

**DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO
AUTOSOSTENIBLE TIPO LED CON PANELES SOLARES PARA EL
SENDERO PEATONAL DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL
BRAVO**

Hernán Eduardo Montoya Castañeda

Johan Monsalve Marín

Pedro Pablo Pino Palacios

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
2016**

**DISEÑO DE ILUMINACIÓN DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO
AUTOSOSTENIBLE TIPO LED CON PANELES SOLARES PARA EL
SENDERO PEATONAL DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL
BRAVO**

Hernán Eduardo Montoya Castañeda

Johan Monsalve Marín

Pedro Pablo Pino Palacios

Proyecto de grado para optar al título de Ingenieros Electricistas

ASESOR

Samuel Álvarez Arboleda

Ingeniero de Sistemas

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA
2016**

Nota de aceptación

Firma

Nombre

Presidente del jurado

Firma

Nombre

Jurado

Firma

Nombre

Jurado

Medellín, Enero de 2016

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
1. EI PROBLEMA	11
2. JUSTIFICACIÓN	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 GENERAL	13
3.2 ESPECÍFICOS	13
4. REFERENTES TEÓRICOS	14
4.1 RETILAP	15
4.1.1 CAPÍTULO 2. REQUISITOS GENERALES PARA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.....	15
4.1.1.1 Sección 200. Requisitos generales para el diseño y construcción de un sistema de iluminación.....	15
4.1.1.2 SECCIÓN 210 Generalidades del proceso de diseño de sistemas de iluminación.....	19
4.2 QUE SON ENERGÍA RENOVABLES	28
4.2.1 Que es la energía solar fotovoltaica.....	28
4.2.1.1 Sistema fotovoltaico hibrido.....	28
4.2.1.2 Sistema fotovoltaico conectado a la red.....	29

4.2.1.3	Sistema fotovoltaico aislado	30
4.2.1.4	Elementos del sistema fotovoltaico para el alumbrado	30
4.3	LEY 1715 DEL 13 DE MAYO DE 2014.....	32
5.	<i>METODOLOGÍA.....</i>	34
5.1	TIPO DE ESTUDIO	34
5.2	MÉTODO.....	34
5.3	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	35
5.3.1	Fuentes primarias	35
5.3.2	Fuentes secundarias.....	35
5.4	POBLACIÓN	35
6.	<i>RESULTADOS DEL PROYECTO.....</i>	37
6.1	ANÁLISIS DEL PROYECTO.....	37
6.1.1	Demandas visuales.....	38
6.1.2	Demandas emocionales.....	38
6.1.3	Demandas estéticas.....	39
6.1.4	Demandas de seguridad.....	39
6.1.5	Condiciones del espacio	39
6.1.6	Intereses	42
6.1.7	Variables económicas y energéticas.....	43
6.2	PLANIFICACIÓN.....	45

6.3 DISEÑO DETALLADO.....	46
6.3.1 Selección de las luminarias.....	46
6.3.2 Cálculos fotométricos, indicando el método y software utilizado.	47
6.3.3 Diseño geométrico y sistemas de montaje.....	47
6.3.4 Análisis económico y presupuesto del proyecto	48
6.3.5 Propuesta de esquema funcional de la instalación para propiciar el uso racional de la energía.....	50
6.3.6 Especificaciones de los equipos aplicables al diseño.	51
6.3.7 Planos de montaje y distribución de luminarias	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
BIBLIOGRAFÍA.....	53
ANEXOS.....	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. D&P Soluciones integrales File No. E466856.....	46
Tabla 2. Resultados equivalentes y comparativos entre la lámpara de 70W Sodio vs la lámpara tipo LED de 35W	48
Tabla 3. Resumen de resultados	48
Tabla 4. Evaluación financiera	49
Tabla 5. Luminaria VSAP 70W vs Luminaria tipo LED 35W	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de diseño de sistemas de iluminación	21
Figura 2. Sistema fotovoltaico hibrido	29
Figura 3. Sistema fotovoltaico conectado a la red	29
Figura 4. Sistema fotovoltaico aislado	30
Figura 5. Poste con el sistema solar fotovoltaico	31
Figura 6. Sendero peatonal de la I.U.P.B.	37
Figura 7. Sendero peatonal actual	38
Figura 8. Lugar donde se ejecutará el diseño	40
Figura 9. Portería peatonal transversal 73.....	40
Figura 10. Portería peatonal transversal 73.....	41
Figura 11. Zona verde sendero peatonal	41
Figura 12. Zona verde aledaña sendero peatonal	42
Figura 13. Cotización del proyecto.....	43
Figura 14. Simulación de sendero peatonal de la institución	47

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Informe Dialux

Anexo 2. Diseño geométrico y sistemas de montaje

Anexo 3. Ficha técnica de la luminaria

Anexo 4. Ficha Técnica Panel Solar Kyocera

Anexo 5. Ficha Técnica Panel Solar JKM

Anexo 6. Ficha Técnica Batería MT12400HR

Anexo 7. Ficha Técnica Batería MT121050

Anexo 8. Manual de instrucciones para instalación de lámpara alumbrado público

Anexo 9. Manual del controlador solar de iluminación

INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de ahorro de energía, la iluminación ocupa un lugar preponderante, del 15 % de la población mundial, los 1.000 millones de habitantes de los países desarrollados, consume más del 50 % de los recursos energéticos del planeta, (Ministerio de Minas y Energía, 2010). Gran parte de los altos costos de energía que asume la Institución Universitaria Pascual Bravo, están sobrecargados al uso de la iluminación, es por ello que en aras de encaminarse hacia la dinámica mundial en el Uso Racional de la Energía, la Institución Universitaria Pascual Bravo, busca establecer el diseño e implementación de proyectos que ayuden a subsanar dicha problemática.

Como dinámica de promoción en el Uso Eficiente y Racional de la Energía, que contribuya a establecer mecanismos de aprovisionamiento de iluminación en la Institución, se desarrolló el Diseño de la iluminación del sendero peatonal, trabajo que contribuye a mejorar la infraestructura presente, fortaleciendo la calidad de vida de la comunidad académica, a su vez que aporta al fortalecimiento de estrategias en el uso de energías no convencionales que le apuntan de manera sostenible al ambiente y a los recursos naturales.

1. EL PROBLEMA.

Actualmente dentro del campus se usan luminarias de Vapor de Sodio y Metal Halide, que poseen buena intensidad lumínica o flujo luminoso, pero deriva un alto consumo energético y grandes pérdidas por calor, representando una alta inversión en costos de energía y mantenimiento.

Por lo anterior la Institución en aras de mejorar la infraestructura presente busca establecer mecanismos que conlleven a la minimización de esta tendencia, por ello buscando alternativas en energías renovables, se evidenció la necesidad de iluminar el sendero que se encuentra entre la portería peatonal de la transversal 73 y la rotonda interna, zona integrada por un andén de 1.6m de ancho por 85m de longitud, rodeada de zona verde y con una área construida de 136m².

El consumo de la Institución en kw/mes es en promedio 56760, lo cual multiplicado por \$412 de cada kw es \$23.385.120, situación que lleva a pensar en la prioridad de buscar el uso de energías renovables como mecanismo para disminuir el impacto tanto ambiental como económico presente actualmente en la Institución.

