

**USO RACIONAL DE LA ENERGÍA, EN LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA  
FOTOVOLTAICO AISLADO CON LUMINARIA TIPO LED, EN SENDERO  
PEATONAL DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

Andrés Felipe Echeverry Ochoa  
Edwin Andrés Mendoza Zapata  
Luis Felipe López Valle

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
2015**

**USO RACIONAL DE LA ENERGÍA, EN LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA  
FOTOVOLTAICO AISLADO CON LUMINARIA TIPO LED, EN SENDERO  
PEATONAL DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

Andrés Felipe Echeverry Ochoa  
Edwin Andrés Mendoza Zapata  
Luis Felipe López Valle

Proyecto de grado para optar al título de Ingenieros Electricistas

**ASESOR**  
SAMUEL ALVAREZ ARBOLEDA

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
2015**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

Firma

Nombre

Presidente del jurado

---

Firma

Nombre

Jurado

---

Firma

Nombre

Jurado

**Medellín, Diciembre de 2015**

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>1. <i>EI PROBLEMA</i>.....</b>	<b>9</b>
<b>2. <i>JUSTIFICACIÓN</i>.....</b>	<b>10</b>
<b>3. <i>OBJETIVOS</i>.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 GENERAL.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 ESPECÍFICOS.....</b>	<b>11</b>
<b>4. <i>REFERENTES TEÓRICOS</i>.....</b>	<b>12</b>
<b>4.1 PROGRAMA DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA,     PROURE.....</b>	<b>12</b>
<b>4.2 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ALUMBRADO PÚBLICO EN     COLOMBIA.....</b>	<b>14</b>
<b>4.3 ¿CUÁNDO Y CÓMO HACEMOS URE?.....</b>	<b>15</b>
<b>4.4 QUÉ ES ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....</b>	<b>15</b>
<b>4.5 REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO     .....</b>	<b>17</b>
<b>4.5.1 Sección 200 requisitos generales de un sistema de iluminación..</b>	<b>17</b>
<b>4.5.1.1 200.1 Reconocimiento del sitio y objetos a iluminar.....</b>	<b>17</b>
<b>4.5.1.2 200.2 Requerimientos de iluminación.....</b>	<b>17</b>
<b>4.5.1.3 200.3 Selección de luminarias y fuentes luminosas.....</b>	<b>17</b>

4.5.2	210.3 Criterios de uso racional y eficiente de energía en sistemas de iluminación.....	18
4.5.2.1	210.3.2 APLICABLES AL ALUMBRADO EXTERIOR Y PÚBLICO .....	19
4.5.3	Tendencias en relación con la energía .....	20
5.	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>
5.1	TIPO DE ESTUDIO .....	21
5.2	MÉTODO.....	21
5.3	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	21
5.3.1	Fuentes primarias .....	21
5.3.2	Fuentes secundarias .....	22
5.4	POBLACIÓN .....	22
6.	<b>RESULTADOS DEL PROYECTO.....</b>	<b>23</b>
6.1	USO RACIONAL DE LA ENERGÍA EN LA INSTALACIÓN DE LUMINARIAS TIPO LED EN EL SENDERO PEATONAL DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO. ....	23
6.1.1	Proyección de consumo energético de luminarias convencionales VSAP vs luminarias tipo LED. ....	27
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>33</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>34</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Potenciales y metas de ahorro en energía eléctrica .....	14
Tabla 2. Ficha técnica de las luminarias .....	26
Tabla 3. Proyección de consumo mensual Luminaria VSAP vs Luminaria Led .....	28
Tabla 4. Consumo mensual proyectado con instalación de luminaria VSAP.....	29
Tabla 5. Consumo mensual proyectado con instalación de luminaria tipo LED.....	30
Tabla 6. Consumo mensual proyectado VSAP vs LED .....	31

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proyección de la demanda final de energía.....	13
Figura 2. Plano de la distribución de las luminarias .....	24
Figura 3. Fotografía de las luminarias a utilizar en la instalación del proyecto .....	26

## INTRODUCCIÓN

Los errados y excesivos hábitos de consumo de energía presentados en la actualidad crean la necesidad de promover actividades que potencien el uso eficiente y racional de la energía, el país en general debe actuar en pro de generar una cultura de bajo consumo, el notable agotamiento de los recursos no renovables, exigen encaminar las estrategias en pro de buscar soluciones que ayuden a disminuir el consumo innecesario a la vez que se crea conciencia de la necesidad evidenciada, es por ello que en concordancia con las políticas públicas implementadas en el país, la Institución Universitaria Pascual Bravo, busca establecer proyectos de infraestructura que beneficien a la comunidad académica a la vez que establecen cambios de cultura y permiten reducir los gastos operativos.



## **1. EI PROBLEMA.**

Buscando encaminar las obras de infraestructura necesarias en la Institución Universitaria Pascual Bravo, hacia el Uso Racional de la Energía, se encontró que la misma, cuenta con un sendero peatonal en la entrada principal desprovisto de iluminación, por ello que se hace necesario la generación de un proyecto de desarrollo social, que permita iluminar dicho sendero y a la vez que esté encaminado hacia el establecimiento de estrategias de uso racional de la energía, a través del cual pueda aprovecharse de manera eficiente, sin perder las condiciones necesarias en el aprovechamiento del servicio que esta provee.

