Prias, 2010). Buscando consolidar, construir y fortalecer una cultura y condiciones para impulsar el manejo eficiente y sostenible de la energía. Adicional a ello se estipulan dos de los más importantes reglamentos de iluminación, el primero de ellos es el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE, 2012) el cual establece medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y de la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Adicional a este a partir del 1 de abril de 2010, empezó a regir el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público para las empresas que trabajan en el sector de la iluminación y el alumbrado público (RETILAP, 2011). El cual establece los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público. Garantizando: los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación.

2.3 Modelos de iluminación aplicada

Gracias a la reglamentación constituida por el gobierno, el Ministerio de Minas y Energía en Compañía de la Universidad Nacional de Colombia, elaboraron un software básico llamando Lumines lanzado en el 2012 el cual sirve como soporte en el proceso de toma de decisiones a la hora de iluminar un espacio (Área, Luminarias, Tipo de Luces, Complementos, Cantidad de luz exterior, entre otras). En este momento las empresas que centran su operación en remodelación, adecuación de espacios nuevos y creación de la infraestructura necesaria para iluminar basan sus diseños en la experticia, estética y conocimiento que tienen en las normas, pero sus esfuerzos no se centran en implantar modelos nuevos y eficientes que generen un mayor valor agregado en sus servicios. Y como valor agregado se contemplan amortizaciones de la inversión, disminución en el consumo de energía y confort visual de los usuarios.

Debido a la poca documentación que tiene Colombia en la implementación de modelos de Iluminación Eficiente se toma como ejemplo el caso de la Universidad Nacional Autónoma de México donde se creó un plan piloto que nació de la idea de académicos y estudiantes por la necesidad de iluminar mejor sus instalaciones. Llevándolos a obtener beneficios tangibles e intangibles (Seifried & Ö-quadrat, 2009) como una disminución en el consumo de energía del 38% anual y una mayor y mejor iluminación reduciendo sus costes de mantenimiento y alargando la vida útil de su iluminación. A nivel intangible han cobrado reconocimiento en innovación y aplicación de tecnologías que mitiguen el impacto ambiental producido por la contaminación. El ejemplo más cercano en Colombia, se dio en el Hotel JW Marriott (Lutron, 2012) ubicado en Bogotá donde por medio de controles inteligentes, la intensidad de la luz es regulada creando un equilibrio adecuado entre luz natural y luz artificial, permitiendo un ahorro en el consumo de energía y optimización de sus recursos.

Ejemplos similares se han llevado a cabo en Argentina, España, Francia, Alemania, Gran Bretaña y Estados Unidos, donde los cambios que se han llevado a cabo se han visto en entidades públicas, edificaciones innovadoras y proyectos de inversión pública (Comunidad de Madrid, 2007). Estos proyectos tienen algo en común y es la interacción de diferentes profesionales en la planeación, ejecución y administración de los proyectos. Este tipo de proyectos se modelan con la ayuda de programas informáticos que recrean el ambiente real en medios tecnológicos, de esta

manera se pueden crear diseños eficientes que cumplan con las normas establecidas y generen un bienestar para los usuarios.

2.4 Iluminación

“La luz se considera una radiación electromagnética que podemos captar con nuestros ojos” (Cuartas, 2009, pg. 2). Además de ello se define como un componente esencial en la vida del ser humano, ya que permite la visión e identificación de un entorno. De todos los tipos de energía creados por hombre, la luz es la más importante, este elemento es de suma importancia a la hora de ver, permitiendo apreciar la forma, el color y la perspectiva de los diferentes objetos que nos rodean. A su vez la luz tiene la capacidad de modificar la percepción del espacio, estética, ambientación, rendimiento visual, estado de ánimo y motivación personal. Todos estos fenómenos mencionados se generan gracias al sentido de la vista que representa una herramienta fundamental para el ser humano, por medio de esta obtenemos información (Darlux LTDA, 2011). información que se procesa y se transforma en estímulos al cerebro o en cambio de ello desestimula el mismo, y estos beneficios o problemas inician cuando no se realiza un buen diseño de iluminación. Al hablar del diseño de iluminación es indispensable comprender la naturaleza (física, fisiológica y psicológica) de esas interacciones, pero además se debe conocer y manejar los métodos y tecnologías para producirlas. En el pasado esto requería de fuertes dosis de intuición y creatividad (Raitelli, 2010), ahora se tienen a disposición herramientas donde se puede mezclar la experticia, los modelos y la creatividad de quienes reproducen estos modelos.

Desde la perspectiva e importancia de la iluminación del entorno, el diseño de la misma puede definirse como la búsqueda de soluciones que permiten optimizar la relación entre el usuario, en este caso el cliente, sus necesidades y su medio ambiente o lugar donde desarrolla una actividad específica. Este tipo de procedimientos implican tener en cuenta diversos aspectos interrelacionados e integración de técnicas de diferentes áreas como lo son la física, ingeniería, arquitectura, sociología, psicológica, medicina, administración entre otras. Es por ello que se hace imprescindible resolver esta situación en un marco interdisciplinario donde se complementen las áreas involucradas.

2.4.1 Iluminación Eficiente

La labor de iluminar un espacio hasta hace unos años implicaba suministrar luz en cantidades apropiadas con el fin de proporcionar una herramienta adecuada para la realización de tareas con alto rendimiento visual. Los diseños de iluminación precedentes se centraron en aspectos cuantitativos, donde la experiencia de los diseñadores era suficiente para plantear la iluminación de un lugar; los espacios se iluminaban y se tenían en cuenta factores como el número de luminarias, el alcance de su espectro, los niveles de iluminación, las distancias entre luminarias, entre otras, según la opinión del experto Jose Espitia, Gerente de Tensoflex en High Lights Colombia. Sin embargo, se ha comprobado que la luz no solo afecta las capacidades visuales de quien la experimenta, sino también su salud, bienestar y productividad. Con los avances tecnológicos de las fuentes luminosas y complementos, se hace necesario utilizar los recursos energéticos de manera más eficiente, de esta manera contemplaron el lado cualitativo de los diseños de iluminación.

Según lo anterior se puede afirmar que la iluminación eficiente es el modelo que además de satisfacer las necesidades visuales, crea también ambientes saludables, seguros y confortables. Esto posibilita al usuario disfrutar de atmosferas agradables, al mismo tiempo que se le da un uso apropiado a los recursos tecnológicos, dando un manejo racional de la energía. De esta forma se suma a la contribución de disminuir el impacto ecológico y ambiental del uso de estos recursos. Este tipo de iluminación debe estar enmarcada bajo los parámetros de unos costos razonables, estudios costo-beneficio, luminarias adecuadas, instaladores profesionales y mantenimiento. Esto hace pensar que el diseño de iluminación debe definirse como la búsqueda de soluciones que permitan optimizar la relación visual entre el usuario y su medio ambiente. Y para esto es primordial aprovechar los avances tecnológicos de los componentes que conforman un diseño de iluminación como luminarias, fuentes luminosas, dispositivos de monitoreo y control, de tal manera que el resultado que arroje sea un mejor ambiente y un menor consumo energético. En este tiempo en el que el precio de la energía por habitante es alto y el cumplimiento normativo es cada vez más estricto, también ayuda a las empresas a alcanzar las metas de sostenibilidad que se interpretan como responsabilidad corporativa, ya que según el cálculo del Ministerio de Minas y Energías en su proyección energética de Noviembre de 2013 de Colombia la población

mundial aumentará en 3000 millones de personas para los primeros años del siglo XXI, cambio que repercutirá en un crecimiento de la demanda de energía de un 59%. Estos cambios estarán protagonizados por países en desarrollo como en el caso colombiano. La afectación del ambiente protagoniza uno de los ejes centrales en este enfoque ya que los materiales utilizados en los procesos de producir, transformar, suministrar y utilizar energía, generan afectación a los recursos naturales. Para interés del presente proyecto los esfuerzos se concentrarán en la óptima utilización de la energía, buscando un modelo sostenible que sea soportable, viable y equitativo. Exactamente en la industria de la iluminación, ya que es esta la encargada de producir los instrumentos de iluminación, adecuar y diseñar ambientes donde se mezcle el diseño, eficiencia energética, requerimientos visuales y bienestar. Para ello se busca responder a dos interrogantes esenciales en su operación y son: ¿cómo utilizarla la energía? y ¿en qué forma? En otras palabras como hacerla más eficiente y con qué tecnología.

2.5 Descripción del proyecto “Ahorrar dinero con una iluminación mejor”

Este Proyecto Piloto de Iluminación Eficiente desarrollado en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) fue liderado por la academia que busca como objetivo fundamental maximizar los recursos de la universidad; para ello decidieron enfocarse en su gasto energético específicamente en su consumo anual medido en MWh y esto a su vez se representa en millones de dólares. En el diagnóstico que se hizo se encontró que la universidad gastaba 70.000 MWh al año, esto representaba el mayor gasto que se generaba. La iluminación en los edificios tenía algo más de treinta años de antigüedad, ejemplo de ello es la utilización de tubos T12 (38 milímetros de diámetro) que emiten entre 15 y 20 por ciento menos luz que la tecnología posterior T8 (26 mm de diámetro).

Desarrollar una idea de iluminación eficiente dentro de las instalaciones de la universidad fue la solución planteada, la iluminación de la universidad era deficiente en todos los sentidos: el consumo era alto, la proporción de lúmenes por espacio era deficiente, el desperdicio de energía era inmenso y el mantenimiento de la misma generaba un alto gasto dentro del presupuesto de operación de la universidad. Por ello se pensó en una renovación de las luminarias en los espacios del campus universitario; para ello se seleccionaron 4 ambientes como sala de clase-

laboratorios, Biblioteca, Vestíbulos y Talleres-laboratorios a continuación se presentan en detalle dos de los ejemplos mencionados:

Laboratorios

La situación antes del mejoramiento era crítica; ya que los laboratorios fueron construidos hace varias décadas y poseen techos que permiten aprovechar la luz del día sin deslumbramiento. Un examen más a fondo indico que la luz artificial no se ajustaba con la incidencia de la luz del día, no posee controles ni detectores de presencia y esto genera desperdicio de energía al permanecer las luces encendidas sin discriminar la afectación de la luz en el recinto. Evidenciando los problemas fueron instalados luminarias con tubos de alta eficiencia con balastos electrónicos y regulables. Este tipo de herramientas permiten nivelar la incidencia de la luz natural regulando de esta manera el consumo y emisión de luz en el recinto, de igual manera cuando la luz natural disminuye la intensidad de luz artificial aumenta y compensa esta incidencia sin afectaciones del ambiente. Los detectores de presencia también se instalaron, brindando un ahorro en los sectores del lugar cuando no este parcial o en su totalidad ocupado. Estas medidas permitieron una reducción del consumo de electricidad en un 72% y el ahorro mensual fue de 4.500 kWh, El confort visual y la uniformidad del nivel de iluminación mejoro notablemente. Este tipo de cambios repercutieron en el presupuesto anual de la universidad y genero una compensación de la inversión amortizándolo a 5.4 años. Esto permite generar bienestar a los usuarios y proyectarse hacia el futuro en el consumo energético y ahorro de gastos. Como se evidencia en la figura 3 los ahorros en electricidad están por el orden de 84% anual. Ahorro que se traduce en beneficios económicos para la universidad.

Sala/Área	Inversiones		Ahorros en costos eléctricos		Ahorro total en costos de mantenimiento	Tiempo de amortización	Ahorros de electricidad
	US\$	US\$/a	US\$/a	US\$/a	Years	kWh/a	%
Laboratorio de magnetismo (sala de clase)	4,400	713	97	811	5.4	4,458	72
Biblioteca Rivero Borrell	2,900	224	11	235	12.3	1,402	59
Vestibulo del Centro de „Ciencias de la Atmósfera“	4,900	3,319	574	3,893	1.3	20,746	92
Taller / Laboratorio del Centro de „Ciencias de la Atmósfera“	1,700	260	30	290	5.9	1,625	65
Total	13,900	4,517	712	5,229	2.7	28,231	84

Figura 3: Comparativo entre inversión y beneficios

Biblioteca

Para este proyecto dentro de las 130 bibliotecas del campus se escogió la biblioteca más emblemática; la cual permanecía más tiempo abierta al público estudiantil, por ende las luces de esta permanecían bastante tiempo encendidas. Esto era un buen comienzo para las ambiciones del plan, las luminarias antiguas estaban equipadas con dos tubos T8 así como un balasto electrónico generando una eficiencia de solo el 40%. Las medidas que se tomaron fueron reemplazar las luminarias antiguas por modelos de alta eficiencia (86%), la luz ahora era proporcionada por un tubo T5 con alta eficiencia luminosa y un consumo máximo de 62 W, también la luz se controló con un sensor para regular la incidencia de la luz externa. Ahora los resultados de esta implementación trajeron cifras considerables en el plan de ahorro; el nuevo sistema con un uso permanente en las horas en que la biblioteca estaba en funcionamiento consumiría lo mismo que el sistema anterior, pero la calidad de luz que se genera ahora después del cambio mejora en un 50%, considerando que este tipo de iluminación se necesita esencialmente para mesas de lectura. El ciclo de vida de las nuevas luminarias es mucho más largo que las luminarias viejas y permite tener un mantenimiento ocasional. Considerando que

las luminarias se autorregulan la iluminación artificial no consumirá al mismo nivel que las luminarias viejas, esto indica que el desgaste será menor, el consumo disminuirá y la calidad de la luz obtenida será mejor. Esta reducción del consumo es más del 50% dependiendo de las condiciones climáticas, pero si se simula un ambiente con el mismo tipo de luz antiguo el ahorro sería de un 75%. Este proyecto en la biblioteca prevé un tiempo de amortización de 10 años.

Estas dos adecuaciones demuestran el ahorro que puede experimentar una institución pública en su plan de costos. A parte de generar un beneficio medioambiental, la universidad tiene a su disposición el libre gasto o inversión de los recursos restantes de su factura de energía. Este ejemplo puede ser copiado no solo por instituciones educativas sino por todo complejo de instalaciones donde las personas permanezcan prolongados periodos de tiempo y desarrollen actividades que les implique tener un adecuado desempeño visual.

CAPITULO 3. METODOLOGÍA

Este estudio busca realizar una comparación del modelo tradicional de iluminación con la propuesta de un modelo de iluminación eficiente utilizando herramientas LED y herramientas que potencien el uso de la tecnología actual. Para este fin se realizarán diversas actividades como entrevistas con expertos que den su punto de vista acerca de la iluminación, de cómo se debe iluminar un espacio adecuadamente en el contexto Colombiano y qué se está haciendo para mejorar en este campo, revisión de estudios académicos y proyectos de iluminación realizados en Colombia y alrededor del mundo, los cuales serán analizados desde la perspectiva económica, ambiental y de bienestar social, análisis comparativo de productos utilizados en el mercado donde se tendrá en cuenta tanto el armazón de la luminaria que se conoce como carcasa (rendimiento de la luminaria y seguridad) y las bombillas utilizadas en las mismas (Vida útil, ambiente y eficiencia), análisis económicos (Cuantitativos) de las variables, análisis cualitativos que explican los beneficios del modelo.