2. JUSTIFICACIÓN.

Dada la importancia a nivel mundial en el Uso eficiente de la energía, y en vista de la notable necesidad de iluminar el sendero peatonal, se estableció elaborar un proyecto que busque fortalecer el uso de energías no convencionales y minimizar el alto consumo energético, generado en la Institución Universitaria Pascual Bravo.

Tras numerosos estudios se determinó usar en el diseño e instalación del proyecto, un sistema fotovoltaico aislado con luminaria tipo LED, el cual es estéticamente acorde al entorno, facilitando un menor impacto ambiental, a la vez que fortalece la infraestructura de la Institución, al facilitar incrementar los niveles de calidad de vida de la comunidad académica y contribuye a disminuir los altos costos de energía asumidos por la institución, dado que gran parte de sus instalaciones hacen uso de luminarias de Vapor de Sodio y Metal Halide.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Diseñar un sistema de alumbrado público autosostenible en el sendero peatonal del campus de Robledo de la Institución Universitaria Pascual Bravo, usando energía alternativa, que permita reducir los altos consumo de energía.

3.2 ESPECÍFICOS

- Proponer la implementación de un sistema de alumbrado público fotovoltaico aislado, que permita aprovechar la máxima irradiación solar, como una alternativa de suministro de las luminarias del sendero peatonal de la Institución Universitaria Pascual Bravo.
- Desarrollar la simulación y modelación del sistema de alumbrado público autosostenible en el software para el cálculo de iluminación en DIALUX.
- Construir el plano donde se define la ubicación exacta de las luminarias, con el cual se debe efectuar el montaje en el terreno.

4. REFERENTES TEÓRICOS

Desde 2001, a través de la Ley Marco 697 de 2001, se declara el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia Nacional, (Ministerio de Minas y Energía, 2010), evidenciando en ella la necesidad de consolidar una cultura en el manejo sostenible y eficiente de los recursos naturales, a la vez que busca fortalecer las instituciones y establecer proyectos que promuevan la iniciativa, en el desarrollo de programas que lleven a fortalecer el tema a nivel nacional.

Es por ello que en la búsqueda de fortalecer la implementación de proyectos alineados a la temática nacional, se evidencian a continuación conceptos de importancia y relevancia en dicho ámbito, que permiten sentar un precedente teórico y conceptual, en el desarrollo del diseño de la iluminación del sendero peatonal,

Hoy en día la energía solar fotovoltaica es una de las fuentes de energía más utilizada en zonas rurales y con mayor desarrollo tecnológico para soluciones energéticas en las zonas más apartadas y de difícil acceso. Se ve que más del 55% de la población colombiana no cuenta con fluido eléctrico las 24 horas del día en especial zonas como el pacífico colombiano, llanos orientales y el amazonas, (Upme, 2010).

En Colombia se vive una crisis ambiental y por ello cada proyecto empresarial que se comprenda se debe contemplar, además de las ganancias económicas, soluciones al calentamiento global, (Arboleda, Botello, & Perales, 2013). Vemos que en el país se está sufriendo un déficit de generación de energía que no se va poder suplir la demanda del país, es por eso que el estado está promoviendo el uso de energía alternativas para así equilibrar la demanda

actual del país, y que interesante sería aplicar este proyecto para ayudar a la institución, a disminuir los costos de energía y en su defecto aplicar URE (uso racional de la energía), (Morales, 2011).

En el año 1839 el señor francés Edmond Becquerel descubrió que a partir de la radiación del sol se podía generar energía eléctrica. Después de más de un siglo el mundo sigue dependiendo de energía convencionales, lo cual produce un alto grado de contaminación del medio ambiente. Se sabe que Colombia es un país que es privilegiado por obtener abundante rayos solares en la mayor parte del año., (Pérez & Ley, s.f).

4.1 RETILAP

A continuación se evidencian los apartados del RETILAP que le aplican al diseño de un sistema de iluminación:

4.1.1 CAPÍTULO 2. REQUISITOS GENERALES PARA SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.

4.1.1.1 Sección 200. Requisitos generales para el diseño y construcción de un sistema de iluminación.

Todos los diseñadores y constructores de sistemas de iluminación deben cumplir el presente reglamento, para el efecto tomarán sus decisiones con base en su criterio profesional, cumplimiento los requisitos técnicos mínimos establecidos que apliquen a cada tipo de proyecto, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

Los diseñadores deben utilizar y referenciar en las memorias de cálculo la información de catálogos o fichas técnicas que, en general, productores,

proveedores o expendedores de productos usados en iluminación, deben suministrar en cumplimiento de los requisitos establecidos en la sección 300 de presente reglamento, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

- **200.1 Reconocimiento del sitio y objetos a iluminar.**

Antes de proceder con un proyecto de iluminación el diseñador debe conocer las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, así como sus condiciones ambientales y su entorno, bien por inspección física o por reportes descriptivos, fotográficos y/o de video, (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

- **200.2 Requerimientos de iluminación.**

En todo proyecto de iluminación el diseñador debe determinar los requerimientos fotométricos para cada espacio con base en los usos que se le pretendan dar, las tareas a desarrollar, las condiciones visuales de los potenciales usuarios, el tiempo y horario de permanencia, la disponibilidad de luz natural y otros fines específicos que se pretendan lograr con la iluminación, de acuerdo con los parámetros y valores establecidos en el presente reglamento, (Ministerio de Minas y Energía, 2014). En consecuencia el diseñador para su diseño contemplará:

- Los niveles de iluminación óptimos,
- Las uniformidades.
- Los niveles de deslumbramiento
- Los índices de reproducción de color
- El factor de mantenimiento
- El requerimiento energético de la instalación
- Los indicadores de uso racional de energía a cumplir
- Los requerimientos de control

- Los requerimientos sobre condiciones de seguridad
- La especificación de los equipos y de montaje.
- La vida útil esperada para el proyecto
- La evaluación económica de las posibles soluciones propuestas

Igualmente en todo proyecto de iluminación o alumbrado público el diseñador debe estructurar un programa de mantenimiento como parte del sistema de iluminación que garantice el cumplimiento de los requerimientos mínimos de iluminación durante la vida útil del proyecto. Este programa deberá ser puesto en conocimiento del propietario y los usuarios de la instalación para su implementación, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

En todos los proyectos de iluminación, los diseñadores deben elegir las luminarias y fuentes luminosas que les permitan cumplir con los requerimientos de iluminación determinados de acuerdo con el numeral 200.2, al efecto el diseñador deberá tener en cuenta, cuando aplique, lo siguiente, (Ministerio de Minas y Energía, 2014):

Para las fuentes luminosas:

- Flujo luminoso
- Eficacia lumínica,
- Índice de reproducción cromática,
- Temperatura del color
- Vida promedio y vida útil.
- Condiciones especiales de montaje o instalación y ambiente sugeridas por el fabricante
- Condiciones de mantenimiento sugeridas por el fabricante
- Para las luminarias:
- Tipo(s) de fuente(s) luminosa(s) para la cual están diseñadas