El objetivo principal de iluminar el sendero peatonal está en proporcionar las condiciones de seguridad necesarias, que generen a los peatones la sensación de confort y una adecuada visibilidad a los beneficiarios de la misma, por otro lado se encuentra, encaminar las estrategias en las obras de infraestructura de la Universidad en proyectos que permitan establecer mecanismos en el uso racional de la energía y fuentes no convencionales, es por ello que se busca instalar la iluminación en dicho sendero por medio de paneles solares fotovoltaicos, ubicados estratégicamente para facilitar el ahorro de energía sin perjudicar el confort y las condiciones visuales necesarias en el sector.

## 2. JUSTIFICACIÓN.

La creciente demanda de energía eléctrica a nivel mundial, evidencia la necesidad de crear proyectos de infraestructura que permitan hacer uso eficiente y racional de la energía eléctrica, tal y como lo evidencia la Unidad de Planeación Minero energética, *“Para generar energía eléctrica en Colombia contamos con termoeléctricas, las cuales se encargan de convertir carbón en energía eléctrica. Si empezamos a hacer URE en iluminación cambiando las bombillas, cada año las termoeléctricas dejarían de utilizar millones de toneladas de carbón. Esto representaría cantidad considerable de toneladas de dióxido de carbono que se dejarían de emitir a la atmósfera, el cual es uno de los principales gases causantes del efecto invernadero. De esta forma dejaríamos de contribuir al calentamiento global y a las inundaciones cada vez más frecuentes en todo el planeta”* (Upme, 2007).

Lo anterior evidencia una marcada necesidad a nivel de país de establecer no solo políticas públicas en este tema, si no mecanismos de acción que permitan mitigar la demanda actual de energía y que a su vez permitan generar cultura y conciencia de la importante de los recursos no renovables. El sistema fotovoltaico aislado con luminaria tipo LED, aparte de ser una alternativa estética para la zona peatonal a iluminar, es una alternativa de reducción de consumo de energía por parte de la institución, ya que la misma se destaca por su considerable ahorro energético.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Establecer mecanismos de Uso Racional de la Energía, en la instalación del sistema fotovoltaico aislado con luminaria tipo LED, en sendero peatonal en la Institución Universitaria Pascual Bravo.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Diagnóstico y valoración del consumo energético en alumbrado público generado en la Institución Universitaria Pascual Bravo
- Proyección de consumo energético de luminarias convencionales vs Luminarias tipo LED.
- Análisis de la recuperación de la inversión del proyecto, de acuerdo a la proyección de consumo y ahorro energético obtenido tras su instalación.
- Matriz análisis de resultado de energía eléctrica.

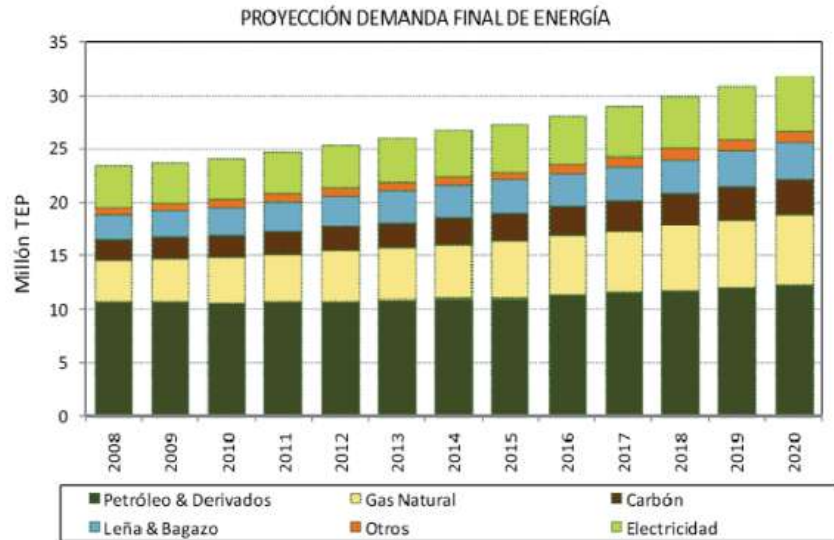
## **4. REFERENTES TEÓRICOS**

Dentro de los referentes teóricos que sirven de base para el desarrollo de un proyecto en el tema de instalaciones eléctricas tenemos las siguientes:

### **4.1 PROGRAMA DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA, PROURE.**

La priorización y enfoque de las estrategias, subprogramas y líneas de acción del programa de Uso Racional y Eficiente de Energía PROURE se orientan fundamentalmente a la disminución de la intensidad energética, al mejoramiento de la eficiencia energética de los sectores de consumo y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, en función de la identificación de los potenciales y la definición de metas por ahorro energético y participación de las fuentes y tecnologías no convencionales en la canasta energética del país. Adicionalmente la disponibilidad de los recursos energéticos y el comportamiento de la demanda y su relación con la productividad de los sectores estratégicos, la intensidad energética, la calidad de vida de la ciudadanía y la disminución de los gases de efecto invernadero, se constituyen en elementos de política como propósito fundamental del PROURE, (Prias, 2010).