Lo anterior se formula para darle razones al usuario a la hora de hacer una elección entre las diferentes formas de iluminar un espacio determinado. A partir de este punto se estructurará un árbol de procedimiento basado en los pasos básicos que deberá tener en cuenta un usuario antes que adquiera las luminarias para iluminar un espacio, con el fin de hacer un acompañamiento al usuario para que pueda planificar su sistema de iluminación que contemple los estrictos pasos que debe cumplir un sistema eficiente. Como último paso de este proceso se enunciará como objeto calificador de un proyecto de iluminación el índice de eficiencia energética que será el encargado de darle un valor ponderado que enunciará que tan eficiente es o no un proyecto determinado. Con esto el usuario tendrá las herramientas necesarias para acompañar sus procesos de mejora de iluminación de un espacio y a la vez los criterios necesarios para darle control al proyecto desarrollado.

A continuación en la tabla 1 se detalla la metodología a utilizar con sus respectivos objetivos.

Tabla 1: Resumen de la metodología

Herramientas	Descripción	Objetivo
Entrevista con expertos	A través de entrevistas con expertos del sector como electricistas, Managers de portafolios profesionales de iluminación y controles, e ingenieros de calidad que tienen experiencia en el sector.	Extraer información relevante de los hábitos de consumo en la iluminación de espacios, información de productos profesionales, estadísticas de garantías aplicadas y errores de los consumidores al adquirir e instalar los productos de iluminación.
Estudios académicos, documentación relacionada a proyectos de iluminación eficiente a nivel nacional e internacional	Estudios académicos donde se evidencie información de tipo teórica, desarrollos y descubrimientos en temas de iluminación tanto del pasado como del futuro. Con relación a los proyectos se pretende tener un punto de referencia de los modelos de iluminación eficiente que se están aplicando tanto en el país como en otras partes del mundo.	<ul style="list-style-type: none"> • A través de la literatura académica extraeremos argumentos necesarios para sustentar la tesis de iluminación eficiente enfocada al largo plazo. • Se tendrá un Benchmarking o punto de referencia de los avances en otros países para proponer modelos que se pueden aplicar en Colombia. • Contrastar los modelos aplicados en otros países frente a los proyectos que se desarrollan en el país.
Comparativos de Productos	Se describirán los productos más usados en el mercado con la tecnología tradicional frente a los productos innovadores de tecnología LED.	<ul style="list-style-type: none"> • Evidenciar las ventajas y desventajas que tiene cada producto analizado • Evidenciar las características de los productos. • Presentar la amortización de la inversión en productos innovadores LED.

		<ul style="list-style-type: none"> • Generar argumentos necesarios para demostrar los beneficios o desventajas de la utilización de ambos modelos.
Árbol de Procedimiento	Se planea un modelo de acompañamiento en la toma de decisiones en el momento en que el usuario considera el cambio tecnológico de su sistema de iluminación.	Generar un modelo de toma de decisiones que sirva como guía de primera mano a toda aquella persona que planea tener un su sistema de iluminación. Este modelo le permitirá tener total seguridad que su proyecto será eficiente desde el punto de vista energético.
Índice de Eficiencia Energética	El IEE es un factor que mide la eficiencia energética de un sitio iluminado y que, al mismo tiempo, ayuda a las partes involucradas de un proyecto a realizar un auto-control del trabajo realizado. Utilizando la siguiente formula: $IEE = W/m^2 \times 100 \text{ lux}$	Otorgarle un calificativo que posicione el grado de eficiencia energética obtenido en un proyecto determinado para que sea este el determinante de exponer ¿Por qué? Es o no un proyecto de iluminación eficiente.

CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los principales resultados obtenidos de la investigación donde se evidencian todos los elementos que conforman una iluminación eficiente de forma comparativa con una iluminación tradicional.

4.1 Evaluación de la eficiencia del Sistema de Iluminación

La eficiencia está definida como la capacidad de disponer de un objeto en este caso equipos de iluminación y conseguir un objetivo determinado (Tanides, 2002, pg. 13). Que en esta ocasión es cumplir la función de iluminar un espacio brindando los mayores beneficios cuantitativos (Cantidad de Luz) y Cualitativos (Calidad de Luz) mezclado con un consumo de energía reducido a su máxima expresión. Para ello no solo basta con tener en cuenta la potencia de una bombilla y su consumo. Por lo tanto, este análisis permitirá a las personas tener herramientas para elegir el sistema de iluminación que sea eficiente. Por ello se debe analizar desde la carcasa a utilizar para una luminaria, el bombillo que se ajusta a la misma, la potencia consumida del mismo, la eficiencia que brinda en conjunto y los lúmenes que ofrece. A parte de esto se debe tener en cuenta la vida útil del producto, los materiales con que fue creado, la repercusión o beneficio que tiene para las personas que se van a beneficiar de su luz. En el factor económico se debe tener en cuenta además de sus precios, el costo de mantenimiento, reemplazo y la amortización que se va a utilizar en la adquisición de los productos. A continuación se describen cada uno de los elementos que se deben tener en cuenta en un proyecto de iluminación.

Carcasa

La carcasa es el armazón o estructura que le va a permitir a la bombilla permanecer en el lugar que fue designado para su instalación ejemplo de ello son las luminarias de empotrar, de pared, piso, techo, colgante y sobreponer.

Rendimiento de la Luminaria

En la carcasa se debe analizar el rendimiento o reflectancia que esta genera con las bombillas, ya que debe ser capaz de reflejar de manera genuina los lúmenes emitidos por la(s) bombilla(s) que la componen.

Seguridad

La carcasa será la responsable de sostener el sistema y prever la disipación del calor que genera el sistema, este tipo de disipación contribuye a alargar la vida útil de los bombillos y conservar el equilibrio del entorno alrededor de la luminaria.

Bombilla

Una bombilla es la herramienta que le permite a un sistema emitir luz, esta herramienta deberá cumplir con algunas especificaciones que le permitan acoplarse a la luminaria y vendrán en diferentes referencias, formas y voltajes.

Eficiencia (Lm/W)

Cuando se evalúa la clase de bombillo a utilizar obligatoriamente este deberá tener concordancia con la luminaria elegida, seguido a ello se debe dar alta importancia al consumo del mismo y en conjunto a los lúmenes que emite. Este tipo de análisis se puede realizar por medio del factor de eficiencia que mide los lúmenes emitidos por cada Watt consumido. Por ello entre más lúmenes ofrezca por 1 Watt mayor será la eficiencia de la bombilla.

Vida útil

La vida útil del producto se debe evaluar de la mano del precio de adquisición, ya que entre menor sea el precio de adquisición y mayor el tiempo de vida útil representará un ahorro a largo plazo. También se debe tener en cuenta los tiempos de reemplazo y mantenimiento de los mismos.

Ambiente

El factor ambiental se debe evaluar desde la perspectiva de la utilización de materiales en la bombilla que afecten al planeta desde el campo de la producción de la bombilla y de los componentes que esta tenga para genera luz como los gases de neón, fosforo y mercurio. Ya que tanto para sus usuarios y posterior destrucción pueden generar costes adicionales en la cadena.

4.2 Parámetros de iluminación según RETILAP

La guía didáctica para el buen uso de la energía creada por la UPME y la Universidad nacional en el 2012 explica y estipula los parámetros mínimos que necesita un espacio para estar iluminado adecuadamente; por ello en la figura 4 se evidencia los luxes por espacio que debe tener un lugar predeterminado según sea la actividad que se va a realizar en dicho lugar. Todo espacio es diferente ya que cuenta con disposiciones de luz natural que distan según la actividad que se va a realizar en el espacio. Ejemplo de ello son los pasillos donde las personas necesitan luz guía, más no luz intensa que les permita concentrarse y no desgastar su condición visual para realizarla, ejemplo de ello son las oficinas. La labor de iluminar un espacio adecuadamente no requiere de grandes inversiones, por el contrario se deben escoger las luminarias correctas en los espacios especificados. Siempre acudiendo al menor consumo del sistema de iluminación.



Figura 4: Parámetros para iluminar un espacio según actividad

4.3 Sistema de sensores de presencia y compensación con la luz natural

El uso de la luz natural tiene un impacto considerable en el aspecto y forma del espacio iluminado, y puede tener ventajas considerables a nivel de la eficiencia energética. En la mayoría de los espacios a iluminar como industria, oficinas, locales y hogar. El papel de la luz natural que nos brinda el ambiente puede servir de ayuda o soporte a la hora de disminuir el consumo energético en ciertos días u horas del día, ya que en los días soleados en la medida que los materiales y la forma del espacio iluminado lo permita la luz natural podrá llegar a alumbrar un espacio determinado y el sistema de iluminación correcto podrá apagar o atenuar las bombillas que iluminan un espacio sin afectar la vida útil del producto, pero si impactando de manera directa el consumo energético en el espacio seleccionado.

Los sensores también ayudan a evitar el desperdicio de energía en determinados espacios ya que en ocasiones las personas no están presentes en algunas zonas y las luces siguen encendidas con una alta intensidad. Intensidad y consumo que se desperdicia ya que no cumple ninguna función.

Algunos factores que afectan la iluminación de un interior, a través de la luz natural, son la profundidad de la habitación, el tamaño y la localización de ventanas y claraboyas. De estos factores depende generalmente el diseño original del espacio (Torre de oficinas, apartamentos, bodegas, parque industrial, entre otros). Un diseño cuidadoso puede hacer que un edificio sea más eficiente y guarde un equilibrio de luz balanceado para llevar a cabo las tareas diarias.

Los lugares pueden ser modificados para tener acceso a este tipo de luz mientras cumpla con los requisitos estipulados en los planos de la estructura a modificar. Este tipo de iluminación también puede generar altos destellos que son molestos para las personas, problema que se puede resolver mediante el uso de películas en las ventanas que permite filtrar la iluminación necesaria sin generar sobras de luz adicionales dentro del recinto. Algunas modificaciones pueden ser el combinar tonos claros o blancos en los espacios ya que se ha comprobado que reflejan más la luz que otros tonos de colores. Los colores brillantes también potencian dicho efecto y potencializan los sistemas de iluminación generando un menor gasto energético. Hay que tener en cuenta que para un buen aprovechamiento de la luz natural es importante asegurar que la iluminación eléctrica sea regulada por una computadora que mide el grado de iluminación natural de un

espacio según sean las necesidades de iluminación en el momento (Personas o labores en el espacio) este tipo de sensores y controles permite regular la cantidad de energía que se necesita emitir para producir una porción de luz o la porción de luz requerida. De esta manera se buscará un equilibrio entre la luz natural y artificial sin amenazar la luz promedio que brinda la luz artificial.

4.4 Mantenimiento

Se debe tener en cuenta que los recintos reciben las consecuencias del uso en manifestaciones como polvo, decoloración, manchas o simplemente suciedad en general de paredes, luminarias y materiales involucrados. Por ello nuestro sistema de iluminación tiende a perder unos grados de eficiencia en su utilización. La falta de mantenimiento se traduce en sistemas con un inadecuado funcionamiento que generan pérdidas de dinero. En ocasiones se debe revisar no solo la luminaria sino el conjunto en total para preservar el equilibrio y las configuraciones. Esto permite que los sistemas de iluminación de eficiencia energética adecuadamente diseñados e implementados, no deterioren el ambiente de trabajo. Y conserven su equilibrio eficiente en el tiempo.

Este tipo de elementos permiten mantener la eficiencia de un proyecto de iluminación en su máximo nivel, ya que potencializa el uso de iluminación natural, reduciendo los niveles de uso de la luz artificial. La clave del éxito en estos sistemas se encuentra en el mantenimiento preventivo de los equipos a iluminar que permite detectar fallas en el sistema que podrían generar equipos sin calibración o desajustes en las configuraciones de los equipos. Por último es de vital importancia adquirir los productos y la mano de obra con empresas que manejen periodos de tiempo razonables en la garantía de sus productos. Esto ayudara en el mediano plazo reducir desperdicios por posibles fallas que presente el producto.

Con estos parámetros se estaría logrando brindar una mejor iluminación, con un coste reducido en el consumo de energía, beneficios en salud para quienes gozan de este sistema y adicional a ello se estaría reduciendo el daño ambiental al planeta dado el sello verde de los productos y las tecnologías aplicadas.

4.5 Comparativo de tecnologías por Productos

4.5.1. Tubos Fluorescentes

Los tubos fluorescentes son luminarias que funcionan con vapor de baja presión de mercurio en su gran porcentaje, además de fosforo neón y otros componentes químicos. En los extremos se encuentran filamentos de tungsteno que al calentarse crean una reacción química que le permite al tubo emanar luz. Esta luminaria es ampliamente utilizada en espacios industriales y comerciales que requieren iluminar grandes zonas a un bajo costo. En el inicio de este tipo de tecnología se presumía de su potencial de eficiencia energética y con esto su ahorro. Pero recientemente se ha comprobado que tiene desventajas como el parpadeo, su reducción drástica en su vida útil por encendidos constantes y los daños a la salud a quien recibe este tipo de luz. Por ello como prometedora solución se plantan los tubos LED que además de proporcionar un ambiente saludable ayudan a brindar luz de mayor calidad a un costo energético inferior. Además de una vida útil longeva que no está sujeta a su uso. Adicional a esto los tubos fluorescentes tienen que ser utilizados con balasto y el que se maneja en la mayoría de luminarias de tubo fluorescente, es de tipo electromagnético, que permite regular la tensión para transferirla al tubo y también tener la misma tensión para generar un inicio inmediato. Los balastos electrónicos presentan un menor consumo energético. Esto adhiere un consumo adicional que es mínimo y casi imperceptible de energía, pero es necesario contar con dicho elemento para su correcta utilización.

A continuación se presentan dos imágenes donde se ilustra el Tubo Fluorescente convencional y el Tubo con tecnología LED (ver figura 5) que sería en el mercado su reemplazo directo. La tabla 2 muestra un cuadro comparativo entre ambas tecnologías destacando sus cualidades y defectos.