- Documentos fotométricos certificados
- Las dimensiones y tipo de montaje
- Especificación del equipo eléctrico
- Especificación del conjunto óptico
- Condiciones especiales de montaje o instalación y ambiente sugeridas por el fabricante
- Condiciones de mantenimiento sugeridas por el fabricante
- Uso recomendado por el fabricante

El diseñador o el constructor no podrán proponer o usar para sistemas de iluminación general, luminarias que no dispongan de información fotométrica o sugerir el uso de combinaciones fuente – luminaria que no esté cubiertas con la debida información fotométrica, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

El uso de luminarias siempre debe ser propuesto o realizado guardando la integralidad del diseño de estas, es decir cada luminaria deberá usarse y mantenerse con el equipo eléctrico, conjunto óptico y fuente luminosa, con el cual fue diseñada. Se podrán usar variaciones siempre y cuando estén cubiertas por el diseño de la luminaria y si el uso lo requiere, deben disponer de la información fotométrica correspondiente y de compatibilidad de componentes, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

- **200.3.1 Documentos fotométricos.**

Los productores, proveedores o expendedores deben suministrar los parámetros de las fuentes luminosas y luminarias, cuando apliquen por su uso, mediante los documentos fotométricos que permitan su identificación, clasificación y selección.

Los diseñadores y constructores de sistemas de iluminación objeto del presente Reglamento Técnico, deben usar y exigir para sus cálculos, especificación e instalaciones, la información y los productos correspondiente para los cuales previamente se disponga de la demostración de conformidad con el mismo reglamento, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

4.1.1.2 SECCIÓN 210 Generalidades del proceso de diseño de sistemas de iluminación.

La luz es un componente esencial en cualquier ambiente al estimular el sistema visual de los usuarios, pues hace posible la visión del entorno y además, al interactuar con los objetos, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación, y por ende afectar el rendimiento visual, el estado de ánimo y la motivación de las personas, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

El diseño de un sistema de iluminación debe comprender la naturaleza física, fisiológica y psicológica de las interacciones esperadas o generadas por el mismo, con base en el conocimiento y manejo de los métodos y la tecnología para producirlas, pero fundamentalmente demanda competencia, creatividad e intuición para utilizarlas. Esto implica tener en cuenta diversas disciplinas y áreas del conocimiento para encontrar la solución a una demanda específica de iluminación y por lo tanto debe ser resuelta en un marco interdisciplinario, atendiendo los diversos aspectos interrelacionados y la integración de enfoques, metodologías, técnicas y resultados, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

Para efectos del presente reglamento técnico, el diseño de sistemas de iluminación se define como la búsqueda de soluciones integrales, permanentes, seguras, confortables y económicamente viables que permitan

optimizar la relación visual entre los usuarios y su entorno, considerando las posibilidades de iluminación natural, las restricciones constructivas y armonía arquitectónica de las edificaciones, así como las oportunidades tecnológicas para su implementación, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

- **210.1 Sistema de iluminación eficiente.**

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que permite durante su vida útil satisfacer las necesidades visuales de los usuarios y crea ambientes saludables, seguros y confortables, mediante el empleo de los recursos tecnológicos apropiados al menor costo económico. El sistema de iluminación eficiente será el resultado de un proceso en donde, de posibles soluciones que cumplen requisitos fotométricos y de seguridad, se selecciona el diseño de menor costo, resultado de una evaluación económica donde se consideren todos los costos de la instalación, operación, consumo energético y mantenimiento, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

Los diseñadores deberán atender los siguientes requisitos en procura de obtener sistemas de iluminación eficiente, (Ministerio de Minas y Energía, 2014):

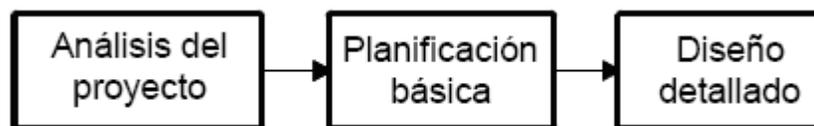
- a. Los requerimientos de iluminación pueden ser proporcionados mediante luz natural o luz artificial. En lo posible el diseñador debe buscar una combinación de ellas que conlleven al uso racional y eficiente de la energía.
- b. En los proyectos de iluminación, el diseñador debe proponer soluciones que muestren el aprovechamiento de los desarrollos tecnológicos de las fuentes luminosas, las luminarias, los dispositivos ópticos y los sistemas de control, de tal forma que cumpliendo con los requisitos fotométricos establecidos en el presente reglamento, tenga el mejor resultado lumínico con los menores requerimientos de energía posibles.

c. Los diseños de sistemas de iluminación objeto del presente reglamento, deben incluir desde su concepción las buenas prácticas y los desarrollos tecnológicos que les permitan hacer uso racional y eficiente de energía.

- **210.2 Proceso de diseño de sistemas de iluminación.**

El diseño de un sistema de iluminación debe seguir el siguiente procedimiento:

Figura 1. Proceso de diseño de sistemas de iluminación



Fuente: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público Anexo General

- **210.2.1 Análisis del proyecto.**

En esta etapa el diseñador debe recopilar y analizar la información que permita determinar las demandas visuales en función de los alcances, intereses y limitaciones del trabajo o tareas a realizar. La identificación clara y precisa de estas variables y su importancia relativa en el diseño es fundamental para el éxito de cualquier proyecto, así el diseñador en cada proyecto deberá identificar cuáles y en qué orden de importancia se deben atender las siguientes, (Ministerio de Minas y Energía, 2014):

- a. **Demandas visuales.** Son una consecuencia de la realización de actividades y para determinarlas se debe evaluar la dificultad de las tareas en función de sus características y condiciones de realización incluso en condiciones difíciles y tiempos prolongados, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

- b. Demandas emocionales.** Surgen por la influencia que la luz ejerce sobre el estado de ánimo, motivación, sensación de bienestar y seguridad de las personas, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).
- c. Demandas estéticas.** Se refieren a la posibilidad de crear ambientación visual, destacar la arquitectura, ornamentación, obras de arte, etc. Para esto hay que considerar las características físicas y arquitectónicas del ambiente así como del mobiliario y del entorno, la importancia y significado del espacio, etc, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).
- d. Demandas de seguridad.** Se determina por una parte, en función de los dispositivos de iluminación para circulación de las personas en condiciones normales y de emergencia; y por otra como las características de las fuentes luminosas, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).
- e. Condiciones del espacio,** están relacionadas con las características físicas tanto de las áreas a iluminar como su entorno, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).
- f. Intereses** En el diseño de iluminación se deben conocer los intereses de los posibles usuarios y diseñadores de interiores o mobiliario, por lo que se debe aprovechar la oportunidad de conocer e integrar sus opiniones, necesidades y preferencias respecto de las condiciones de iluminación, (Ministerio de Minas y Energía, 2014)
- g. Variables económicas y energéticas,** El análisis debe, no solo tener en cuenta los costos de instalación inicial sino también los de funcionamiento durante la vida útil del proyecto. por razones de seguridad, disposición de la infraestructura y ocupación del espacio, aspectos tales como la existencia de elementos estructurales, arquitectónicos, mobiliario, canalizaciones o equipos de otros servicios

son restricciones que se deben tener en cuenta en el sistema de iluminación, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