**Figura 1. Proyección de la demanda final de energía**



**Fuente:** Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía, PROURE, Unidad de Planeación Minero Energética UPME.

En la dinámica de la economía global, el Uso Racional y Eficiente de Energía ha evolucionado hacia La Eficiencia Energética como un concepto de cadena productiva, dinámico, en permanente cambio de acuerdo con los nuevos enfoques del desarrollo sostenible en relación con la disminución de los impactos ambientales, el incremento de la productividad, el manejo eficiente de los recursos y su impacto en las organizaciones y en los procesos productivos. En este contexto, un programa nacional se constituye como uno de los mecanismos de mayor impacto e importancia que permite asegurar el abastecimiento energético, la competitividad de la economía nacional, la protección del consumidor, la protección del medio ambiente y la promoción de las fuentes energéticas no convencionales como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, de acuerdo con lo establecido en la ley. Así, entonces, el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía establece un plan de acción al 2015 con visión al 2020 en donde el periodo entre el 2015 y 2020 corresponde a una segunda fase del plan, con estrategias y acciones que deben desarrollarse mediante la concertación de los alcances y establecimiento de los compromisos con los actores tanto públicos como privados

para lograr los impactos esperados en productividad, competitividad, disminución de la intensidad energética, disminución de los impactos ambientales, el mejoramiento de la calidad de vida y en el acceso a fuentes limpias y renovables para todos los ciudadanos. Adicionalmente, de acuerdo con lo establecido en la ley se deben aplicar gradualmente subprogramas y acciones para que toda la cadena energética, esté cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética y sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables, (Prias, 2010).

**Tabla 1. Potenciales y metas de ahorro en energía eléctrica**

Sector	Potencial de Ahorro de Energía*	Meta de Ahorro de Energía
RESIDENCIAL	10.6%	8.7%
INDUSTRIAL	5.3%	3.4%
COMERCIAL, PÚBLICO Y	4.4%	2.7%
<b>TOTAL</b>	<b>20.2%</b>	<b>14.8%</b>

**Fuente:** Potenciales de ahorro de energía eléctrica a 2015 estimados por el UPME

En la dinámica de la economía global, el Uso Racional y Eficiente de Energía ha evolucionado hacia La Eficiencia Energética como un concepto de cadena productiva, dinámico, en permanente cambio de acuerdo con los nuevos enfoques del desarrollo sostenible en relación con la disminución de los impactos ambientales, el incremento de la productividad, el manejo eficiente de los recursos y su impacto en las organizaciones y en los procesos productivos, (Prias, 2010).

#### **4.2 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ALUMBRADO PÚBLICO EN COLOMBIA**

En el siguiente cuadro se observa que el 3% del consumo total de energía eléctrica en Colombia para el año 2005 fue por funcionamiento del alumbrado público. Aunque este porcentaje de energía es bajo, se puede distinguir al alumbrado público como un importante foco para el ahorro de energía y la aplicación del uso racional

de la energía o URE, ya que la demanda estimada de energía para el año 2007 está alrededor de 52 850 GWh. Este 3% se traduce en 1 600 GWh que en costos, con la tarifa promedio de 228 \$/kWh, representa la no despreciable suma de \$364 800 millones de pesos al año, (Upme 1, 2007).

### **4.3 ¿CUÁNDO Y CÓMO HACEMOS URE?**

El uso racional de energía en alumbrado público se hace utilizando luminarias de potencias adecuadas y en cantidades suficientes para lograr niveles de iluminación óptimos. También se regula y se hace URE cuando se mantienen las instalaciones del alumbrado público en buen estado, velando por su seguridad y sobre todo cuando se realizan actividades de limpieza a las luminarias para evitar que la capa de suciedad haga ineficiente el uso de la energía (Upme 1, 2007).

Una solución para reducir el consumo de energía por alumbrado público es el cambio de tecnología pasando de bombillas de mercurio a bombillas de sodio de alta presión, las cuales son de mayor eficiencia y menor potencia, (Upme 1, 2007).

### **4.4 QUÉ ES ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

El Sol es la fuente principal de vida en la Tierra ya que puede satisfacer todas nuestras necesidades, si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia, (Green Energy, 2015).

Un componente central de la mezcla futura de energías renovables es la solar fotovoltaica, que convierte la luz del sol en energía eléctrica, sin perjudicar el medio ambiente, sin generar basuras y sin dañar la salud; el sol nos ofrece la posibilidad

de detener o al menos minimizar el cambio climático y el agotamiento de los recursos naturales, (Green Energy, 2015).

Las instalaciones solares fotovoltaicas funcionan de acuerdo con un sencillo principio: constan de paneles solares (módulos fotovoltaicos) individuales, que a su vez contienen células solares individuales hechas de materiales semiconductores como el silicio (cristalino y amorfo). Cuando brilla el sol, una célula solar se comporta casi como una batería, la luz solar recibida separa los electrones de modo que forman una capa de carga positiva y una de carga negativa en la célula solar; esta diferencia de potencial genera una corriente eléctrica, (Green Energy, 2015).

Cuanta más luz del sol reciba una célula, más será la potencia de corriente eléctrica generada; para aumentar dicha potencia, se combinan varias células y se conectan formando un panel solar; estos paneles a su vez se pueden integrar para aumentar aún más la potencia formando una planta fotovoltaica, (Green Energy, 2015).

La potencia máxima de una planta fotovoltaica en teoría es ilimitada conectando un número indefinido de paneles solares. En la práctica, la potencia máxima de la instalación se calcula con base a la radiación solar del lugar, las necesidades de energía eléctrica del usuario y la superficie disponible para la instalación de los paneles solares. La potencia máxima de una instalación fotovoltaica se indica en kilovatios pico (kWp) o megavatios pico (MWp), (Green Energy, 2015).