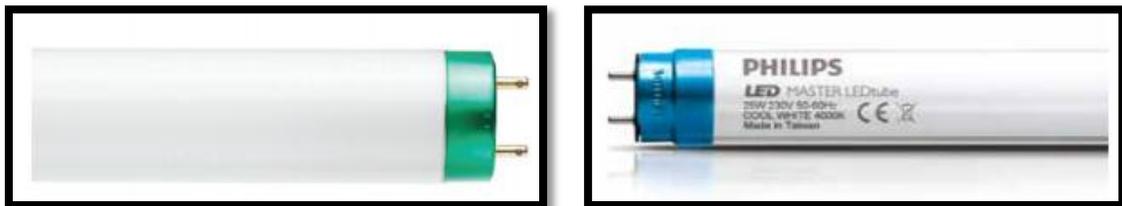


Figura 5: Tubo Fluorescente y Tubo LED

Tabla 2: Comparativo entre Tubo Fluorescente y Tubo LED

Comparación entre Tubo Fluorescente y Tubo LED			
Tubos Fluorescentes		Tubos LED	
Potencia Absorbida			
Tubo T8 32W (2X32)	64	Tubo LED (2X19)	38
Balasto Electrónico ICN2P32N	37	Balasto	No requiere
Total	101	Total	38
Disminución del Consumo Energético		63,37%	
Vida Útil			
15.000		40.000	
Aumento de la vida útil		62.5%	
Flujo Luminoso (lm)			
2100		1950	
Disminución del Flujo Luminosos		7,14%	
Eficacia Luminosa (Lm/W)			
75		102	
Aumento de Eficacia Luminosa		36%	
Costos			
Tubo Fluorescente T8	\$ 10.000	Tubo LED	\$ 115.000
Balasto	\$ 80.000		
Aumento en costo de Adquisición		21,7%	
Uso			
Utilización 12Horas/Año		4320	
Años de Duración		3,4 Años	9,2Años
Aumento en Años de Utilización		5,8	
Tasas de Electricidad			

Precio kWh	
Sector no Residencial Industria y Comercio con Contribución	395,5151
Propiedad Cliente	

Se puede evidenciar que el cambio del modelo de balastos y tubos fluorescentes a tubos LED genera varios beneficios como: la omisión de la compra de balasto dado a su regulador de tensión interno que le permite tolerar Voltajes de 110 – 277 V, otra característica relevante es su bajo consumo ya que el consumo en conjunto del sistema de iluminación eficiente optimiza en un 63.37%. El flujo luminoso del tubo se reduce en una cantidad mínima del 7,14%, debido al ángulo del haz de luz ya que solo permite tener un ángulo de 160° mientras que el tubo Fluorescente genera luz en 360°, aunque parte de esta luz se desperdicia al no apuntar al suelo sino a la luminaria.

Uno de los inconvenientes del uso de tubos LED es su alta inversión inicial, lo cual se puede amortizar dada su alta duración y bajo consumo. Además, se evitan problemas de salud en las personas que estén sometidas a este tipo de luz, ya que el tubo fluorescente genera parpadeos causados por el desgaste del mismo. Este tipo de parpadeos puede producir dolores de cabeza en el usuario y fatiga muscular en la óptica de quien lo utiliza. Cuando este mismo producto se utiliza en exhibiciones los productos según su material pierden color al estar expuestos, inconveniente que no tiene la tecnología LED que tiene una reproducción del color más armónica con la luz natural y no genera afectación a los usuarios y a los elementos que sean iluminados por este haz.

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación donde se necesita reemplazar 12 tubos fluorescentes obsoletos que presentan fallas, se quiere lograr una mejor iluminación que sea sostenible en el tiempo por el bienestar del usuario y del medio ambiente. Para ello se realizará un análisis comparativo (ver figuras 6 y 7) que permitirán revelar su consumo y amortización de la inversión LED.

Opciones

- Reemplazar los tubos por tubos fluorescentes super alto T8 de 32W (F23 T8 Super 86 Philips).
- Reemplazar los tubos oboletos por Tubos LED 19W de Philips.

Figura 6: Comparativo de consumo entre Tubo Fluorescente y Tubo LED

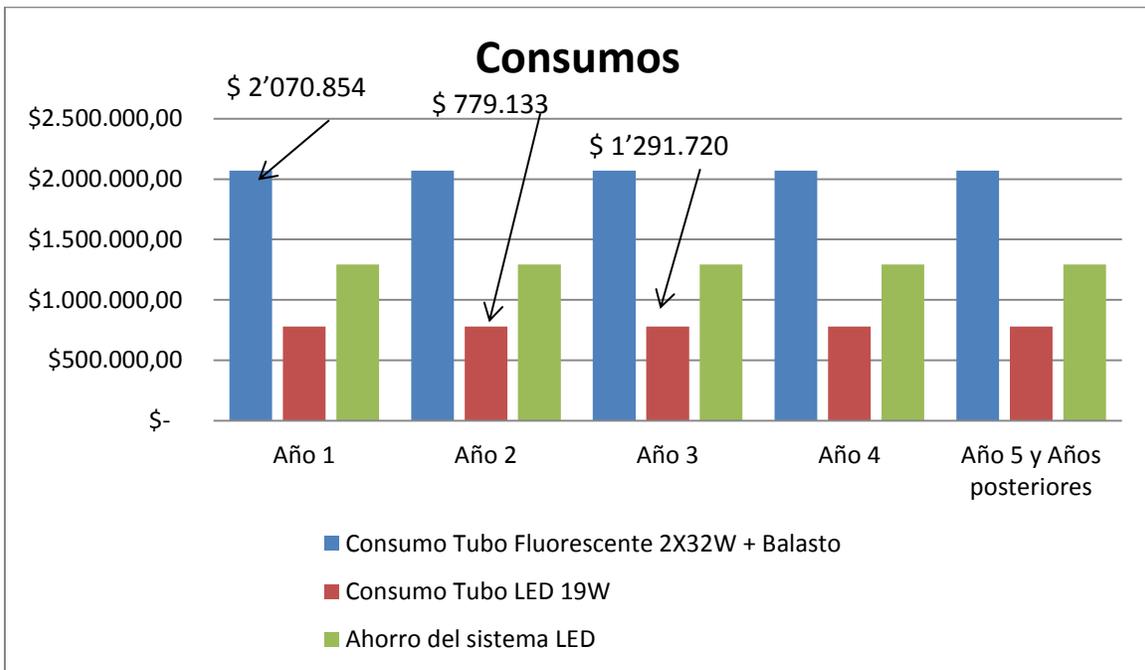
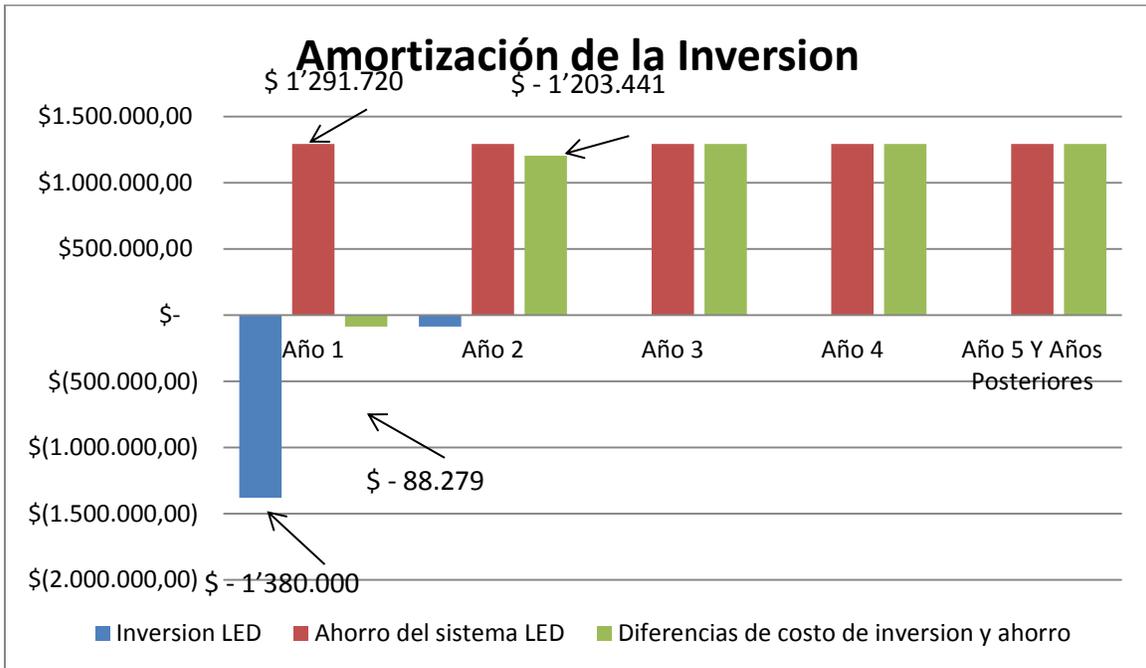


Figura 7: Amortización de la inversión Tubo LED



Como se puede evidenciar tanto en consumo como en la amortización de la inversión por el ahorro generado del sistema, el uso de la tecnología LED representa una opción que genera una ventaja a largo plazo y permite un ahorro de energía que se traduce en la reducción del flujo de efectivo del negocio. Por ello a partir del segundo año se podrán percibir los beneficios del ahorro descontando la inversión inicial. Este ahorro se mantendrá por aproximadamente 8 años más. Anualmente se reconocerán \$ 779.133 pesos diferencia que puede ser invertida de diversas maneras en el mercado para generar mayores beneficios. Este ahorro se extrae de la comparación de las dos opciones para iluminar un espacio (Convencional y LED). Reflejando con un modelo real los beneficios de implantar un modelo eficiente de iluminación.

4.5.2 Luminaria tipo Bala y Bombillos Compactos (2 y 4 Pines)

Otra manera de iluminar un espacio es por medio de balas o luminarias para incrustar en Draywall o en cualquier cielo falso, que utilizan lámparas fluorescentes compactas (CFL-ni) sin balasto integrado, este tipo de lámparas utilizan como base para su alimentación de electricidad pines, dependiendo de su necesidad vienen en presentación de 2 a 4 pines. Usualmente este tipo de luminarias son metálicas traen vidrio opalizado para difuminar el haz de luz y no son 100% herméticas. A continuación se presentan imágenes de los productos detallando las referencias según modelos (ver figura 8, 9, 10, 11).



Figura 8: Luminaria Iris - Down light CFL-Ni 2xPL-T 32W /2xPL-T 42W

La referencia Iris es una luminaria de empotrar perfecta para techos falsos y utiliza en su funcionamiento dos bombillos PL-T que pueden ser de 32 o 42 W según sea la necesidad de iluminación del espacio escogido. En este tipo de luminaria se encuentra integrado el balasto que le permite regular la potencia en que trabaja.



Figura 9: Luminaria Aura - Down light CFL-Ni - 2xPL-C13W / 2xPL-T26W

La luminaria circular Aura también se utiliza para empotrar en techos falsos o Drywall, pero utiliza con bombillos PL-C y PL-T. El consumo del bombillo seleccionado puede ser de: 13 y 26W. Esta luminaria también debe ir con un balasto y tecnología de disipación del calor que se incluye.



Figura 10: Luminaria Firenze - Down light HID -MHN -TD o CDM - TD

Este tipo de Luminaria utiliza lámparas de Halogenuros metálicos o cerámicos HID de doble contacto, según su base de alimentación eléctrica, los cuales en Colombia son utilizados en espacios comerciales donde se requiere un alto flujo luminoso. La luminaria utiliza bombillos MHN TD o CDM-TD de 70. Este tipo de luminaria debe tener un buen sistema de disipación del calor ya que por sus características genera altos niveles de calor que pueden afectar los cielos falsos.

Todas estas luminarias contemplan sistemas de disipación donde la tecnología no juega un papel fundamental ya que necesitan contar con espacios donde el aire fluya de manera continua y permita que la luminaria no se recaliente. Además de ello su condición de no ser hermética hace que el mantenimiento de la luminaria sea un proceso dispendioso ya que se debe extraer su vidrio y limpiar las partes internas afectadas por el polvo para seguir recibiendo el mismo reflejo de la luz a través de las horas de utilización. Este tipo de sistemas se caracterizan por generar altas temperaturas como ya se mencionó y en los cielos falsos o en materiales como el Drywall crean aureolas de tonos oscuros alrededor de la luminaria, defecto que incrementa el costo de mantenimiento del espacio iluminado y le resta beneficios al diseño de iluminación. Se debe rescatar que este tipo de bombillas son potentes con respecto a su consumo.



Figura 11: Luminaria LED Greenspace 180 / 181 / 182

Como solución se presenta la luminaria LED representada en la figura 6 que como materiales constitutivos utiliza Coldrolled y Plástico; dos materiales ligeros que le permiten tener un balance perfecto entre estética y funcionalidad. La línea de luminarias Greenspace viene para Colombia en potencias de 15, 30 y 40W, así mismo varía el diámetro de la luminaria y el destino para empotra la bala. Esta luminaria no ofrece en contraste con otro tipo de Balas el flujo luminoso necesario ya que disminuye algunos puntos porcentuales. Por otra parte su reducción en el consumo energético es relevante y aún más su vida útil y eficacia que garantiza su funcionamiento.

A continuación se presentan las diferentes comparaciones entre un estilo de iluminación y el otro, además de ello se presenta el ejemplo de aplicación que abarca las tres clases de luminarias descritas anteriormente:

En un espacio de 81 m² se necesitan remplazar 16 Balas de iluminación de empotrar que utilizan bombillos ahorradores de hogar por luminarias mejor dotadas y profesionales para iluminar un espacio comercial. La intención del inversionista es brindar luz de calidad que no afecten sus productos y que genere un alto flujo luminoso para que sus clientes perciban ese gran deslumbramiento de luz desde afuera y adentro se destaque la forma del espacio y sus productos. La tabla 3 y figura 12 muestra un análisis comparativo de estas tecnologías.

Opciones

- Utilizar iluminación convencional con balas de iluminación que utilizan bombillas compactas fluorescentes de 32W Y 42W la referencia de la luminaria es Iris - Down light CFL-Ni 2xPL-T 32W /2xPL-T 42W y son comercializadas por Philips.
- Utilizar balas Greenspace en referencias BBS181 y BBS182 comercializadas por Philips.

Tabla 3: Comparativo entre Iris - Down light CFL-Ni 2xPL-T 32W /2xPL-T 42W y Bala Greenspace LED BBS 181 / 182

Comparación entre Luminaria más Bombillo y Luminaria LED			
Luminaria y Bombillo		Luminaria LED	
Iris - Down light CFL-Ni 2xPL-T 32W /2xPL-T 42W			
Potencia Absorbida			
Iris CFL-Ni PL-T 32W	64W	Greenspace BBS181	30W
Iris CFL-Ni PL-T 42W	84W	Greenspace BBS182	40W
Balasto Electrónico ICF2S42M2LD – (32W)	4	Balasto	No requiere
Balasto Electrónico ICF2S42M2LD – (42W)	9		
Total 32W	68W	Total	30W
Total 42W	93W	Total	40W
Disminución del Consumo Energético (32W)		55,88%	
Disminución del Consumo Energético (42W)		57%	
Vida Útil			
7.000		30.000	
Aumento de la vida útil		76%	
Flujo Luminoso (lm) - Factor LOR 60%			
2.880		3.000	
3.660		4.000	
Aumento del Flujo Luminoso 32W		4%	
Aumento del Flujo Luminoso 42W		8,5%	
Eficacia Luminosa (Lm/W)			
43,35		100	
39,35		100	
Aumento de Eficacia Luminosa 32W		56,65%	
Aumento de Eficacia Luminosa 42W		60,65%	

Costos			
Iris CFL-Ni PL-T 32W	\$ 113.000	Greenspace BBS181	\$ 180.000
Aumento en costo de Adquisición		37,22%	
Iris CFL-Ni PL-T 42W	\$ 115.000	Greenspace BBS182	\$ 220.00
Aumento en costo de Adquisición		47,72%	
Tasas de Electricidad			
Precio kWh			
Sector no Residencial Industria y Comercio con Contribución Propiedad Cliente		395,5151	

La tabla 3 muestra la comparación entre la luminaria Iris - Down light CFL-Ni 2xPL-T 32W /2xPL-T 42W y la luminaria LED Greenspace BBS181 y 182 donde se puede evidenciar lo siguiente: la disminución del consumo según sus potencias fue del 56% (181/32W) y de 57% (182/42W) lo que demuestra el bajo consumo que tiene una luminaria con tecnología LED frente a una luminaria convencional. El incremento de su vida útil es del 76% más en comparación con el sistema convencional de iluminación brindando mayor tiempo de uso con menor cambio de bombillas. Su flujo luminoso se ve aumentado en un porcentaje mínimo no superior al 10% pero que vuelve a favorecer a la tecnología LED. El siguiente ítem que representa la eficiencia luminosa vuelve a tener un aumento promedio del 58% en ambas referencias que nos indica un menor consumo con una entrega de lúmenes mayor por luminaria.