- **210.2.2 Planificación básica.**

A partir del análisis de la información reunida en la etapa de análisis del proyecto, el diseñador debe establecer un perfil de las características que debe tener la instalación para satisfacer las distintas demandas del lugar. Lo que debe buscar en esta etapa el diseñador es desarrollar las ideas básicas del diseño sin llegar a precisar aspectos específicos. En esta etapa se deberá elaborar un documento de diseño básico. En este punto se debe definir el sistema de iluminación en cuanto a características de las fuentes luminosas recomendadas, uso de iluminación natural y la estrategia para su integración con la iluminación artificial, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

La mayoría de los datos necesarios para el análisis del proyecto se deberán obtener de la documentación técnica, pero, por lo general se debe realizar un levantamiento visual y eventualmente fotométrico, eléctrico y fotográfico en el sitio donde se realizará la instalación, para verificar y completar datos técnicos e identificar detalles difíciles de especificar en planos, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

- **210.2.3 Diseño detallado.**

El diseño detallado es obligatorio para sistemas de iluminación que pretendan atender alumbrado público, iluminación industrial e iluminación comercial con espacios mayores a 500 m², y en general, lugares donde se tengan previstos más de 10 puestos de trabajo, salones donde se imparta enseñanza, o lugares donde en un mismo salón puedan concentrarse 50 o más personas durante periodos mayores a dos horas. Igualmente será exigible para edificaciones

destinadas a uso habitacional o proyectos habitacionales que comprendan un número igual o mayor a 10 viviendas, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

En función del perfil definido en la etapa de planeación básica, y en lo posible considerando varias alternativas, se deben resolver en la etapa de diseño detallado los aspectos específicos del proyecto, y por lo tanto, el diseñador como resultado de la misma generará y dispondrá la siguiente información y documentación, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

Memorias descriptivas, incluyendo:

- La selección de las luminarias
- Cálculos fotométricos, indicando el método y software utilizado.
- El diseño geométrico y sistemas de montaje
- Los sistemas de alimentación, comando y control eléctricos
- Diseño de la instalación del alumbrado de emergencia y seguridad, cuando se requiera.
- Análisis económico y presupuesto del proyecto

Cálculos eléctricos de los circuitos de alimentación que hagan parte del sistema de iluminación, (Ministerio de Minas y Energía, 2014).

- Una propuesta de esquema funcional de la instalación para propiciar el uso racional de la energía
- El esquema y programa de mantenimiento.
- Las especificaciones de los equipos aplicables al diseño.
- Planos de montaje y distribución de luminarias

- **210.2.4 Uso de software para diseño de sistemas de iluminación.**

El software especializado empleado en el cálculo y diseño de sistemas de iluminación, no requiere certificado de producto, más el diseñador debe

verificar el cumplimiento de los siguientes requisitos, (Ministerio de Minas y Energía, 2014):

- a.** El software deberá permitir el ingreso de la información fotométrica de las luminarias y fuentes en los sistemas de coordenadas establecidos en el presente reglamento.
- b.** El software deberá disponer de rutinas para ingresar la información del diseño geométrico. De la misma forma deberá permitir el ingreso de la información relacionada con la identificación de la instalación objeto de diseño y del diseñador, tal como: nombre del proyecto, nombre y número de documento de identificación del propietario, nombre del diseñador y número de documento de identidad.
- c.** Las unidades de medida para los datos a ingresar al software y las de los resultados, deben ser claramente identificables, seleccionables y visibles.
- d.** Las rutinas de entrada de datos deben permitir la identificación y/o selección de los parámetros a los cuales corresponde la información ingresada en cada instante, tales como: tipo de coordenadas de la fotometría empleada, altura de montaje e inclinación de la luminaria, distancias entre luminarias, posiciones de las mallas de cálculo, posiciones del observador, condiciones ambientales, tipos de superficies e índices de reflexión asociados
- e.** El software debe permitir el uso de las fotometrías reales de las luminarias o fuentes y no una modelación puntual de las mismas. En el mismo sentido, el software deberá considerar los efectos de reflexiones, las formas y tamaños de los obstáculos.
- f.** El software debe permitir identificar las normas internacionales o de reconocimiento internacional usadas en sus algoritmos de cálculo, tales como (CIE, IESNA, NTC, ANSI, etc).

- g. En el caso de usar software para el diseño de alumbrado público, los parámetros de cálculo y los resultados obtenidos deberán cumplir con los requisitos establecidos en el presente reglamento. Para el efecto, parámetros tales como mallas de cálculo, posiciones del observador, factores de mantenimiento con las condiciones ambientales del lugar y el grado de protección de la luminaria usada en la instalación y demás, deberán ajustarse a lo establecido en el capítulo 5 del presente reglamento.
- h. El software de diseño de sistemas de iluminación interior deberá efectuar los cálculos de iluminancia, uniformidad, deslumbramiento y eficiencia energética. Se podrá usar un software independiente para calcular el Coeficiente de Contribución de Luz Día - CLD, a la instalación.
- i. El software dispuesto por los Organismos de Inspección como referencia para sus actividades, deberá validarse ante un laboratorio acreditado para desarrollar actividades de iluminación a nivel nacional o internacional. La diferencia entre los resultados del software a validar y los obtenidos por el software empleado por el laboratorio no podrá ser mayor de 5%, para su aceptación.

- **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, 2010):

- **210.3.2 Aplicables al alumbrado exterior y público**

- 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.

4.2 QUE SON ENERGÍA RENOVABLES

Es la energía que se obtiene mediante las fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen. Y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales, (Wikipedia, 2015).

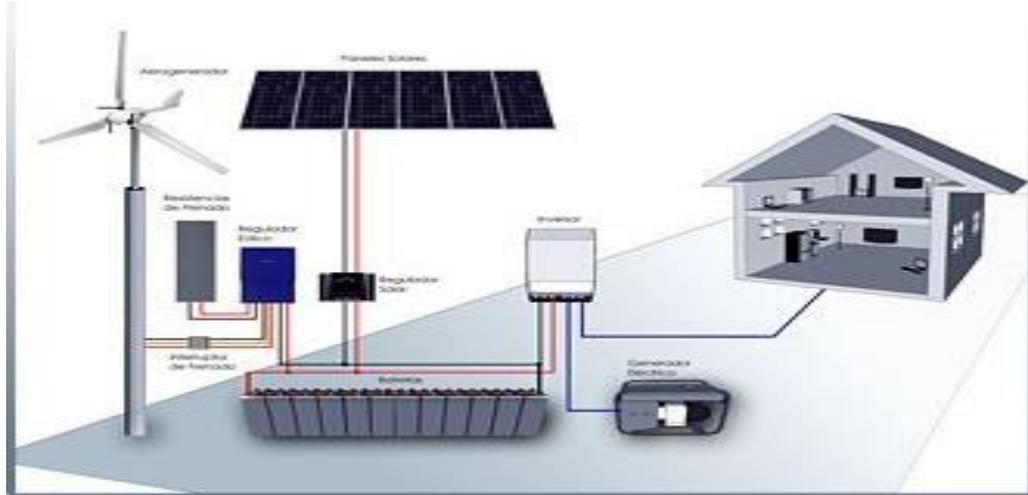
4.2.1 Que es la energía solar fotovoltaica

Es la energía que resulta de la conversión directa de la luz solar en electricidad, Esta se obtiene directamente de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado células fotovoltaicas. La energía solar se ha convertido en una atractiva fuente de energía renovable para aplicaciones de electrificación rural y telecomunicaciones, (Blasco, 2013).