## **4.5 REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO**

### **4.5.1 Sección 200 requisitos generales de un sistema de iluminación.**

#### **4.5.1.1 200.1 Reconocimiento del sitio y objetos a iluminar.**

Antes de proceder con un proyecto de iluminación se deben conocer las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, sus condiciones ambientales y su entorno, dependiendo de tales condiciones se deben tomar decisiones que conduzcan a tener resultados acordes con los requerimientos del presente reglamento (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

#### **4.5.1.2 200.2 Requerimientos de iluminación.**

En un proyecto de iluminación se deben conocer los requerimientos de luz para los usos que se pretendan, para lo cual se debe tener en cuenta los niveles óptimos de iluminación requeridos en la tarea a desarrollar, las condiciones visuales de quien las desarrolla, el tiempo de permanencia y los fines específicos que se pretendan con la iluminación. Igualmente, el proyecto debe considerar el tipo de luz y los aportes de luz de otras fuentes distintas a las que se pretenden instalar y el menor uso de energía sin deteriorar los requerimientos de iluminación. En todo proyecto de iluminación o alumbrado público se debe estructurar un plan de mantenimiento del sistema que garantice atender los requerimientos de iluminación durante la vida útil del proyecto, garantizando los flujos luminosos dentro de los niveles permitidos, lo cual se denominará el flujo luminoso mantenido, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

#### **4.5.1.3 200.3 Selección de luminarias y fuentes luminosas.**

En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las luminarias y fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color de la fuente, duración y vida útil de la fuente, tipo y características de la luminaria, todo esto acorde con las

actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas, ambientales y económicas. Para cumplir estos criterios los fabricantes y/o comercializadores de fuentes luminosas, luminarias, balastos y en general los productos usados en iluminación deben suministrar la información exigida en los requisitos de productos de la sección 300 y complementada con información de catálogos o fichas técnicas de público conocimiento, tal información debe ser la utilizada por los diseñadores y referenciada en las memorias de cálculo. El diseñador debe tener en cuenta que las luminarias se diseñan para funcionar con determinados tipos de fuentes lumínicas existentes en el mercado; esto implica que una vez definido el tipo de fuente, el universo de luminarias disponibles se reduce. Lo mismo ocurre con las fuentes si primero se define el tipo de luminaria. De manera que la elección debe hacerse en forma que siempre se use la fuente lumínica con una luminaria diseñada para ella o viceversa. Los criterios que se deben usar para identificar los tipos de luminarias son, (Ministerio de Minas y Energía, 2014):

- Su fotometría
- Su uso
- El tipo de fuente de luz o bombilla
- Las dimensiones y forma de la luminaria
- El tipo de montaje o instalación requerido
- Su cerramiento o índice de protección IP
- El tipo de superficie reflectora de su conjunto óptico

#### **4.5.2 210.3 Criterios de uso racional y eficiente de energía en sistemas de iluminación.**

En todos los proyectos de iluminación, incluidos los de alumbrado público se deben incorporar y aplicar criterios y conceptos que promuevan el uso racional y eficiente de energía, sin desatender las demandas visuales de los usuarios. Los criterios de

diseño y conceptos que se deben aplicar son los siguientes, (Ministerio de Minas y Energía, 2014):

**4.5.2.1 210.3.2 APLICABLES AL ALUMBRADO EXTERIOR Y PÚBLICO, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).**

- a. Especificar en el diseño de sistemas de iluminación luminarias para alumbrado público con fotometrías que permitan, además de cumplir con los requisitos fotométricos, ambientales y urbanísticos de la instalación, obtener el menor costo total evaluado para la vida útil del sistema proyectado.
- b. Especificar en el diseño luminarias con el más bajo flujo hemisférico superior (FHS) posible.
- c. Verificar la eficiencia lumínica de la luminaria con base en la información fotométrica certificada de la misma.
- d. Especificar en el diseño la mejor eficacia lumínica de la fuente luminosa que se proponga para la luminaria seleccionada.
- e. Especificar y usar equipos para el conjunto eléctrico con las más bajas pérdidas y, en la medida de lo posible, que permitan gestionar la operación con consumo energético reducido de la instalación (Dimerización o multipotencia).
- f. Verificar en caso de uso de proyectores la correcta elección de los ángulos de apertura, posiciones de instalación y controles.
- g. Determinar con base en la información certificada de los productos, las recomendaciones de los fabricantes, el criterio propio y las condiciones de la instalación de iluminación el esquema de mantenimiento del sistema, dejando explícita referencia a su obligatoria ejecución.
- h. Evaluar la conveniencia y condiciones de uso de los esquemas de control propuestos para los sistemas de iluminación en función de parámetros asociados a la circulación o frecuencia de presencia de vehículos y personas, así como a los efectos en seguridad, uso energético y compatibilidad con las fuentes luminosas.

- i. Verificar e incluir en el esquema de mantenimiento la actividad de limpieza periódica de las bombillas y luminarias de acuerdo con la información y recomendaciones de fabricación, para mantener los niveles de iluminación.
- j. Incluir en el esquema de mantenimiento programado del sistema de iluminación, mediciones de los niveles de iluminación con el fin de verificar o validar el factor de mantenimiento asociado a la instalación.

#### **4.5.3 Tendencias en relación con la energía**

- Sociedad en rápidos cambios: 6.500´a 2010, pirámide poblacional, macro ciudades, migración, urbanización, pobreza, desigualdad social.
- Globalización: TIC, flujos comerciales, de capital, de ideas, de personas.
- Países emergentes: China, India. Acceso a nuevas tecnologías. Pandemias.
- Reestructuración continua del sector energético: desregulación, privatización mercado de servicios energéticos, gas y electricidad en negociación, grandes inversiones en renovables, almacenamiento de energía eléctrica, tendencias tecnológicas mediadas por el poder e interés, seguridad energética
- Futuro de los recursos de energía primaria: petróleo, gas natural, carbón, uranio a 2020. PIB? Participación y condiciones de las fuentes alternativas.
- Necesidad cambiante de e eléctrica: redes de transmisión y distribución, Capacidad actual, construcción nuevas: confiabilidad vs. apagones, cambios en la demanda. ZNI
- Desarrollo sostenible, impacto ambiental y producción limpia, (Ministerio de Minas y Energía, 2010 ).