Figura 12: Comparativo de consumo entre Iris 2X32W y BBS181

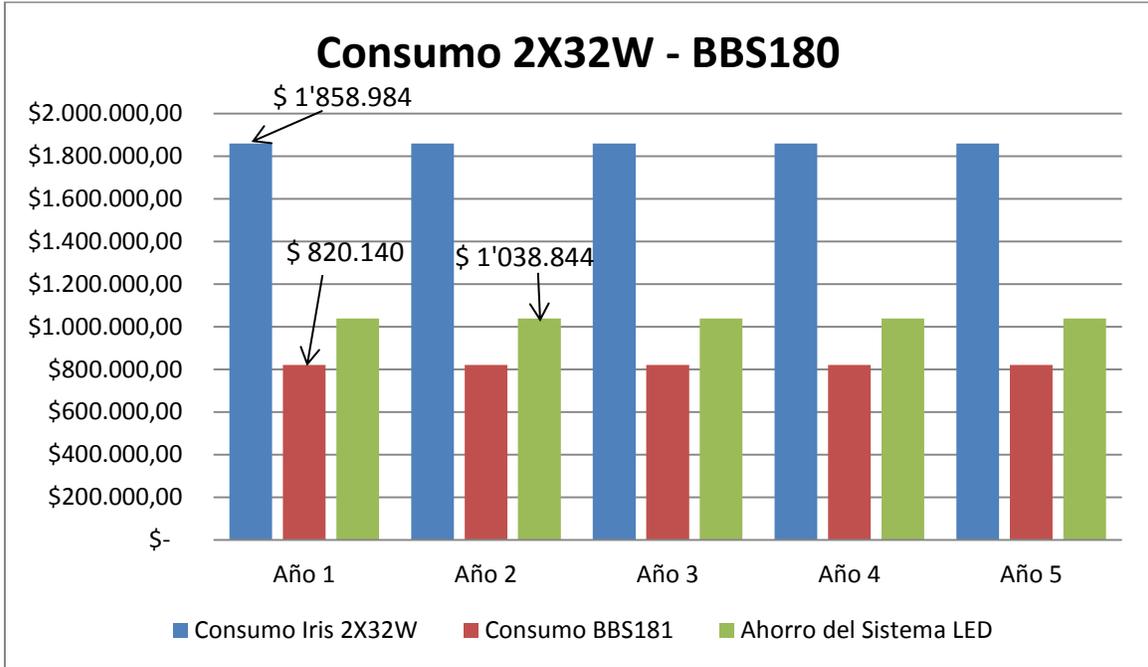
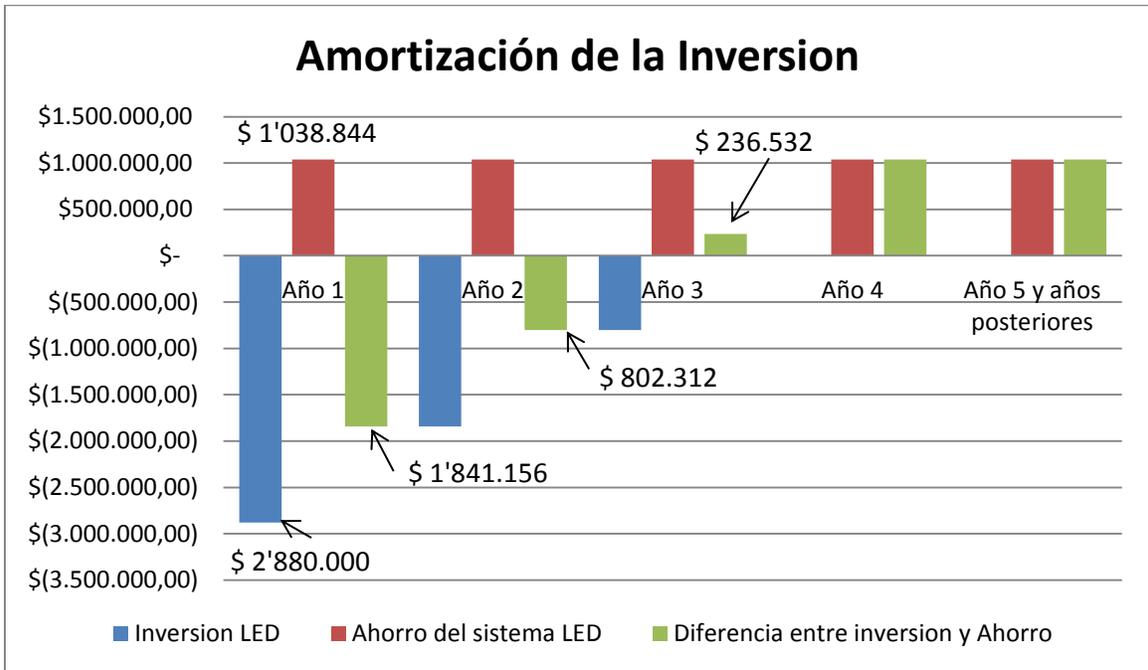


Figura 13: Amortización de la inversión LED BBS181



Como se puede evidenciar en el ejemplo de aplicación ver figura 12; el consumo que presentan las bombillas fluorescentes PL-T al utilizar dos bombillos de este consume por 16 balas instaladas 1'959.984 pesos en comparación con la tecnología LED que su costo se reduce en algo más de un millón de pesos por año. Generando un superávit que puede ser utilizado en cancelar la inversión realizada en tecnología LED ver figura 13. Creando una amortización de la deuda por medio del ahorro generado de la diferencia entre el consumo del modelo de iluminación tradicional frente al modelo LED. Terminando de cancelar la inversión en el tercer año, año a partir del cual el modelo arrojaría beneficios dado el cambio.

Figura 14: Comparativo de consumo entre Iris 2X42W y BBS182

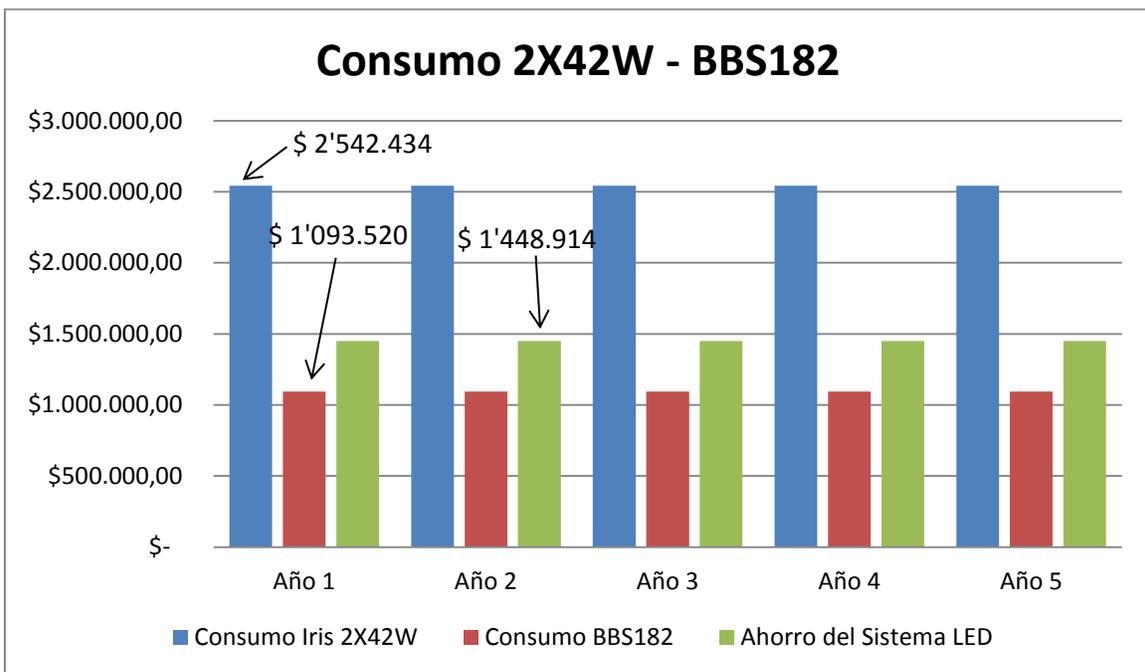
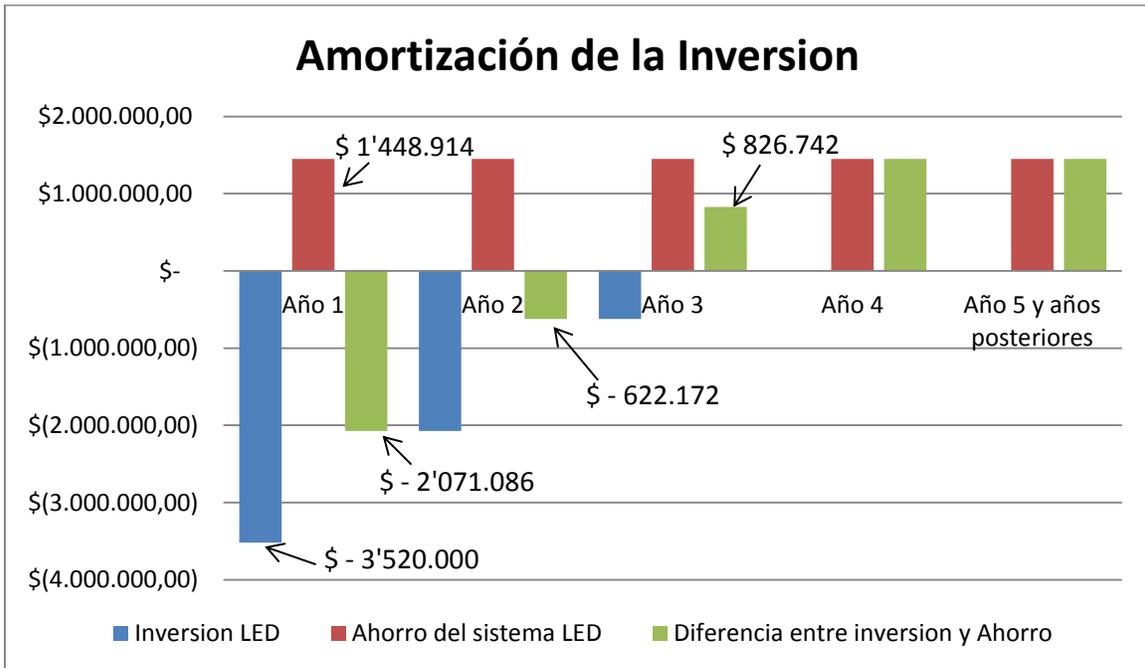


Figura 15: Amortización de la inversión LED BBS182



Como se puede evidenciar en las figuras 14 y 15 mientras mayor sea la potencia de un bombillo con tecnología obsoleta, mayor será el ahorro del reemplazo de la misma bombilla pero esta vez en tecnología LED, este fenómeno se presenta debido a que los LED muestran variaciones mínimas en su diseño característica que tiende a reducir su consumo. Por ello su consumo desciende drásticamente en comparación de los bombillos fluorescentes si balasto incluido y en esta ocasión el ahorro ronda el millón y medio anual, cambio que resulta relevante en la viabilidad de un proyecto de iluminación eficiente. Por consiguiente su coste de adquisición se reduce en tiempo y precio. Esta inversión calcula que en el año tres la inversión habrá sido cancelada y los beneficios podrán ser percibidos por quien realizo la modificación. Esto permite dejar de realizar cambio en los bombillos antes de cancelar la inversión de los equipos instalados. La tabla 4 muestra el análisis comparativo de estas tecnologías.

Tabla 4: Comparación entre Aura - Down light CFL-Ni - 2xPL-C13W / 2xPL-C26W y Greenspace LED BBS180 / 181

Comparación entre Luminaria más Bombillo y Luminaria LED			
Luminaria y Bombillo		Luminaria LED	
Aura - Down light CFL-Ni - 2xPL-C13W / 2xPL-C26W			
Potencia Absorbida			
Aura CFL-Ni 2XPL-C 13W	26W	Greenspace BBS180	15W
Aura CFL-Ni 2XPL-C 26W	52W	Greenspace BBS181	30W
Balasto Electrónico ICF2S42M2LD – (13W)	3	Balasto	No requiere
Balasto Electrónico ICF2S42M2LD – (26W)	3		
Total 13W	29W	Total	15W
Total 26W	55W	Total	30W
Disminución del Consumo Energético (13W)		48,275%	
Disminución del Consumo Energético (26W)		45,45%	
Vida Útil			
10.000		30.000	
Aumento de la vida útil		67%	
Flujo Luminoso (lm)			
1.280		1.100	
2.816		3.000	
Disminución del Flujo Luminoso 13W		14%	
Disminución del Flujo Luminoso 26W		6,13%	
Eficacia Luminosa (Lm/W)			
44,13		73	
51,2		100	
Aumento de Eficacia Luminosa 13W		39,55%	
Aumento de Eficacia Luminosa 26W		48,8%	

Costos			
Aura CFL-Ni 2XPL-C 13W	\$ 120.000	Greenspace BBS180	\$ 145.000
Aumento en costo de Adquisición			
Aura CFL-Ni 2XPL-C 26W	\$ 155.000	Greenspace BBS181	\$ 180.000
Aumento en costo de Adquisición			
Tasas de Electricidad			
Precio kWh			
Sector no Residencial Industria y Comercio con Contribución Propiedad Cliente			395,5151

Como se enunció en la tabla 4 se sigue comparando la línea LED Greenspace (180 y 180) frente a la luminaria convencional Aura - Down light CFL-Ni - 2xPL-C13W / 2xPL-C26W. Su consumo energético ofrece una disminución del 65% (180/13W) y 45,45% (181/26W). Lo cual refleja su eficiencia luminosa de 39,55% (180/13W) y 48,8% (181/26W). Este tipo de rendimiento nos ofrece la posibilidad de un menor consumo. Su vida útil en ambas referencias es del 67%, lo cual beneficia la eficiencia del sistema. La única variable que se ve afectada es su flujo luminoso ya que ofrece en promedio 10% menos de los lúmenes que ofrece la tecnología convencional. Flujo que podría ser compensado por la utilización de más luminarias, solución que disminuiría la eficiencia luminosa en un grado mínimo.