4.2.1.1 Sistema fotovoltaico híbrido

La electricidad no es generada únicamente por los paneles solares también cuenta con otras fuentes de energía como generador eléctrico o eólicos, (Renewables Academy, 2015), Ver Figura 2.

Figura 2. Sistema fotovoltaico híbrido

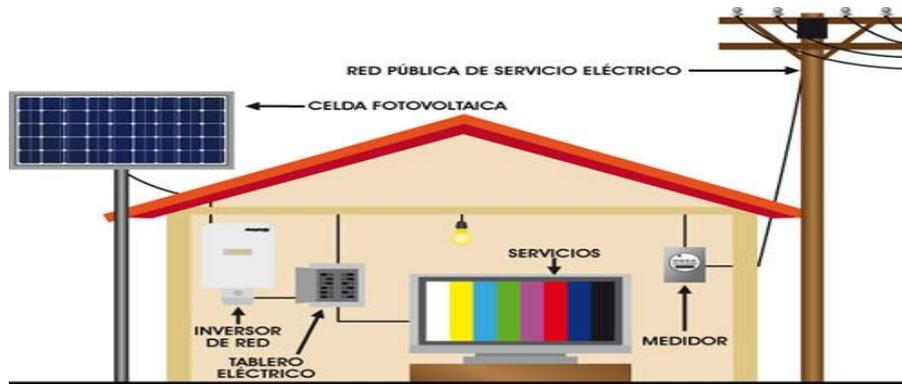


Fuente: Sistema fotovoltaico híbrido Obtenido de: Renewables academy, Energía solar fotovoltaica como fuente de energía renovable global

4.2.1.2 Sistema fotovoltaico conectado a la red

Son aquellas que comparten parte de la energía a la red eléctrica. Estos no poseen un sistema de acumulación ya que toda la energía se inyecta a la red, (Renewables Academy, 2015). Ver Figura 3.

Figura 3. Sistema fotovoltaico conectado a la red

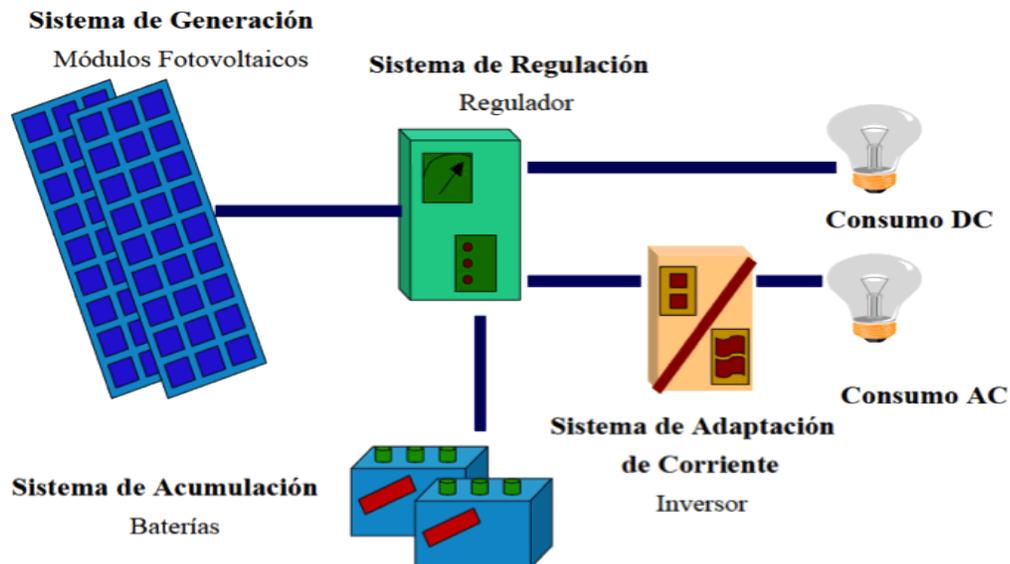


Fuente: Sistema fotovoltaico conectado a red, Obtenido de: Renewables academy, Energía solar fotovoltaica como fuente de energía renovable global.

4.2.1.3 Sistema fotovoltaico aislado

Son aquellos que son independientes a la red eléctrica, se ubican en lugares donde el acceso a la red eléctrica es difícil o presenta fluctuaciones de energía estos sistemas están diseñados para ser autónomos. Con acumuladores de energía que les permite utilizar la energía acumulada en horarios nocturnos o días de poca radiación solar, (Renewables Academy, 2015). Ver Figura 3.

Figura 4. Sistema fotovoltaico aislado



Fuente: Sistema fotovoltaico conectado a red, Obtenido de: Renewables academy, Energía solar fotovoltaica como fuente de energía renovable global.

4.2.1.4 Elementos del sistema fotovoltaico para el alumbrado

Los elementos a usar para el alumbrado público del sendero peatonal de la institución son:

1. Módulos o Paneles fotovoltaico
2. Regulador de carga

3. Sistema de acumulación o Baterías
4. Las luminarias de corriente directa
5. Sistema de protección contra descargas atmosféricas

En nuestro proyecto no se usará inversor, porque las luminarias van a funcionar con corriente directa, así que se prescindirá este elemento, para la realización de este proyecto. En la Figura 4 se muestra como se pretende establecer el montaje de estos elementos.

Figura 5. Poste con el sistema solar fotovoltaico



Fuente: Poste con el sistema solar fotovoltaico, Obtenido de: http://www.solsur.cl/sist_fotovoltaico.html.

La utilización de paneles solares para la generación de electricidad, se asocia con los numerosos proyectos eléctricos en zonas no interconectadas a la red,

la cual ha dado un excelente resultado en los servicios básicos familiares, El uso de paneles solares en alumbrado público ha ayudado a zonas de bajo recursos a disminuir el pago de sus facturas de servicios. En Colombia se conocen diversos casos de alimentación utilizando energía limpias, tenemos el caso de Necoclí – Antioquia en el corregimiento del “Totumo”, el cual usa un sistema fotovoltaico aislado en el alumbrado público de esa comunidad, lo cual ha dado un excelente funcionamiento en esta comunidad, (CREG, 2012). Tenemos otro caso de alimentación con sistema fotovoltaico aislado que es el Hospital Pablo Tobón Uribe ubicado en el mismo barrio de la I.U.P.B. donde suplen parte del hospital con este sistema fotovoltaico lo cual lleva más de 30 años de uso y el cual ha funcionado efectivamente en el hospital. Para este diseño de alumbrado público del sendero peatonal. Se prefiere un sistema fotovoltaico aislado; ya que este será autónomo para suplir la necesidad del alumbrado público del sendero peatonal.