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 TIPO DE ESTUDIO**

Se considera un tipo de estudio correlacional, ya que pretende visualizar cómo se relacionan o vinculan diversos fenómenos entre sí, como es el Uso Racional de la Energía vs el uso convencional en las instalaciones eléctricas de iluminación exterior, en este estudio se analizará el comportamiento de la variable con el fin de proyectar el análisis de consumo de energía, estableciendo una comparación entre ambos y evidenciando las ventajas en el uso racional de la energía para el medio ambiente en general y para los costos operacionales establecidos en la Institución Universitaria Pascua Bravo.

### **5.2 MÉTODO**

Se realizará a través del método explicativo, ya que se aplica la elaboración de modelos comparativos que permiten evidenciar y explicar el porqué y el cómo del objeto de estudio cómo es el establecimiento de estrategias en el uso racional de la energía, para la instalación de un sistema solar fotovoltaico

### **5.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

#### **5.3.1 Fuentes primarias**

Seguimiento a la normatividad vigente en el tema de instalaciones eléctricas, libros, artículos de investigación, Manuales técnicos, Guía de uso racional de la energía, informes de investigación en el tema de Uso racional de la Energía.

### **5.3.2 Fuentes secundarias**

Estudios estadísticos en el tema de Uso Racional de la Energía, uso de guías de URE y el resultado de diferentes trabajos orientados hacia la misma temática.

### **5.4 POBLACIÓN**

Este trabajo está dirigido a la comunidad académica de la Institución Universitaria Pascual Bravo, quien se beneficia directamente de la iluminación del sendero peatonal, a su vez está dirigida a la planta e infraestructura de la Institución, por el beneficio económico que se obtiene tras la instalación de luminarias con aplicación en eficiencia energética, ya que permite un notable ahorro en los costos operativos de energía eléctrica.

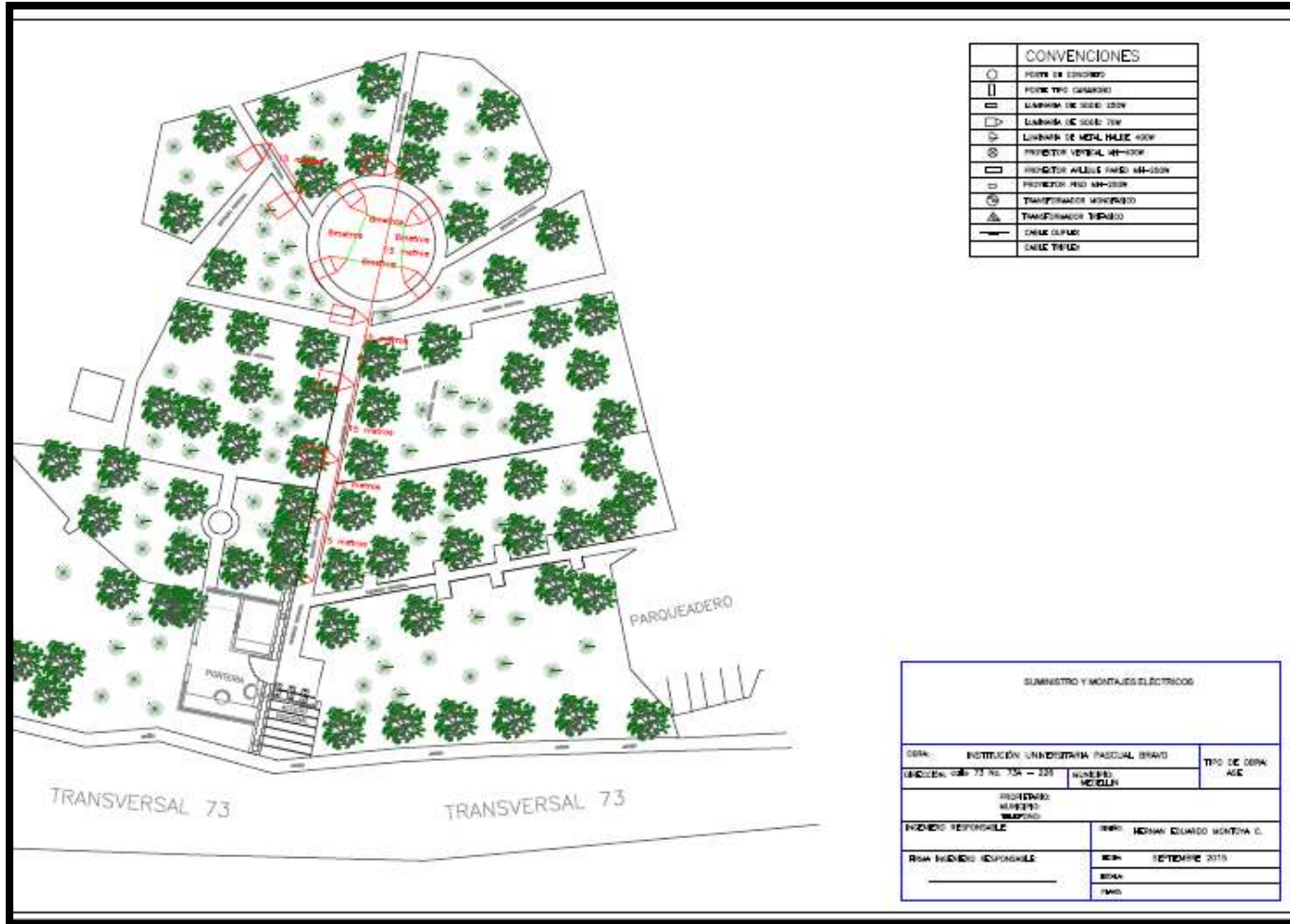
## **6. RESULTADOS DEL PROYECTO**

### **6.1 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA EN LA INSTALACIÓN DE LUMINARIAS TIPO LED EN EL SENDERO PEATONAL DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.**

Especificar en el diseño de sistemas de iluminación luminarias para alumbrado público con fotometrías que permitan, además de cumplir con los requisitos fotométricos, ambientales y urbanísticos de la instalación, obtener el menor costo total evaluado para la vida útil del sistema proyectado.