Figura 16: Comparativo de consumo entre Aura 2X13W y BBS180

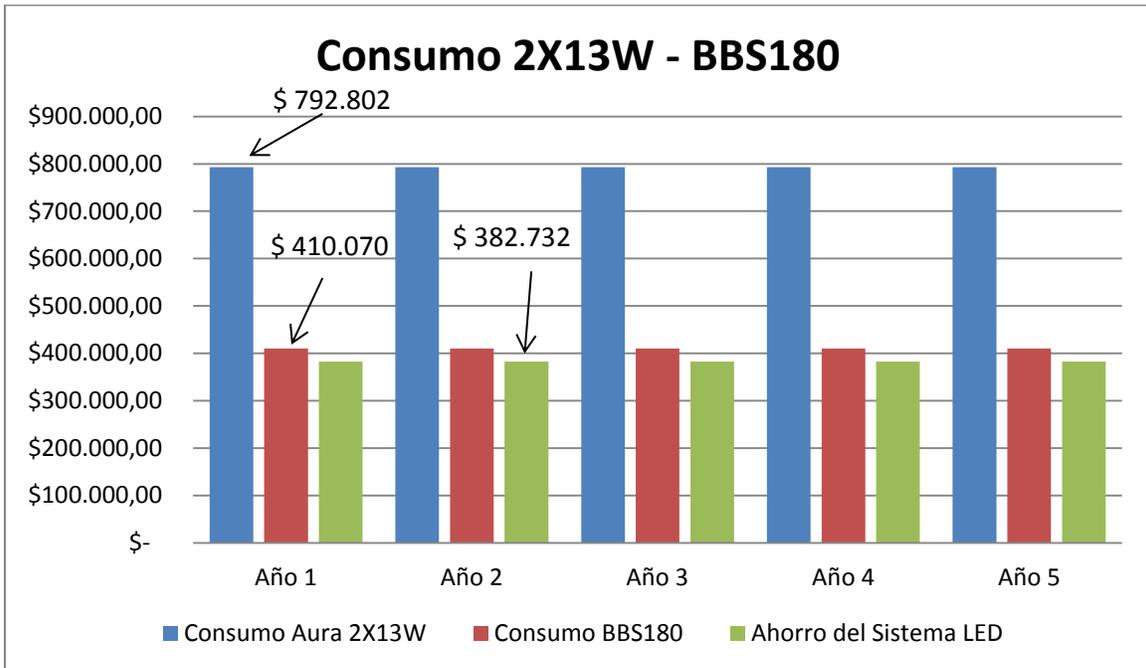
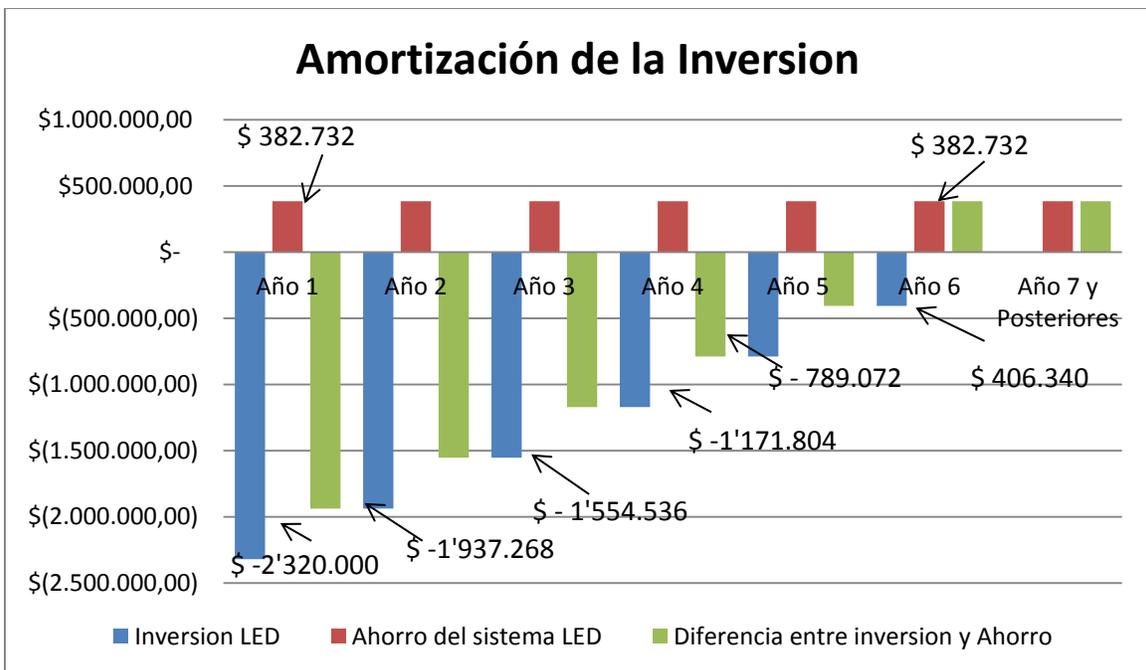


Figura 17: Amortización de la inversión LED BBS180



Como se puede observar en las figuras 16 y 17 los bombillos PL-C presentan un consumo moderado en comparación con los PL-T lo que al ser reemplazados por las luminarias LED nos sorprende con la amortización de su inversión, aunque su ahorro sea alto (48%). Este modelo genera beneficios a partir del año número 6. En ese momento todavía su ciclo productivo está activo y la luminaria no ha tenido que reemplazarse y su inversión podrá ser costeada por el ahorro que genera.

Figura 18: Comparativo de consumo entre Aura 2X26W y BBS181

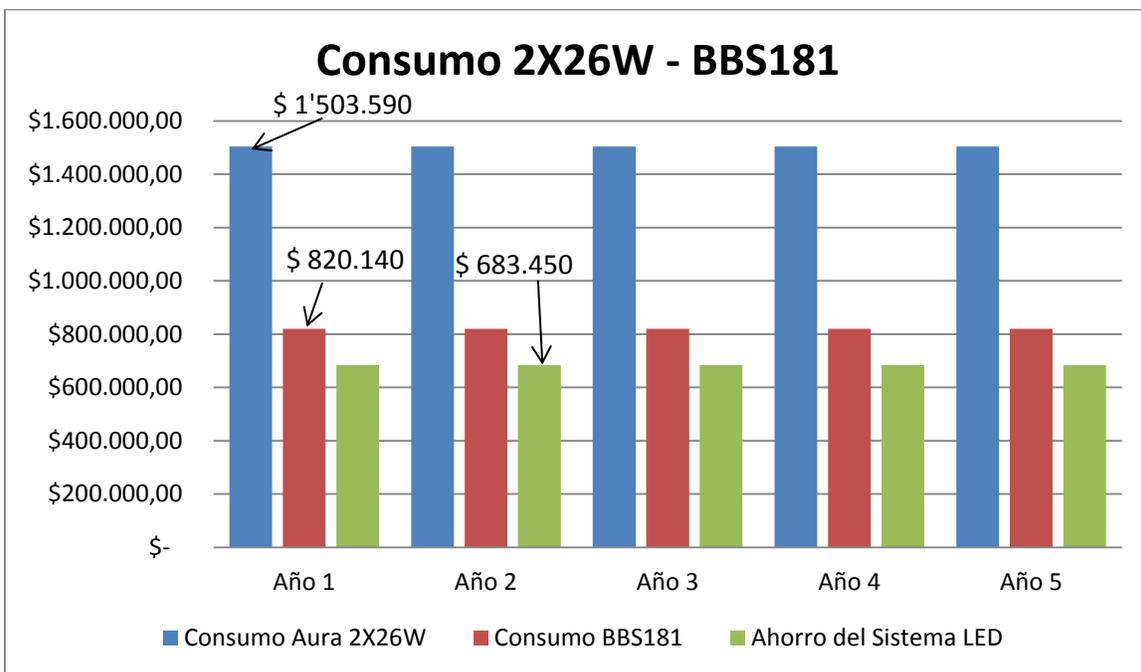
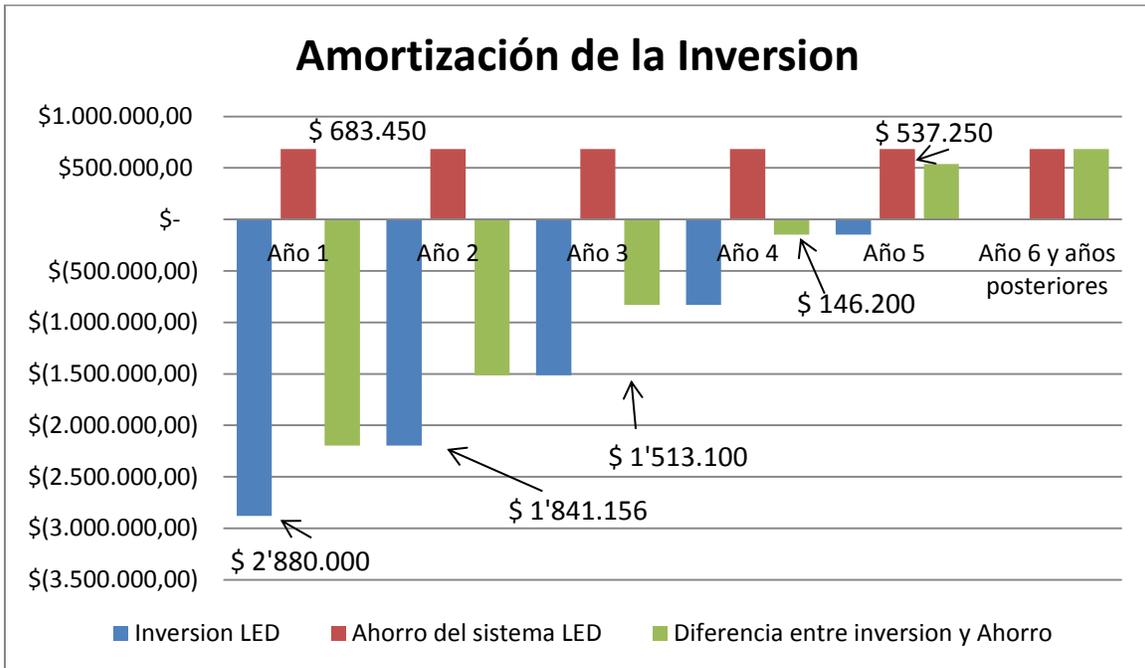


Figura 19: Amortización de la inversión LED BBS181



Una vez más se ratifica la hipótesis que entre mayor utilización de Watts en una luminaria convencional, mayor será el ahorro en comparación con una luminaria LED como lo muestran las figuras 18 y 19. En este caso los bombillos PL-C pero de mayor Vatiage (26W) el ahorro es más significativo junto con su amortización en el tiempo ya que a partir del año quinto empieza a generar beneficios después de haber solventado la inversión vía ahorro en energía. Ofreciendo \$ 683.450 pesos por año (ver tabla 5).

Tabla 5: Comparativo entre Firenze - Down light HID -MHN -TD o CDM - TD y Greenspace LED BBS 182

Comparación entre Luminaria más Bombillo y Luminaria LED			
Luminaria y Bombillo		Luminaria LED	
Firenze - Down light HID -MHN -TD ó CDM - TD			
Potencia Absorbida			
Firenze HID -MHN –TD (150W)	70W	Greenspace BBS182	40W
Firenze CDM – TD (150W)	70W		
Disminución del Consumo Energético			42,85%
Vida Útil			
10.500		30.000	
16.000			
Aumento de la vida útil HID-MHN-TD			65%
Aumento de la vida útil CDM-TD			47%
Flujo Luminoso (lm) – Factor LOR 60%			
3420		4.000	
3600			
Aumento del Flujo Luminoso HID			14.5%
Aumento del Flujo Luminoso CDM			10%
Eficacia Luminosa (Lm/W)			
48,86		100	
51,43			
Disminución del Flujo Luminoso HID			51.14%
Disminución del Flujo Luminoso CDM			48.57%
Costos			
Firenze HID -MHN –TD	\$ 280.000	Greenspace BBS182	\$ 220.00
Aumento en costo de Adquisición			21,5%

Firenze CDM – TD	\$ 265.000	Greenspace BBS182	\$ 220.00
Aumento en costo de Adquisición			17%
Utilización Horas/Año			4320
Tasas de Electricidad			
Precio kWh			
Sector no Residencial Industria y Comercio con Contribución Propiedad Cliente			395,5151

Este nuevo escenario en la tabla 5 se presenta al producto convencional de iluminación Firenze - Down light HID -MHN -TD o CDM – TD y la línea Greenspace BBS182. Este tipo de prueba es exigente para la luminaria ya que este tipo de bombillos reportan un alto nivel de lúmenes en comparación de los lúmenes que proporciona la tecnología LED, pero cuando este tipo de bombillas se utiliza en balas su lujo disminuye al no tener la tecnología de reflexión óptima que le permita aprovechar su flujo lumínico. Es por ello que su consumo energético reporta una disminución del 73,33% que es considerada alta en comparación de las luminarias comparadas anteriormente. Y su flujo luminoso no tiene tanta repercusión ya que solo aumenta en promedio un 12%, variable que no es tan destacada pero que puede llegar a ser compensada en el futuro por su aumento del 65% (182/HID-MHN) y 47% (182/CDM).

Por ello se debe recordar que por más que el bombillo sea muy potente y ofrezca una atractiva comparación frente a su consumo la valoración de la luminaria en su conjunto en todas las variables precedentes es la que cuenta y la que genera relevancia en el comportamiento del sistema de iluminación. Cabe resaltar que la tecnología Greenspace de Philips brinda a los usuarios un confort visual y no tiene inconvenientes en sus productos por sobrecalentamiento o mantenimiento de sus luminarias, ejemplo de ello es su sistema de disipación de calor que maneja equipos electrónicos que le permiten regular su temperatura por medio de ondas que extraen la temperatura en exceso del equipo. Adicional a ello el consumo se ve afectado en gran medida por su buena tecnología y desempeño. El mantenimiento de estos equipos es sencillo por su gran

capacidad de ser hermético y de tener beneficios a la hora de limpiarlo por su característica plástica. Además de esto sus materiales livianos y poca intensidad de temperatura que maneja la hacen perfecta para no dañar el ambiente donde se utilice. Además de ello no necesitan tiempo de pre encendido ya que encienden instantáneamente. Es por ello que se ratifica las balas LED en comparación con las balas convencionales y sus bombillos por tener una eficiencia energética alta y beneficios tangibles que duraran en el tiempo (ver figura 12).