4.3 LEY 1715 DEL 13 DE MAYO DE 2014.

Los reglamentos y la normatividad tienen un objetivo fundamental, que es garantizar seguridad y confiabilidad del funcionamiento de ello. En este caso como se trata de un alumbrado público a base de un sistema fotovoltaico solar aislado debemos de seguir lo que dice **la ley 1715 del 13 mayo de 2014.**, (Congreso de Colombia, 2014)

Artículo 1. Tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuente no convencionales de energía, principalmente aquella de carácter renovable, en el sistema eléctrico nacional. Por su integración a zonas no intersectadas y otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducciones de gases al efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético, (Congreso de Colombia, 2014).

Artículo 2. Tiene como finalidad establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción y aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía. Tenemos algunas finalidades de la ley 1715 que son, (Congreso de Colombia, 2014):

- Incentivar la penetración de las fuentes no convencionales de energía, especialmente aquellas de carácter renovable en el sistema energético colombiano.
- Establecer mecanismo de cooperación y coordinación entre el sector público, el sector privado y los usuarios para el desarrollo de fuentes no convencionales de energía y fomentar la gestión eficiente de energía
- Establecer el deber del cargo del estado a través de las entidades del orden nacional, departamental, municipal o de desarrollar programas y políticas para asegurar el impulso y uso de mecanismo de fomento de la gestión eficiente de la energía de la penetración de fuente convencional de energía.

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de investigación de este proyecto será experimental, dado a que se va hacer una simulación y modelación del alumbrado público del sendero peatonal mediante el software de cálculo de iluminación DIALUX, para garantizar los estándares de iluminación lo más cercano posible, exigidos por el RETILAP.

5.2 MÉTODO

Para este diseño de iluminación del alumbrado público del sendero peatonal de la institución se tuvo en cuenta muchos caracteres, para su óptimo funcionamiento y acercarse a lo más posible con los requerimientos de iluminación. Por el Reglamento Técnico de Iluminación y de Alumbrado Público (RETILAP). Se utilizará el software de cálculos de iluminación DIALUX.

El trabajo se elaboró en 3 etapas como son.

- **Análisis**

En esta etapa se recopiló y analizó la información, permitiendo con ello reconocer las necesidades principales en la zona, se analizaron las condiciones del sitio, ubicación, distribución de las luminarias, todo ello con miras a fortalecer el diseño y hacer del mismo un elemento acorde a la instalación de acuerdo al lugar, estableciendo con ello los elementos necesarios en la planificación.

- **Planificación básica.**

En esta etapa se establecen las características generales en la instalación, se estudian los requerimientos principales en la normatividad exigida, se estudian las luminarias y se establece un diseño básico centrado en la demanda de la zona a iluminar

- **Diseño detallado**

En el diseño detallado se evidencian los planos de la instalación, el informe dialux, la selección de luminarias, cálculos fotométricos, y el análisis económico y de presupuesto

5.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

5.3.1 Fuentes primarias

Las fuentes primarias de información de este proyecto son la normatividad vigente en el tema, las guías técnicas en el uso racional de la energía, el programa de uso racional de la energía, leyes y libros que permitan una orientación acorde a la necesidad evidenciada.

5.3.2 Fuentes secundarias

Estudios estadísticos, análisis de las necesidades de la comunidad y el resultado de trabajos investigativos en el tema.

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 ANÁLISIS DEL PROYECTO

La zona a iluminar será el sendero peatonal que se encuentra entre la portería peatonal de la transversal 73 y la rotonda interna.

Es una zona que se compone de un andén de 1.6m de ancho por 85m de longitud, rodeada de zona verde, con un área construida de 136 m², Ver fotografías de la zona a continuación:

Figura 6. Sendero peatonal de la I.U.P.B.



Fuente: Tomada por el señor Pedro Pablo Pino Palacios

Figura 7. Sendero peatonal actual



Fuente: Tomada por el señor Pedro Pablo Pino Palacios

6.1.1 Demandas visuales

Tras el análisis de la zona se evidencia que la misma actualmente cuenta con una alta demanda en la necesidad visual, ya que se encuentra totalmente desprovista de iluminación, al ser un sendero peatonal que conduce a un ingreso principal de la universidad, es importante que la misma cuente con una buena iluminación, además la misma cuenta con zonas de estudio que al llegar la noche son inutilizados, ya que carecen de la iluminación necesaria para su eficiente uso.

Tras la instalación la zona podrá ser utilizada de la forma eficaz requerida.

6.1.2 Demandas emocionales.

El no contar con iluminación en la zona, ejerce condiciones emocionales adversas en la comunidad académica, dado que se cuenta con poca seguridad, a la vez que afecta las condiciones de bienestar en las mismas.

6.1.3 Demandas estéticas.

Al momento de realizar el análisis de la zona de instalación se encuentra que la misma no cuenta con ornamentación ni ambientación visual, sin embargo cuenta con puestos de estudio y un campo abierto ineficiente para ser usado por la comunidad académica.

6.1.4 Demandas de seguridad.

Actualmente la zona a iluminar no cuenta con dispositivos de iluminación acordes a las condiciones de seguridad necesarias para la circulación de personas.

6.1.5 Condiciones del espacio

Las condiciones físicas de la zona son acordes con los requerimientos técnicos necesarios, la zona a iluminar se encuentra en el sendero peatonal que se encuentra entre la portería peatonal de la transversal 73 y la rotonda interna.

Es una zona que se compone de un andén de 1.6m de ancho por 85m de longitud, rodeada de zona verde, con un área construida de 136 m².

Figura 8. Lugar donde se ejecutará el diseño



Figura 9. Portería peatonal transversal 73



Fuente: Tomada por el señor Pedro Pablo Pino Palacios

Figura 10. Portería peatonal transversal 73



Fuente: Tomada por el señor Pedro Pablo Pino Palacios

Figura 11. Zona verde sendero peatonal



Fuente: Tomada por el señor Pedro Pablo Pino Palacios

Figura 12. Zona verde aledaña sendero peatonal



Fuente: Tomada por el señor Pedro Pablo Pino Palacios

6.1.6 Intereses

Tanto las directivas como la comunidad académica en general, son claros al afirmar que dicha zona requiere urgente una intervención en iluminación, la misma es casi un paso obligado para cada integrante de la misma, la cual al carecer de iluminación, hace más difícil transitar por ella, se evidencian también en los intereses de la Institución el uso de energías renovables, ya que las mismas ofrecen la posibilidad de reducir los costos de energía y mantenimiento, a su vez que contribuyen con el Uso Racional de la Energía en la Institución.