El diseño fue realizado acorde a los requerimientos urbanísticos ambientales, la iluminación estará distribuida, en un 50 50, se utilizarán 6 luminarias por 6 horas consecutivas, intercalando entre las otras 6, de este modo se puede optimizar el uso de la energía en las mismas, manejando una racionalidad en su uso sin afectar la iluminación requerida en la zona, a continuación en la Figura 2, puede observarse el plano de la distribución de las luminarias in situ.

Figura 2. Plano de la distribución de las luminarias



Fuente: Elaboración propia por medio del software Autodesk



Se relaciona a continuación la información relativa a la luminaria que se utilizará y sus principales características técnicas

ZGSM H serie de alta potencia luces de la calle LED están diseñados para su uso en calles de la ciudad, carreteras municipales, puentes, proyectos de viviendas, parques públicos, estacionamientos, patios y jardines, y otras configuraciones con las necesidades para la iluminación general de alto brillo durante la noche.

Todas las luminarias LED de larga vida de ZGSM están diseñados para cumplir con los criterios de especificación más exigentes al tiempo que ofrece el máximo ahorro de energía, los costes de mantenimiento reducidos, y una calidad superior de la luz

Características:

1. LED de mantener el flujo es de hasta 110 lm / w
2. Un importante ahorro energético
3. Instantánea de encendido / apagado
4. Mantenimiento libre
5. Mercurio libre
6. Calidad de la luz Superior
7. No UV
8. Instalación sencilla
9. Amplia entrada: 90 - 264V AC
10. Resistente a golpes y vibraciones
11. Tecnología de compensación de temperatura para una larga vida
12. El cobre libre de aluminio
13. Superior Vision Care

**Figura 3. Fotografía de las luminarias a utilizar en la instalación del proyecto**



Fuente: Philips File No. E466856

A continuación se relaciona la ficha técnica de la luminaria como parte de la validación de la eficiencia lumínica de la luminaria a instalar.

**Tabla 2. Ficha técnica de las luminarias**

Especificaciones	
Modelo	ZGSM-LD100H
LED Marca	PHILIPS LUXEON® T
Conductor Marca	Serie Meanwell HLG
de Nominal Potencia	100W
Módulo LED Cantidad	3 módulos
Voltaje de entrada	100-240V, 277V, 347V, 480V AC; DC24V
Eficiencia de energía	> 90%
Factor de Potencia	> 0,95
Lámpara Calificación Eficacia luminosa	> 110lm / w
Lámpara Calificación Lumen salida	11000 lm (tolerancia +/- Lumen 5%)
Color Rendering Index	Ra> 70
Temperatura de color	4000 5000 o 5700K
fotométrica Tipo	Tipo I Medio; tipo II Medio; Tipo III Medio; TypeV, Short
óptimo de temperatura de funcionamiento	25 °
Temperaturas de almacenamiento	-40 ° C ~ 50 ° C
Medio Ambiente de Trabajo	Entre -40 ° C ~ + 50 ° C, 10 % ~ 90% RH
Distorsión armónica total	<10%
Mantenimiento Lumen	> 67000 horas -L70, @ 25 ° C (77 ° F)
Índice viento	Fuerza 12
Cuerpo y Materiales Shell	Aluminio anodizado
Clasificación IP	IP66 con informe de prueba
IK Clasificación	IK08 con informe de prueba
Certificación	CE, ROHS, GS, CB, UL , cUL, DLC, LM-79
Función opcional	1-10V CC o señal PWM o Resistencia Dimming Timer / Control de la fotocélula
Garantía	5 años

Fuente: Philips File No. E466856

El equipo de trabajo realizó un análisis completo de las fuentes luminarias, acordes al espacio y al flujo de personas que se beneficiarán del proyecto, determinando así que el mismo es conveniente y cumple con las condiciones de uso necesarias respecto a la seguridad, uso energético y compatibilidad.

Se realiza un esquema de mantenimiento en uno de los trabajos a realizar por parte del equipo ejecutor, en el cual se evidenciará las actividades de limpieza sugeridas para las luminarias, con el fin de optimizar la vida útil de los sistemas instalados, a su vez el esquema de mantenimiento contará con mediciones periódicas validando de este modo la eficacia y eficiencia lumínica establecida en el lugar. .

### **6.1.1 Proyección de consumo energético de luminarias convencionales VSAP vs luminarias tipo LED.**

La energía eléctrica consumida se mide en kilovatios-hora (kWh) y el proveedor de energía cobra una tarifa por cada kWh consumido.