Figura 20: Comparativo de consumo entre HID / CDM 1X70W y BBS182

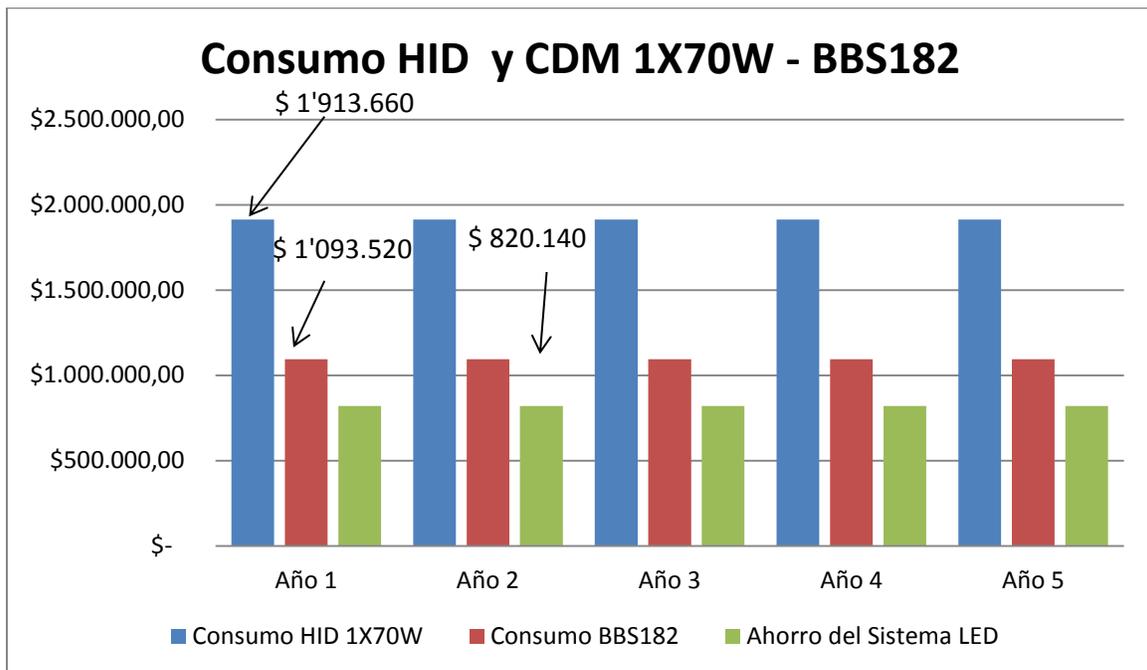
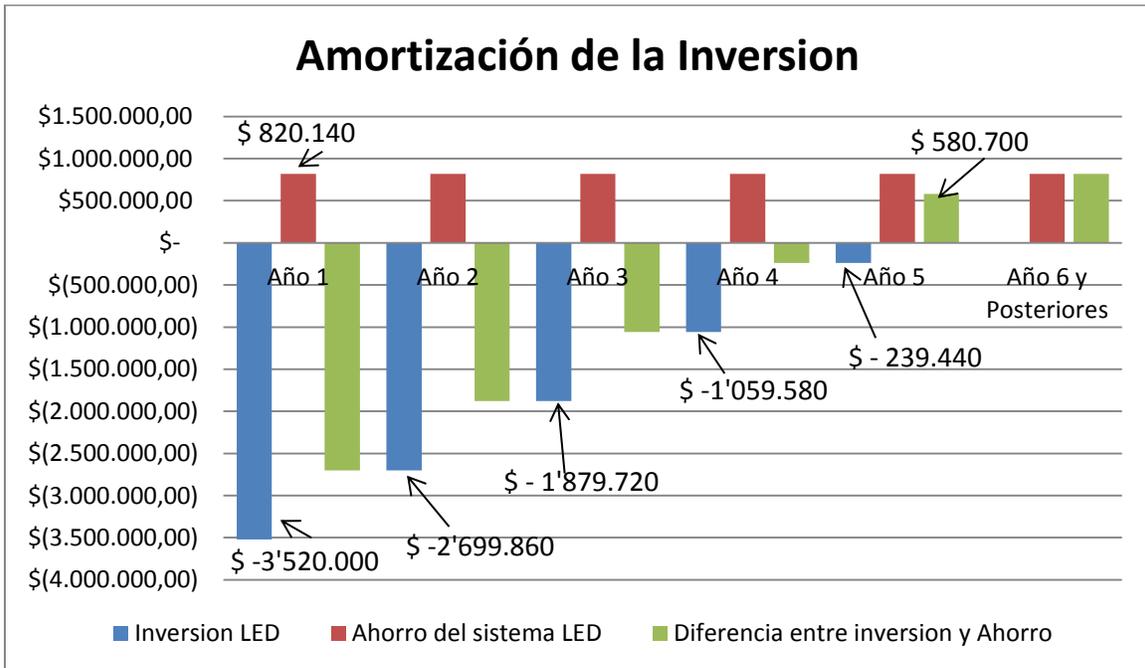


Figura 21: Amortización de la inversión LED BBS182



Como se puede evidenciar en las figuras 20 y 21 ambas tecnologías de bombillas utilizadas presentan un consumo de la misma equivalencia; por ello es posible estimar un ahorro superior al 40% de las tecnologías mencionadas. Brindando un ahorro de \$ 820.140 pesos por año. En el gráfico de la amortización del gasto. A partir del quinto año se ven las ganancias por el ahorro adquirido al cambiarse a la tecnología LED, se debe aclarar que el ahorro que genera la luminaria cubre el valor de la inversión de la nueva tecnología. Por ello es viable todo tipo de cambio a la tecnología LED que no sobrepase los años ya que la vida útil promedio de estas bombillas son 7 años.

4.5.3 Bombillas Halógenas u Ojos de Buey

Las bombillas halógenas con socket GU 10 y 5.3 presentadas en las figuras 22 y 23, generalmente son denominadas en el mercado ojos de Buey por su silueta circular y enfoque decorativo que tienen. Este tipo de bombillas son utilizadas para estilizar la decoración o diseño de un ambiente resaltando figuras o iluminando un espacio en el cual se quieren jugar con las sombras. Estas bombillas tienen un alto consumo de energía y una producción de calor muy alta, exceso de calor que fomenta la decoloración de los elementos que se ven afectados por este tipo de luz y aparición de manchas en el Draywall. En consecuencia de su alto consumo y limitados beneficios de su tipo de luz se encuentra la opción de reemplazar esta bombilla por luz LED. A continuación se presentan las bombillas mencionadas anteriormente:



Figura 22: Bombilla Halógena y LED GU 5.3



Figura 23: Bombilla Halógena y LED GU 10

Tabla 6: Comparativo entre Bombilla halógena y LED / GU 5.3 y 10

Comparación entre Bombillo Halógeno y LED			
Bombilla Halógena y LED / GU 5.3 y 10			
Tubos Fluorescentes		Tubos LED	
Potencia Absorbida			
Halógeno GU 5.3	50	Essential LED	5
Halógeno GU 10	50	AirFlux LED	6
Disminución del Consumo Energético GU 5.3		90%	
Disminución del Consumo Energético GU 10		88%	
Vida Útil			
2.000		25.000	
Aumento de la vida útil		92%	
Flujo Luminoso (lm)			
Halógeno GU 5.3	550	Essential LED	450
Halógeno GU 10	550	AirFlux LED	400

Disminución del Flujo Luminosos GU 5.3			18.9%
Disminución del Flujo Luminosos GU 10			27%
Eficacia Luminosa (Lm/W)			
	75		102
Halógeno GU 5.3	11	Essential LED	90
Halógeno GU 10	11	AirFlux LED	67
Aumento del Eficacia Luminosa GU 5.3			88%
Aumento del Eficacia Luminosa GU 10			84%
Costos			
Halógeno GU 5.3	5.000	Essential LED	28.500
Halógeno GU 10	5.000	AirFlux LED	28.500
Aumento del Costo GU 5.3			
Aumento del Costo GU 10			
Haz de Luz			
Halógeno GU 5.3	40°	Essential LED	35°
Halógeno GU 10		AirFlux LED	
Disminución del Haz de Luz GU 5.3 y GU10			12.5%
Tasas de Electricidad			
Precio kWh			
Sector no Residencial Industria y Comercio con Contribución Propiedad Cliente			395,5151

Como ya lo habíamos anticipado en la tabla 6 la bombilla tradicional halógena tiene un consumo excesivo para su función, en comparación con la bombilla LED, su consumo se reduce en un promedio de 89%, ese gasto energético que se ahorrará podrá ser utilizado en la inversión inicial de este tipo de bombillas. La disminución del flujo luminoso es algo más representativo ya que

su producción de lúmenes se ve afectada en un 20% en promedio. Perdida que puede ser compensada por una adhesión mínima de bombillas al sistema de iluminación. Por otro lado la vida útil del producto aumenta en un 92% ya que la tecnología LED es mucho más duradera y eficiente. Su haz de luz vuelve a ser una desventaja ya que experimenta una disminución del 12,5% esto genera como resultado un menor flujo luminoso y una apertura un poco reducida.

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación de esta tecnología. Para complementar la iluminación de un espacio en las instalaciones de una oficina, donde se llevan a cabo actividades operativas del día a día, se contemplan reemplazar 48 bombillas ojos de buey utilizadas en promedio 12 horas al día, ya que se cuenta con la infraestructura necesaria para reemplazar los bombillos obsoletos por Bombillas GU 5.3 y GU10. Se pretende buscar un equilibrio entre los equipos primarios con los secundarios siendo estos altamente eficientes y que tengan una vida útil amplia. Por esta razón el cliente no está dispuesto a encontrar soluciones a corto o mediano plazo que le acareen costos por mantenimiento frecuentemente. El análisis comparativo se muestra en las figuras 24 y 25.

Opciones

- Bombillas Halógenas que se encuentran en el mercado hasta que se agoten las existencias en referencias GU 5.3 y 10.
- Bombillas LED que tienen una vida útil de 25.000 horas, las cuales tienen un alto costo en comparación con la iluminación tradicional y son nuevas en el mercado.

Figura 24: Comparativo de consumo entre Consumo Halógeno 50W - LED GU 5.3 y 10

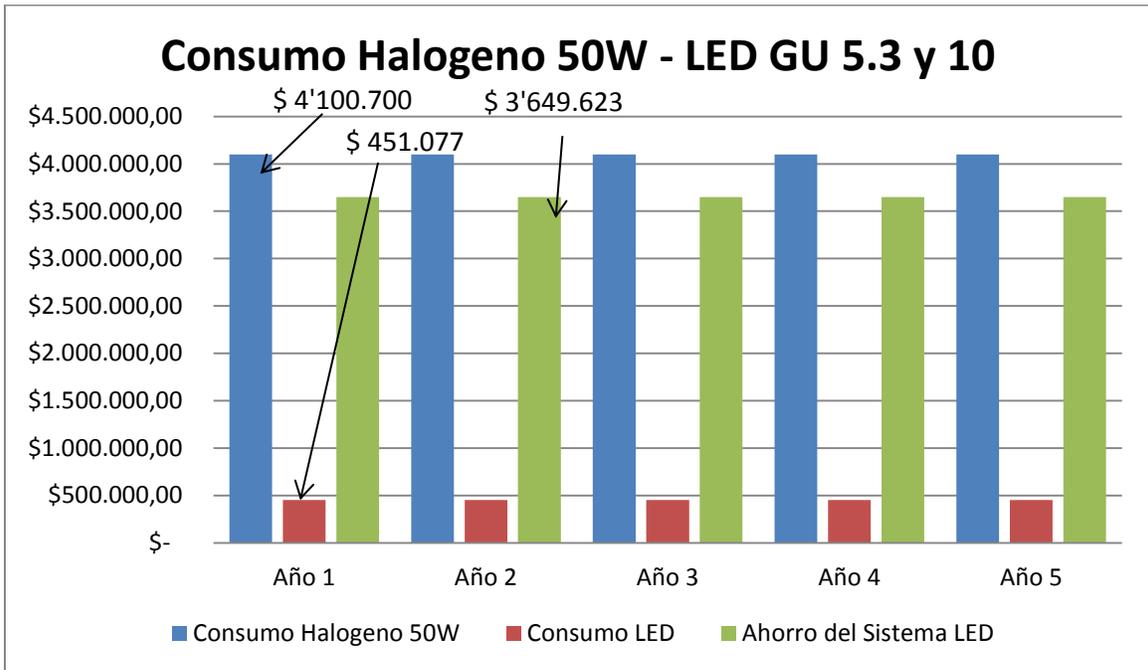
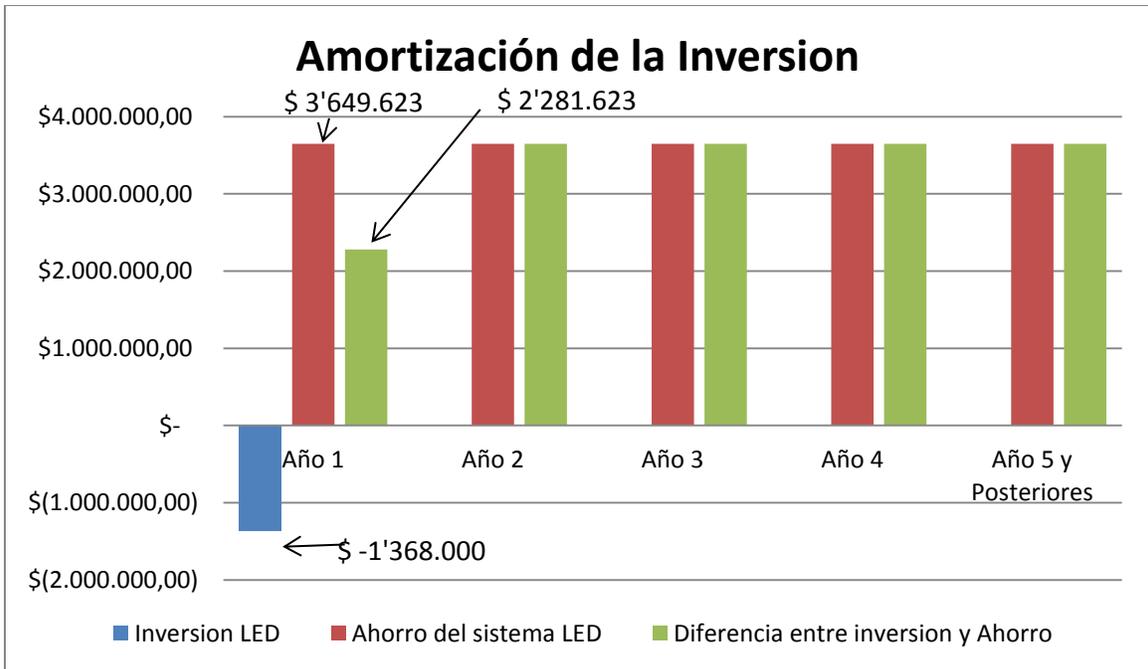


Figura 25: Amortización de la inversión LED bombillas GU 5.3 y 10



Como bien se pudo anticipar en la figura 24 y 25 el ahorro implica hacer el cambio tecnológico a LED genera beneficios económicos que son insostenibles para el modelo de luz tradicional. Es por esta razón que el consumo disminuye de manera vertiginosa en aproximadamente un 90%. Este ahorro permite amortizar la inversión en tan solo un año y disfrutar de la misma por aproximadamente 6 años más percibiendo el ahorro continuo de la luminaria. Una vez más se ratifican los beneficios de este modelo de iluminación que brinda soluciones eficientes al usuario.