6.1.7 Variables económicas y energéticas

Figura 13. Cotización del proyecto

COTIZACIÓN					No.	CT_300
Datos del contacto PASCUAL BRAVO						
Cliente:	Andres Vahos		Email			
Dirección cliente			ciudad			
Ubicación Obra	Lugar:	Medellin		Teléfono:		
Coordenadas GPS	Depar/	Antioquia		Fax		
ESPECIFICACIONES DE LA COTIZACIÓN						
SUMINISTRO DE EQUIPOS						
	Descripción	Precio unitario	Cantidad		Precio Total	
	Suministro de partes sistema Generador					
	PANEL 130W 36 celdas	\$ 475.057	5			
	CONTROLADOR DE CARGA Sunlight 10A @ 24v	\$ 512.500	12			
1	BATERÍAS DE 12V @ 100AH	\$ 625.750	3	\$ 12.670.535	\$ 12.670.535	
	FUSIBLE DC	\$ 132.000	12			
	Lampara DPH35W	\$ 987.500	0			
	SUBTOTAL					
Nota:				Subtotal	\$ 12.670.535	
				descuento	0%	\$ -
				Subtotal dscto	\$ 12.670.535	
				IVA	\$ 2.027.286	
				Total Cotización	\$ 14.697.821	
Observaciones:						
INFORMACIÓN DE CONTACTO						
Área:	Proyectos			Información Adicional		
Contacto:	David Gonzalez			Teléfono:	4447504	
email:	ingeniero.comercial@gaia-ti.com			Dirección:	Cra. 43 #25A-124	
Celular:	3113202588					

CONDICIONES
<p>INCLUYE:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Asistencia de ingenieros via remota * Materia de primera calidad, con las especificaciones entregadas. * Transporte de equipos en Medellín * Garantía de Fábrica en los equipos <p>NO SE INCLUYE:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Imprevistos durante instalación * Mano de obra * Instalaciones internas y externas hasta paneles para circuito en corriente directa * Transporte de personal y material a la obra. * Obras Civiles de mampostería, pintura, brechas, resanes, etc * Trámites ante autoridades competentes * Pago de algún derecho, por cualquier concepto ante alguna entidad, tal como derechos de conexión, calibración o revisión de equipos de transformación o medida. * Pagos o trámites por inspecciones, interventorias o revisiones de cualquier índole. * Sistemas de seguridad electrónica * Mantenimiento de equipos y paneles * Cobros de terceros por pólizas, seguros o reclamaciones <p>CONDICIONES DE LA OFERTA El IVA será el vigente a la fecha de facturación.</p> <p>FORMA DE PAGO: 100% contra entrega.</p> <p>TIEMPO DE ENTREGA: 40 hábiles días a partir de la aceptación</p> <p>LUGAR DE ENTREGA: Medellín</p> <p>VALIDEZ DE LA PROPUESTA: 15 días.</p> <p><i>David Manuel Gonzalez</i> GAIA Tecnología e Innovación S.A.S E-mail: ingeniero.comercial@gaia-ti.com Tel: (+574) 4447504 Skype: gaia-ti Carrera 43 #25A - 124 Oficina 301 Medellín-Colombia www.gaia-ti.com</p>

Fuente: Cotización empresa GAIA

En la figura anterior se observa la cotización aceptada para el proceso de diseño e instalación del proyecto, además de ella se realizaron cotizaciones con empresas como fueron TOPLED, AMBIENTES Y SOLUCIONES, DISTECSA, DENCO, ISOLUX, DEMCO, en dichas cotizaciones se solicitaban los costos para 12 luminaria, 12 postes, 12 brazos, conductores, y demás

elementos necesarios para su óptimo funcionamiento, obteniendo un promedio de 31.500.000+ IVA.

Tras el estudio de la necesidad evidenciada, se realizaron comunicaciones directas con cada uno de los fabricantes, encontrando que la Empresa GAIA, es la más acorde a la participación en el proyecto, ya que la misma suministrará la iluminación sin ningún costo con el ánimo de que a través del proyecto se permita dar visibilidad a la marca, por tanto solo se cobrarán los elementos complementarios al proyecto como son los postes, baterías, controladores, panel solar y fusibles, por otro lado al ser los mismos fabricantes e importadores de las luminarias y paneles solares, el proyecto estará exento de IVA.

6.2 PLANIFICACIÓN

Fuente Luminosa: Luminaria Led de 35W, DC 12-24V, 3325lm, IP66. La cual cumple con la eficiencia lumínica necesaria en la zona a instalar. Datos de la luminaria presentes en el Informe Dialux (Ver Anexo 1 Página 4 a la 13).

La estrategia es tener el nivel de iluminación adecuado con el menor consumo de energía posible, por lo cual las mismas serán alimentadas por medio de paneles solares independientes, las cuales no requieren de ningún tipo de cableado entre ellas.

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.

6.3 DISEÑO DETALLADO

6.3.1 Selección de las luminarias

En el Anexo 3, puede observarse la ficha técnica de la luminaria a instalar, D&P Soluciones integrales File No. E466856.

Tabla 1. D&P Soluciones integrales File No. E466856.

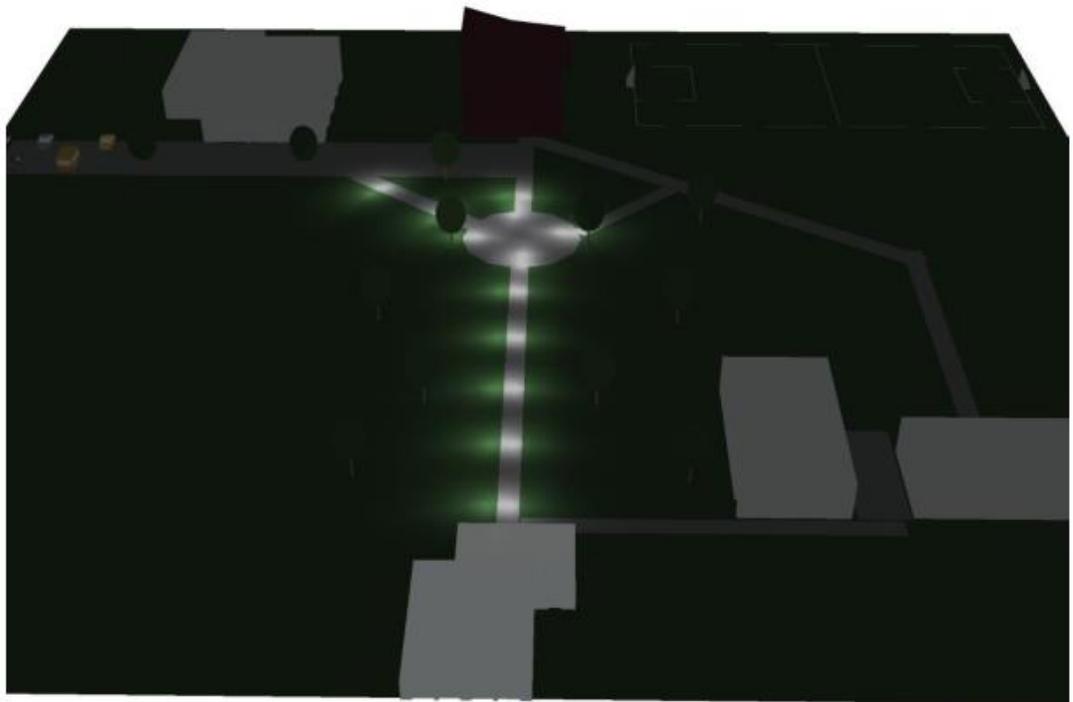
Conductor Marca	Serie Meanwell HLG
de Nominal Potencia	100W
Módulo LED Cantidad	3 módulos
Voltaje de entrada	100-240V, 277V, 347V, 480V AC; DC24V
Eficiencia de energía	> 90%
Factor de Potencia	> 0,95
Lámpara Calificación Eficacia luminosa	> 110lm / w
Lámpara Calificación Lumen salida	11000 lm (tolerancia +/- 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: D&P Soluciones integrales File No. E466856

6.3.2 Cálculos fotométricos, indicando el método y software utilizado.

Los cálculos fotométricos, fueron realizados por medio del software dialux, los cuales pueden observarse en detalle en el Anexo 1 del presente documento.