De acuerdo a la instalación realizada la proyección de consumo de las luminarias corrientes vs la luminaria tipo LED, debe calcularse de la siguiente manera, la energía consumida por una luminaria encendida durante un determinado período de tiempo, se multiplica la potencia de la bombilla en kW (los vatios de la bombilla ÷ 1000) por el tiempo en horas del período determinado. Por ejemplo, una bombilla de 70 W encendida durante diez (10) horas consumirá 0.7 kWh, mientras que una bombilla de 400 W encendida el mismo tiempo consumirá 4 kWh, es decir más de cinco veces la energía consumida por la primera, (Upme 1, 2007).

En la instalación se tiene contemplada la adecuación de 12 luminarias, 12 postes, 12 brazos y 12 conductores con una fuente tipo LED 35 W, Marca DC 12-24V, 3325lm, IP66, a continuación en la Tabla 3, puede observarse como el consumo se reduce a la mitad tanto en el uso de la energía, como en la proyección mensual del

costo de la energía para la Institución, evidenciando de esta forma un Uso Eficiente de la Energía proyectada, tras la instalación, además de la notable mejora en la calidad de vida de la comunidad académica beneficiaria.

**Tabla 3. Proyección de consumo mensual Luminaria VSAP vs Luminaria Led**

<b>La luminaria VSAP Vapor de sodio a alta presión corriente 70 W</b>						
<b>Consumo día (70 W /1000*12hrs)</b>	<b>Valor día</b>	<b>\$ Kilovatio</b>	<b>Consumo anual (12hr/día)</b>	<b>Consumo anual por 12 luminarias 70W</b>		
0,84	346,08	412	124588,8	1495065,6		
<b>Luminaria Led 35 W,</b>						
<b>Consumo día (35 W /1000*6hrs)</b>	<b>Valor día</b>	<b>\$ Kilovatio</b>	<b>Consumo anual (6 hr/día)</b>	<b>Consumo anual por 6 luminarias 35W</b>		
0,21	86,52	412	31147,2	186883,2		
<b>Diferencia de consumo Luminaria tipo led vs luminaria VSAP (1 luminaria)</b>			<b>Diferencia de consumo Luminaria tipo led vs luminaria VSAP (6 luminarias)</b>			
93441,6			1308182,4			

**Fuente.** Elaboración propia.

Los datos fueron calculados por una sola luminaria encendida 12 horas consecutivas para las tipo VSAP Y 6 horas para las tipo LED, obteniendo una diferencia de consumo anual de 93441,6 por luminaria, teniendo en cuenta que la principal estrategia a utilizar está encaminada hacia el menor consumo de energía posible, la iluminación en el sitio se intercalará en uso de 6 horas continuadas por luminaria, obteniendo el resultado de 6 horas/6 luminarias de 186883.2 /año, dado que las luminarias tipo VSAP no cuentan con un temporizador que permita intercalar su uso continuado entre horas y horas, se calcula el consumo de las mismas por 12 Luminarias encendidas 12 horas consecutivas, obteniendo un valor

de 1495065.6, para una diferencia anual de consumo de 1308182.4. Por otro lado es importante resaltar que las luminarias son alimentadas por paneles solares independientes, aprovechando con ello la luz solar disponible en campo abierto.

Las luminarias funcionan a través de una fotocelda que les da la orden de encenderse o apagarse según la cantidad de luz que haya en el área, adicionalmente cuentan con un panel solar que les brinda la potencia y voltaje necesario para su funcionamiento. Estas luminarias son completamente autónomas y no requieren de alimentación desde la red eléctrica de la institución.

La lámpara VSAP (vapor de sodio a alta presión), usada masivamente en el mundo, ha venido satisfaciendo holgadamente los requisitos lumínicos y económicos esperables de la tecnología de las lámparas de descarga. La aparición de los LED abre un interesante panorama comparativo, pues, aunque sus lámparas son más caras, son técnicamente más ventajosas: más eficientes, más duraderas, de reencendido instantáneo, con regulación del flujo, no parpadean, con mejor rendimiento cromático y sin mercurio, (Gualda & Tolosa, 2012).

En las siguientes tablas se puede observar que reemplazando o inicialmente usando luminarias tipo LED, en vez de luminarias VSAP, se contribuye a la optimización de la capacidad de generación eléctrica instalada, ahorrando 7.56 kWh al año y 93441.6 (aplicando la tarifa promedio actual de 412 kW/hr).

**Tabla 4. Consumo mensual proyectado con instalación de luminaria VSAP**

Mes	La luminaria VSAP Vapor de sodio a alta presión corriente 70 W				
	Consumo de energía mensual proyectado	Valor día	\$ Kilovatio	\$ Consumo mensual proyectado	
1 mes	0,84	346,08	412	10382,4	
2 mes	1,68	692,16	412	20764,8	

Mes	La luminaria VSAP Vapor de sodio a alta presión corriente 70 W			
	Consumo de energía mensual proyectado	Valor día	\$ Kilovatio	\$ Consumo mensual proyectado
3 mes	2,52	1038,24	412	31147,2
4 mes	3,36	1384,32	412	41529,6
5 mes	4,2	1730,4	412	51912
6 mes	5,04	2076,48	412	62294,4
7 mes	5,88	2422,56	412	72676,8
8 mes	6,72	2768,64	412	83059,2
9 mes	7,56	3114,72	412	93441,6
10 mes	8,4	3460,8	412	103824
11 mes	9,24	3806,88	412	114206,4
12 mes	10,08	4152,96	412	124588,8

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5. Consumo mensual proyectado con instalación de luminaria tipo LED.**