4.5.4 Luminarias con tubos Fluorescentes (Planas)

Las luminarias presentadas en las figuras 26 y 27 se caracterizan por ser diseñadas para espacios donde la precisión de las áreas y la cobertura del mismo son vitales en su funcionamiento. Por esta razón utiliza revestimientos que le permiten reflejar el flujo luminoso y tratar de cubrir la mayor zona posible. Este tipo de luminarias representa una solución económica y efectiva para las tareas anteriormente mencionadas. La modalidad de estas luminarias puede ser para empotrar o colgante. Como se indica en las figuras. También presentan unas desventajas al ocupar un importante espacio en los cielos falsos y ser compleja instalación además de su pesado armazón. La tabla 7 muestra el análisis comparativo.

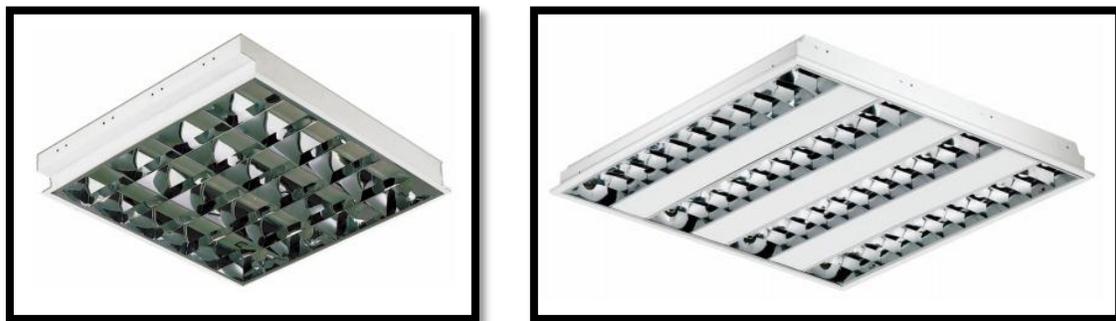


Figura 26: Luminarias TBS/TCS066 - 4x17W TL8 24C y TBS165 - 4xTL5 Luminaria



Figura 27: Luminaria Smart Panel LED - RC160V

Tabla 7: Comparativo entre TBS/TCS066 - 4X17W TL8 - TBS165 - 4XTL5 y Smart Panel LED - RC160V

Comparación entre Luminaria más Tubos y Luminaria LED			
Luminaria y Tubos		Luminaria LED	
TBS/TCS066 - 4x17W TL8 y TBS165 - 4xTL5			
Potencia Absorbida			
TBS/TCS066 4x17W TL8	68W	Smart Panel LED - RC160V	45W
Balasto Electrónico IOP4PSP32SC – (17W)	4		
TBS165 - 4xTL5	96W	Balasto	No requiere
Balasto Electrónico HF-R 424 TL5/PL-L EII 220-240V 50-60Hz	16,4		
Total TL8	72	Total	45W
Total TL5	88,4		
Disminución del Consumo Energético (17W)		58.33%	
Disminución del Consumo Energético (24W)		66%	
Vida Útil			
15.000		50.000	
20.000			

Aumento de la vida útil TL8	70%		
Aumento de la vida útil TL5	60%		
Flujo Luminoso (lm)			
3.533	4.400		
4.560			
Aumento del Flujo Luminoso	19,7%		
Disminución del Flujo Luminoso	3,5%		
Eficacia Luminosa (Lm/W)			
49	98		
51,6			
Aumento de Eficacia Luminosa	50%		
Aumento de Eficacia Luminosa	47.35%		
Costos			
TBS/TCS066 4x17W TL8 24C	\$ 195.000	Smart Panel LED - RC160V	\$ 220.000
TBS165 - 4xTL5	\$ 205.000		
Aumento en costo de Adquisición			
Tasas de Electricidad			
Precio kWh			
Sector no Residencial Industria y Comercio con Contribución Propiedad Cliente			395,5151

Como es evidente en la tabla 7 se puede observar el consumo energético de este tipo de luminarias disminuye un 58,33% (17W) y 66% (24W). Teniendo un ahorro potencial en el recibo de la factura. Su flujo luminoso aumenta en la referencia TBS/TCS066 4X17W TL8 frente al Smart Panel RC160V en un 19,7%. Mientras que en la otra referencia TBS165 4XTL5 se experimenta una disminución insignificante del 3,5% que no perturbará el ambiente donde sea aplicado. En cambio el aumento de su vida útil experimenta un cambio radical en promedio del

65%. Y su eficacia aumente en promedio 48% frente a la tecnología tradicional. Razones de peso para considerar un sistema de iluminación LED, de tecnología eficiente.

El ejemplo de aplicación de esta tecnología, implica que se necesita iluminar un espacio de 96m² que se utiliza para actividades de comercio y maquila de textiles; las dos actividades que se realizan requieren de un gran deslumbramiento ya que de ello depende la seguridad en los procesos. Además de ello el cuidado de los trabajadores que recibirán el beneficio de esta luz se encuentra de por medio. Se necesita una luminaria que sea empotrable o que pueda ser colgante. Este tipo de luz necesita cubrir espacio en su proyección con una altura de máximo 3,5 metros. Para ello se estima una media de 24 luminarias. La figura 28, 29 y 30 muestran un análisis comparativo de esta tecnología.

Opciones

- Luminarias TBS/TCS066 - 4x17W TL8 y TBS165 - 4xTL5 que por su versatilidad pueden ser utilizadas para abarcar espacios grandes y se presentan como una luminaria muy efectiva en sus tareas.
- Luminaria Smart Panel LED que ofrece un gran ahorro y amplia cobertura donde sea instalada. Su gran condición es el gran ahorro que produce además de su reducido tamaño en sus características de ancho.

Figura 28: Comparativo de consumo entre TBS/TCS066 4x17W TL8 y Smart Panel LED - RC160V

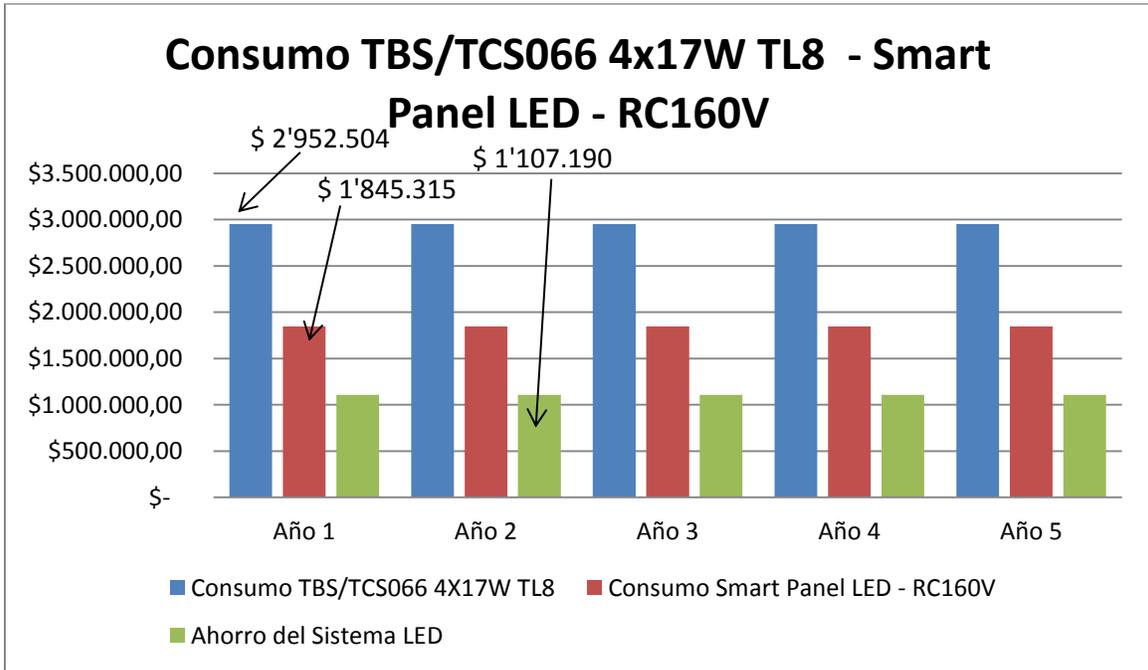


Figura 29: Comparativo de consumo entre Consumo TBS165 - 4xTL5 y Smart Panel LED RC160V

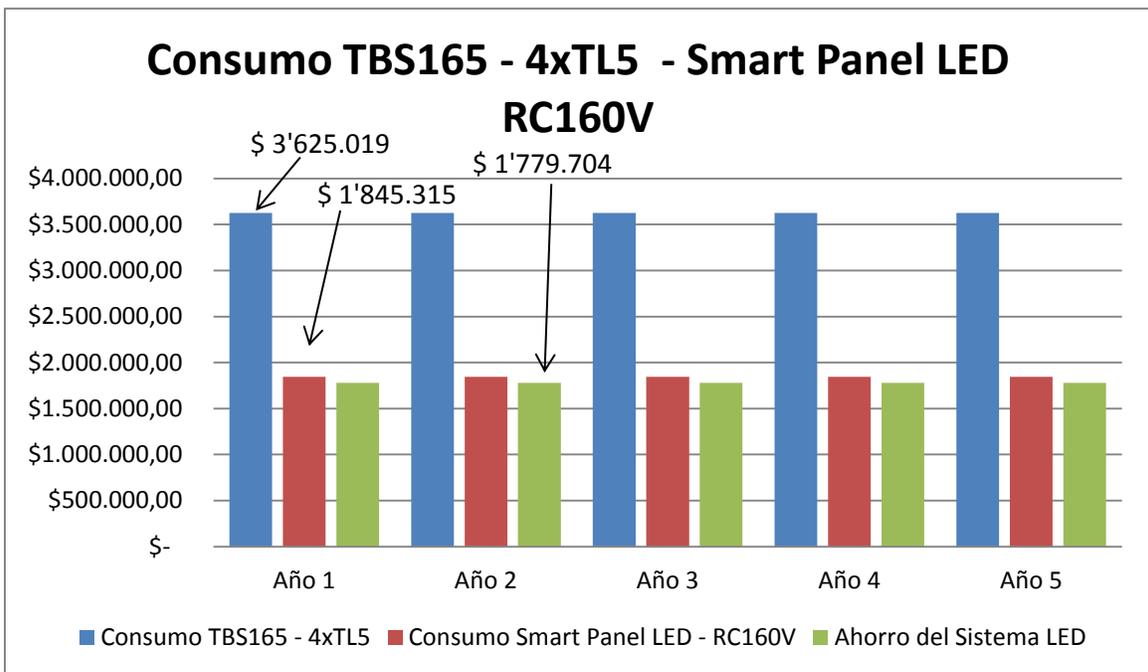
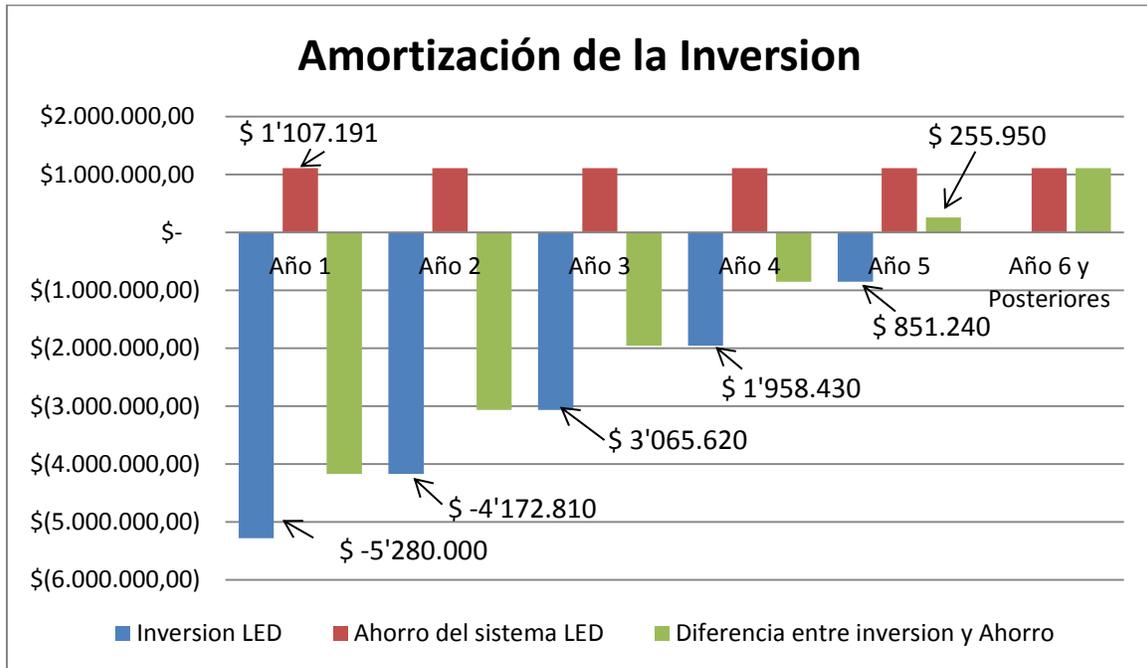


Figura 30: Amortización de la inversión LED BBS182



Como se evidencia en los cuadros 28, 29 y 30 el consumo de este tipo de bombillos HID y MD se reduce en más del 40%, y este fenómeno tiene una característica muy importante y es la razón que estos bombillos utilizan un porcentaje mínimo de la potencia absorbida en iluminación. Su flujo luminoso individual con una luminaria corriente es relevante mientras que en una bala de iluminación interna su rendimiento es muy bajo y las desventajas que se presentan en temas de repercusión al encendido y apagado, reproducción de color y vida útil hacen que este producto sea rechazado e inutilizado desde el 2014. Por otro lado la amortización de la bala LED dura un poco menos de 5 años ya que en este mismo año se obtienen beneficios. Pero la luminaria tiene otros cinco años aproximadamente de vida útil donde el usuario obtendrá beneficios económicos.

A continuación se presenta en la tabla 8 el resumen de los productos LED de los cuales se realizó la comparación y además de ello se destacan sus ventajas y desventajas, generando una recomendación de uso de las mismas.

Tabla 8: Resumen de productos LED

Producto	Ventajas	Desventajas	Áreas recomendadas de Uso
<p>Tubo LED 19W</p> 	<p>Menor Consumo (63,37%)</p> <p>Mayor vida útil (62,5)</p> <p>Mayor Eficacia Luminosa (36%)</p> <p>Aumento en Años de Utilización (5,8)</p> <p>Pago de la inversión vía ahorro en 2 años.</p>	<p>Menor Flujo Luminoso (7,14%)</p> <p>Mayor Costo de Adquisición (21,7%)</p>	<p>Parqueaderos cubiertos/descubiertos</p> <p>Cámaras frías</p> <p>Almacenes</p> <p>Áreas de transporte y distribución</p> <p>Hoteles, Restaurantes, Industria y Oficinas</p>
<p>Bala LED Greenspace BBS 180/181/182</p> 	<p>Menor consumo Promedio (50%)</p> <p>Mayor vida útil promedio (64%)</p> <p>Aumento de Flujo luminoso Promedio (3%)</p> <p>Mayor Eficacia Luminosa (51%)</p> <p>Pago de la inversión vía ahorro en 4,4 años.</p>	<p>Mayor costo de Adquisición</p> <p>Promedio (25,78%)</p>	<p>Áreas de transporte y distribución</p> <p>Hoteles, Restaurantes, Industria y Oficinas</p> <p>Comercio en General</p>
<p>Bombillas Ojos de Buey</p>	<p>Menor consumo</p>	<p>Mayor costo de</p>	<p>Hoteles</p>

**Airflux GU10 y
Essential GU 5.3**



Promedio (89%) Adquisición Hospitales
 Mayor vida útil Promedio Tiendas
 promedio (92%) (82,45%) Restaurantes
 Aumento de Hogar
 Flujo luminoso Museos
 Promedio Oficinas
 (8,1%)
 Mayor Eficacia
 Luminosa
 (48,7%)
 Pago de la
 inversión vía
 ahorro en 1 año.

Menor consumo Mayor costo de Oficinas
 Promedio Adquisición Tiendas
 (62,2%) Promedio (9,1%) Hostelería
 Mayor vida útil Hospitales
 promedio (65%)
 Mayor Eficacia
 Luminosa (86%)
 Pago de la
 inversión vía
 ahorro en 5
 años.

4.5 Índice de Eficiencia Energética

El IEE es un factor que mide la eficiencia energética de un sitio iluminado y que, al mismo tiempo, ayuda a las partes involucradas de un proyecto (Proveedor, Cliente, Auditores y Personal de mantenimiento) a realizar un auto-control del trabajo realizado. Este Índice de eficiencia se toma de las guías de eficiencia energética de iluminación creadas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de Iluminación (CEI) en el año 2001. Quienes argumentaron que el índice de eficiencia energética se puede expresar en función de los vatios instalados por metro cuadrado, para un nivel de iluminación determinado y referenciado a 100 lux.

$$IEE = W/m^2 \times 100 \text{ lux}$$

Ejemplo:

Supongamos que en un espacio de 30 m², se iluminó con un conjunto de luminarias cuya potencia eléctrica total es de 1440 W, para obtener una iluminancia de 1500 lux.

El cociente entre la potencia eléctrica y la superficie (1440/30) es de 48 W/m² de donde:

$$IEE (W/m^2 - 100 \text{ lux}) = 48 \times 100/1500 = 3,2$$

Este índice nos ayuda a evaluar el proyecto desde el punto de vista energético y de aprovechamiento, ya que al calcular la potencia total instalada por m², en función del nivel de iluminación que se desea conseguir, tiene en cuenta tanto la eficacia de las lámparas, como las pérdidas de los equipos empleados para el funcionamiento de las mismas, es decir del aprovechamiento o no de las luminarias donde estas lámparas están instaladas. Cuanto más eficiente sea el conjunto (Luminaria y Bombilla) menor será el índice de eficiencia energética.

4.6 Procedimiento para llevar a cabo la realización de un proyecto de iluminación eficiente

Todos los proyectos de iluminación requieren de planificación y procedimientos que informan de los pasos que se deben tomar para elegir la mejor ruta para iluminar un proyecto. A continuación se presenta una propuesta del procedimiento que se podría llevar a cabo para generar un proyecto de iluminación eficiente:

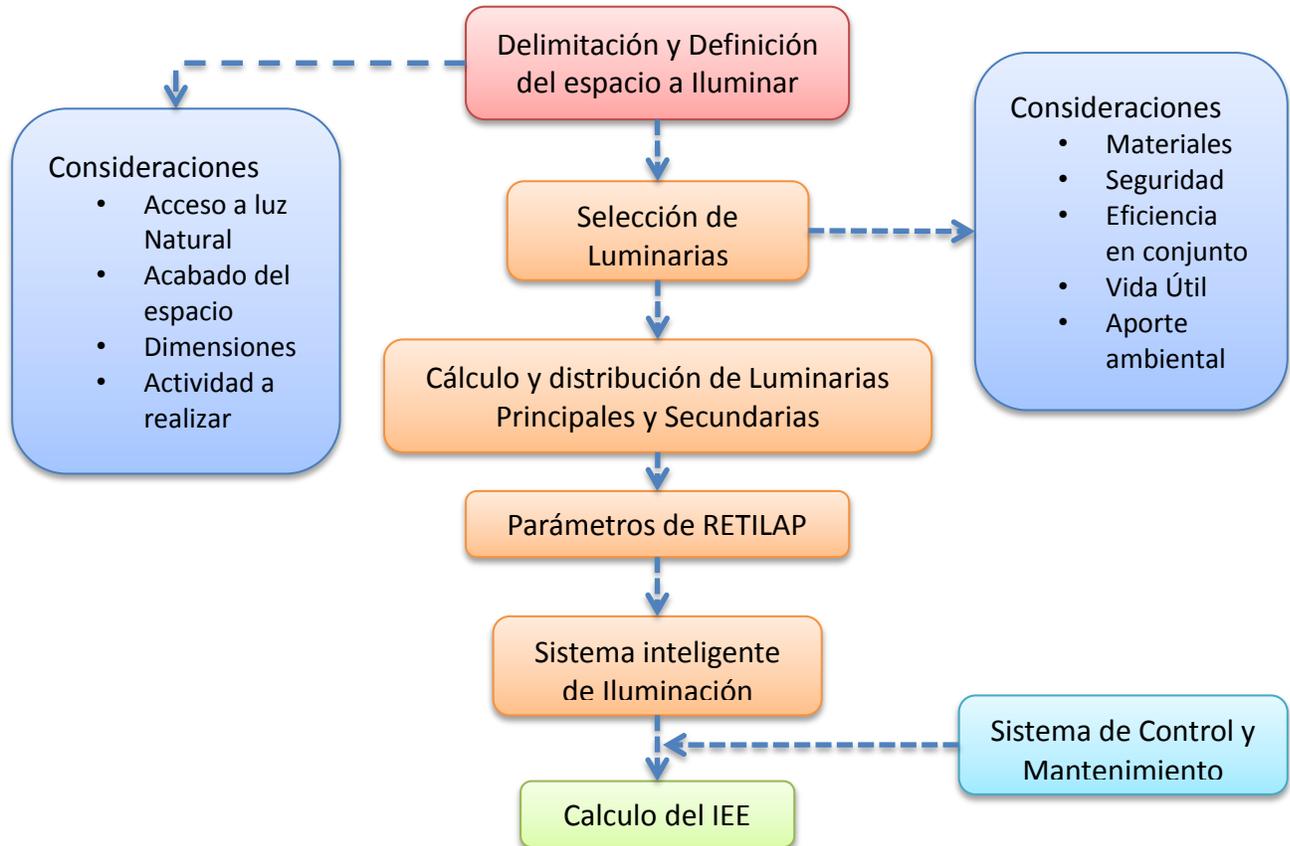


Figura 31: Mapa para llevar a cabo un proyecto de iluminación eficiente

El procedimiento mostrado en la figura 31 contempla herramientas básicas para la concepción de un proyecto de iluminación como: la delimitación o definición del espacio; con este primer paso se intenta identificar las necesidades de iluminación según sea la actividad a realizar, el espacio, el acceso a la luz natural y por último el tipo de acabado. De esta manera y con este tipo de información es posible proceder con cambios permitidos en la infraestructura o continuar con

la elección de luminarias donde se considerará entre otras variables su eficacia luminosa, vida útil, flujo luminoso, entre otras. Acorde a ello se realizará la distribución de las luminarias primarias y secundarias (Decorativa y de resaltar). Todas las luminarias deben cumplir con los requisitos del Retilap al igual que su funcionamiento en conjunto y los parámetros de deslumbramiento según el espacio y la actividad. Adicional a esto es relevante contar con un sistema de iluminación inteligente con sensores y fotoceldas que controle los niveles de luz artificial en contraste con la luz natural, con sensores que permitan percibir la necesidad de luz en un espacio según sea su tráfico y ocupación. Como anexo se debe definir un plan de mantenimiento y control de los sistemas instalados para que continuamente se verifique el estado de los elementos que nos permite ofrecer una iluminación eficiente con un deterioro bajo a través del tiempo. Por último se realizará la estimación del Índice de Eficiencia Energética que en fin último será el parámetro que nos indicará si es y en qué grado un proyecto de iluminación eficiente. Cabe resaltar que la creación de este mapa de procedimiento estuvo argumentada bajo los modelos de proceso de iluminación de Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de Iluminación (CEI) y las guías didácticas de iluminación del sector terciario y residencial en Colombia. Con esta mezcla de conocimientos más los conocimientos adquiridos en el campo se logran proponer este modelo de iluminación eficiente.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES

Como se evidenció en Colombia existen pocos ejemplos de iluminación eficiente y muchos ejemplos de desperdicio de energía y tecnologías obsoletas de iluminación, característica que puede ser un problema a futuro, ya que el país está en vía de desarrollo y el desarrollo se traduce en capacidad, tecnología, innovación y en general superar la barrera de lo tradicional y adoptar nuevos modelos. Por esta razón, es de vital importancia que se adopten tecnologías amigables con el medio ambiente, que potencien el uso del recurso energético y con ello el crecimiento económico. Para ello, el presente trabajo estructuró un modelo de iluminación eficiente en espacios interiores que permita obtener beneficios técnicos, económicos y ambientales para las diferentes partes interesadas a lo largo de la cadena de valor involucrada en este negocio. Con ello se pretende beneficiar tanto a importadores, exportadores, productores, intermediarios y usuarios finales. Con dicho modelo se busca reflejar los beneficios de las tecnologías LED y complementarias frente al modelo de iluminación convencional. Por esta razón se seleccionaron los productos genéricos más utilizados en la iluminación de interiores comparando características, comportamientos y ahorro generado de las dos tecnologías. Con el fin de evidenciar las tendencias de ahorro, eficiencia y de bienestar para la salud. Con esto se logró demostrar las ventajas del nuevo modelo de iluminación formulando parámetros básicos para iluminar un espacio de manera eficiente. Para esto se recurrió a la literatura disponible y la estructuración de varios parámetros y criterios como índices, características de productos, exigencias técnicas y aspectos económicos para llevar a cabo un modelo de iluminación eficiente que puede ser utilizado por cualquiera de las partes involucradas generando principalmente beneficios a los usuarios finales.

Como resultados se evidencio que la tecnología LED que se encuentra en el mercado es una solución de iluminación eficiente que brinda a los negocios o proyectos ventajas sostenibles en el tiempo debido a su característica ecológica, ahorro, larga duración y bienestar que genera a los usuarios. Además de esto se pudo constatar que los productos LED tienen un valor alto en comparación con los precios de los productos convencionales; donde las principales ventajas es el promedio de vida útil que se triplican el tiempo y el consumo entre un 50% a 90% menos de electricidad, lo cual permite amortizar la inversión en el tiempo haciéndolo una inversión segura

y rentable. Es por esta y otras razones que se demostraron en la investigación, la clara necesidad de que en Colombia los modelos de iluminación cambien de manera radical en el uso de productos ineficientes como los productos actuales en el mercado y se inclinen por invertir en productos de calidad; que representen no solo estándares internacionales sino, que utilicen tecnologías limpias en su producción y reducción de consumo en su uso. Al ser una debilidad del país se aprecia la gran oportunidad para ser pionero en la región del cambio tecnológico a nivel de iluminación LED, apropiándose de esta tecnología y con ello generar una mejora ambiental y desarrollo en su entorno.

Bibliografía

1. Tanides, Carlos, 2002. Manual de Iluminación Eficiente. Seminario de Iluminación Eficiente. Universidad Tecnológica Nacional y ELI Argentina, 2-12. Recuperado el 14 de enero de 2014 de: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap01.pdf>
2. Ministerio de Minas y Energía, Republica de Colombia, 2010. Uso Racional y Eficiente De la Energía en El Contexto Colombiano. San Andrés – Colombia, 5-32. Recuperado el 14 de diciembre de 2013 de: http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGIA/URE/Informe_Final_Consultoria_Plan_de_accion_Proure.pdf
3. Programa de uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales - PROURE, 2010. Ministerio de Minas y Energía, Republica de Colombia. Plan de acción indicativo 2010-2015 resumen ejecutivo Recuperado el 18 de diciembre de 2013 de: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/2/plan.pdf>
4. Ministerio de Minas y Energía, Republica de Colombia, 2012. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE. Recuperado el 15 de Noviembre de 2013 de: http://www.minminas.gov.co/minminas/energia.jsp?cargaHome=3&id_categoria=157&id_sucategoria=770
5. Ministerio de Minas y Energía, Republica de Colombia, 2011. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP. Recuperado el 15 de Noviembre de 2013 de: <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevistas/7853.pdf>
6. Seifried, Dieter & Ö-quadra,t Büro, 2009. Ahorrar dinero con una iluminación mejor - Proyecto Piloto de Iluminación Eficiente en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Alemania. 8-26. Recuperado el 12 de enero de 2014 de: http://www.scp-centre.org/fileadmin/content/files/project/mexico_university/UNAM_lay_es-end.pdf
7. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de Iluminación (CEI), 2001. Guía Técnica de Iluminación Eficiente – Oficinas. 8 -27. Recuperado el 9 de febrero de 2014 de: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_oficinas_01_dac0f81.pdf

8. Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, 2010. Proyección de Demanda de Energía en Colombia. Revisión Octubre de 2010. Subdirección de Planeación Energética. Grupo de Demanda Energética. Luis Carlos Romero, Ismael León Muñoz, Jaime Fernando Andrade Mahecha. 67 – 75. Recuperado el 13 de enero de 2014 de: http://www.upme.gov.co/Docs/Energia/PROYECC_DEMANDA_ENERGIA_OCTUBRE_2010.pdf
9. Prias, Omar, 2010. Plan de Acción Indicativo 2010 - 2015 Colombia. 3-10. Recuperado el 05 de febrero de 2014 de: http://www.upme.gov.co/Eventos/URE_2011/Olga_Victoria_Gonzalez_%20PROURE.pdf
10. Philips, Catalogo en línea de iluminación, 2014 Bombillas Profesionales, Bombillas LED. Iluminación para profesionales. Recuperado el mes de mayo de 2014 de: <http://www.lighting.philips.com.co/products/index.wpd>.
11. Fenercom, Guía Técnica de Iluminación Eficiente – Sector Residencial y Terciario. Madrid Ilumina Ahorrando Energía. Recuperado el 24 de marzo de 2014 de: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion-eficiente-sector-residencial-y-terciario-fenercom.pdf>
12. Lutron, 2012. Caso de Éxito Hotel JW Marriott Bogotá, Colombia. Lutron Electronics Co, Inc. Recuperado el 19 de marzo de 2014 de: <http://www.master.cedint.upm.es/content/download/4052/24646/file/JP%20Marriott%20Bogota-1.pdf>.
13. Cuartas, Pablo. 2009. Naturaleza de la Luz. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Instituto de Física Recuperado el 29 de enero de 2014 de: http://urania.udea.edu.co/sitios/cece/pages/astroph-2009-2.rs/files/astroph-2009-20yapk/files/elemfileskeyad/Naturaleza_de_la_Luz_05-09-09_Astroph20092_V02.pdf