Mes	Luminaria LED 35 W * 6 horas			
	Consumo de energía mensual proyectado	Valor día	\$ Kilovatio	\$ Consumo mensual proyectado
1 mes	0,21	86,52	412	2595,6
2 mes	0,42	173,04	412	5191,2
3 mes	0,63	259,56	412	7786,8
4 mes	0,84	346,08	412	10382,4
5 mes	1,05	432,6	412	12978
6 mes	1,26	519,12	412	15573,6
7 mes	1,47	605,64	412	18169,2
8 mes	1,68	692,16	412	20764,8
9 mes	1,89	778,68	412	23360,4
10 mes	2,1	865,2	412	25956
11 mes	2,31	951,72	412	28551,6
12 mes	2,52	1038,24	412	31147,2

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6. Consumo mensual proyectado VSAP vs LED**

<b>\$ Consumo mensual proyectado VSAP</b>	<b>\$ Consumo mensual proyectado LED</b>	<b>Diferencia</b>
10382,4	2595,6	7786,8
20764,8	5191,2	15573,6
31147,2	7786,8	23360,4
41529,6	10382,4	31147,2
51912	12978	38934
62294,4	15573,6	46720,8
72676,8	18169,2	54507,6
83059,2	20764,8	62294,4
93441,6	23360,4	70081,2
103824	25956	77868
114206,4	28551,6	85654,8
124588,8	31147,2	93441,6

**Fuente:** Elaboración propia.

La iluminación consume alrededor de un 19% de la energía que se produce en el mundo. Con el aumento del precio de la energía eléctrica y la presión para reducir la emisión de CO2 en todo el mundo, la gente está cada vez más preocupada por el consumo excesivo y el impacto causado en el medio ambiente, como el calentamiento global. Por esta razón, busca productos eficientes que, de algún modo, causen menor impacto o ayuden a preservarlo. Gran parte de las instalaciones de iluminación del planeta utiliza tecnologías antiguas y poco eficientes. Invertir en sistemas de iluminación más eficientes ayuda a reducir el consumo de energía de manera significativa, además de ahorrar dinero, (Philips, 2014).

La Institución actualmente cuenta con varios proyectos instalados que van en pro de potenciar el uso de energías alternativas, que permitan continuar fortaleciendo

no solo la infraestructura de la institución si no la eficiencia energética de acuerdo al consumo mensual de la misma.

La planta docente de la Escuela de Ingeniería, promueve la instalación y la adecuación de sistemas en pro de una mayor visibilidad de proyectos que permitan hacer evidente que la misma se encuentra encaminada hacia el uso eficiente de la energía, permitir encaminar su proyección en infraestructura, hacia una Institución Universitaria, orientada en el uso de energías alternativas, permite diagnosticar que a pesar de que actualmente en su mayoría se hace uso de energía convencional, no pasará mucho tiempo para que la misma cuente con una planta pionera en la adecuación de sistemas de energía e iluminación con todos los requerimientos que le permitan hacer parte del plan de mejoramiento y de ahorro energético en sus instalaciones.

El consumo de la Institución en kw/mes es en promedio 56760, lo cual multiplicado por \$412 de cada kw es \$23385120

El consumo de las luminarias normalmente seria aproximado de 180 kw/mes que equivalen a \$74160



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Es importante que la institución continúe promoviendo la ejecución de proyectos que permitan hacer evidente la importancia de las energías renovables.
- La proyección de consumo en el uso de las luminarias tipo VSAP vs tipo LED, evidenció una notable diferencia tanto en el consumo anual de energía como en los kwh utilizados, permitiendo con ello evidenciar como la instalación de las mismas es un claro ejemplo de su eficiencia en cuanto al Uso Racional de la Energía.
- Establecer mecanismos orientados hacia el Uso Racional de la Energía, le permite a la institución, disminuir los costos operacionales de energía y contribuir en gran medida hacia los programas establecidos a nivel de gobierno, para optimizar y racionalizar la energía utilizada actualmente a nivel nacional.
- Como parte de las fuentes de energía renovables más conocidas se encuentra el sol, pensar en el como fuente de abastecimiento es un gran paso en el cambio de cultura y mentalidad de la comunidad académica.
- El sol emite una cantidad increíble de energía, la energía que irradia a la Tierra en 20 minutos, es suficiente para cubrir las necesidades de toda la humanidad durante un año, (Green Energy, 2015) , lo que nos muestra que el sol es una gran alternativa para ayudar al cambio climático y al desabastecimientos de los recursos naturales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Green Energy. (2015). *Energía solar fotovoltaica*. Obtenido de Green Energy Latinamerica: <http://www.greenenergy-latinamerica.com/es/energia-solar-solar-fotovoltaica-197>
- Gualda, J., & Tolosa, J. (2012). Nota técnica | Alumbrado público: ¿VSAP o LED? *Luminotecnia*, 111.
- Ministerio de Minas y Energía. (2010 ). *Uso Racional y Eficiente de la Energía en el contexto colombiano* . San Andrés : Upme.
- Philips. (2014). *Catálogo Luminarias de Exterior - Philips*. Obtenido de Philips: [www.lighting.philips.com/pwc\\_li/ar\\_es/.../catalogo-outdoor-2014.pdf](http://www.lighting.philips.com/pwc_li/ar_es/.../catalogo-outdoor-2014.pdf)
- Prias, O. (2010). *Programa de uso racional de la energía y fuentes no convencionales - PROURE*. Bogotá DC: Ministerio de Minas y Energía.
- Upme 1. (2007). *Alumbrado público exterior: Guía didáctica para el buen uso de la energía*. Bogotá DC: Unidad de Planeación Minero Energética.
- Upme. (2007). *Uso racional de la energía en edificaciones públicas*. Bogotá DC: Unidad de Planeación Minero Energética .