Figura 14. Simulación de sendero peatonal de la institución



Fuente: Simulación por medio del uso del software dialux.

6.3.3 Diseño geométrico y sistemas de montaje

El diseño geométrico y de sistemas de montaje fue realizado por medio del software dialux, los cuales pueden observarse en detalle en el Anexo 2, del presente documento.

6.3.4 Análisis económico y presupuesto del proyecto

Tabla 2. Resultados equivalentes y comparativos entre la lámpara de 70W Sodio vs la lámpara tipo LED de 35W

INFORMACIÓN DEL EJERCICIO		
VARIABLE	LAMPARA DE 70W DE SODIO	LAMPARA TIPO LED DE 35W
Cantidad Instalada	8	6
Horas de Funcionamiento	8	6
Valor Kw-H	286	286
Valor inicial del Proyecto	12000000	30000000
Vida Util unitario	20000	50000
Vida Util	20	20
Valor de Salvamento	0	0
Consumo al mes del total	345936	129720
Tasa	0,1	0,1
Cambio Lamparas	120000	200000

Fuente: Evaluación económica del proyecto de instalación de luminarias en el sendero peatonal de la IUPB.

Tabla 3. Resumen de resultados

RESUMEN DE RESULTADOS		
Concepto	LAMPARA DE 70W DE SODIO	LAMPARA TIPO LED DE 35W
VPN	1005960,8	27215172,06
Mantenimiento	9124641,413	13280000
Costo energía	9295429,869	3485624,979

RESUMEN DE RESULTADOS		
Concepto	LAMPARA DE 70W DE SODIO	LAMPARA TIPO LED DE 35W
Cambio bombillas	9600000	0
Total costos proyecto	28020071,28	16765624,98
Flujo de efectivo generado	-16020071,28	19044179,91
Costo anual uniforme equivalente	1409515,497	3523788,743

Fuente: Evaluación económica del proyecto de instalación de luminarias en el sendero peatonal de la IUPB.

Tabla 4. Evaluación financiera

EVALUACION FINANCIERA								
PROYECTO ILUMINACION SENDERO PEATONAL IUPB								
OPCIÓN 2 - LAMPARA TIPO LED DE 35W								
TIEMPO	INVERSION	AHORRO	MANTENIMIENTO	COSTOS		SALVAMENTO	FLUJO EFECTIVO GEN	Costos Anuales
				Energía	CAMBIO BOMBILLAS			
0	\$ 30.000.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 30.000.000,00	\$ -
1		\$ 216.216,00	\$ -	\$ 129.720	\$ -	\$ -	\$ 86.496,00	\$ 129.720,00
2		\$ 222.702,48	\$ -	\$ 133.612	\$ -	\$ -	\$ 89.090,88	\$ 133.611,60
3		\$ 229.383,55	\$ -	\$ 137.620	\$ -	\$ -	\$ 91.763,61	\$ 137.619,95
4		\$ 236.265,06	\$ -	\$ 141.749	\$ -	\$ -	\$ 94.516,51	\$ 141.748,55
5		\$ 243.353,01	\$ 1.500.000	\$ 146.001	\$ -	\$ -	\$ (1.402.647,99)	\$ 1.646.001,00
6		\$ 250.653,60	\$ -	\$ 150.381	\$ -	\$ -	\$ 100.272,57	\$ 150.381,03
7		\$ 258.173,21	\$ -	\$ 154.892	\$ -	\$ -	\$ 103.280,75	\$ 154.892,46
8		\$ 265.918,41	\$ -	\$ 159.539	\$ -	\$ -	\$ 106.379,17	\$ 159.539,24
9		\$ 273.895,96	\$ -	\$ 164.325	\$ -	\$ -	\$ 109.570,54	\$ 164.325,41
10		\$ 282.112,84	\$ 2.800.000	\$ 169.255	\$ -	\$ -	\$ (2.687.142,34)	\$ 2.969.255,18
11		\$ 290.576,22	\$ -	\$ 174.333	\$ -	\$ -	\$ 116.243,39	\$ 174.332,83
12		\$ 299.293,51	\$ -	\$ 179.563	\$ -	\$ -	\$ 119.730,69	\$ 179.562,82
13		\$ 308.272,32	\$ -	\$ 184.950	\$ -	\$ -	\$ 123.322,61	\$ 184.949,70
14		\$ 317.520,49	\$ -	\$ 190.498	\$ -	\$ -	\$ 127.022,29	\$ 190.498,19
15		\$ 327.046,10	\$ 3.780.000	\$ 196.213	\$ -	\$ -	\$ (3.649.167,04)	\$ 3.976.213,14
16		\$ 336.857,48	\$ -	\$ 202.100	\$ -	\$ -	\$ 134.757,95	\$ 202.099,53
17		\$ 346.963,21	\$ -	\$ 208.163	\$ -	\$ -	\$ 138.800,69	\$ 208.162,52
18		\$ 357.372,10	\$ -	\$ 214.407	\$ -	\$ -	\$ 142.964,71	\$ 214.407,39
19		\$ 368.093,27	\$ -	\$ 220.840	\$ -	\$ -	\$ 147.253,65	\$ 220.839,62
20		\$ 379.136,06	\$ 5.200.000	\$ 227.465	\$ -	\$ -	\$ (5.048.328,74)	\$ 5.427.464,81
\$ 210,00	\$ 30.000.000,00	\$ 5.809.804,89	\$ 13.280.000,00	\$ 3.485.624,98	\$ -	\$ -	\$ 19.044.179,91	\$ 16.765.624,98
VPN	\$ 27.215.172,06							
TIR	-6,06%							
VPN=0	\$ 0,00							

Fuente: Evaluación económica del proyecto de instalación de luminarias en el sendero peatonal de la IUPB, Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Electricistas Institución Universitaria Pascual Bravo.

6.3.5 Propuesta de esquema funcional de la instalación para propiciar el uso racional de la energía

El principal esquema funcional de la instalación está dado en la elección de las luminarias a instalar las cuales son luminarias tipo LED de 35W, y que cuentan con panel solar que permite hacer uso de la energía solar.

Se evidencia a continuación la tabla de la evaluación del consumo de las luminarias tipo VSAP vs las luminarias tipo led, de acuerdo a la distribución de consumo de 6 horas diarias.

Tabla 5. Luminaria VSAP 70W vs Luminaria tipo LED 35W

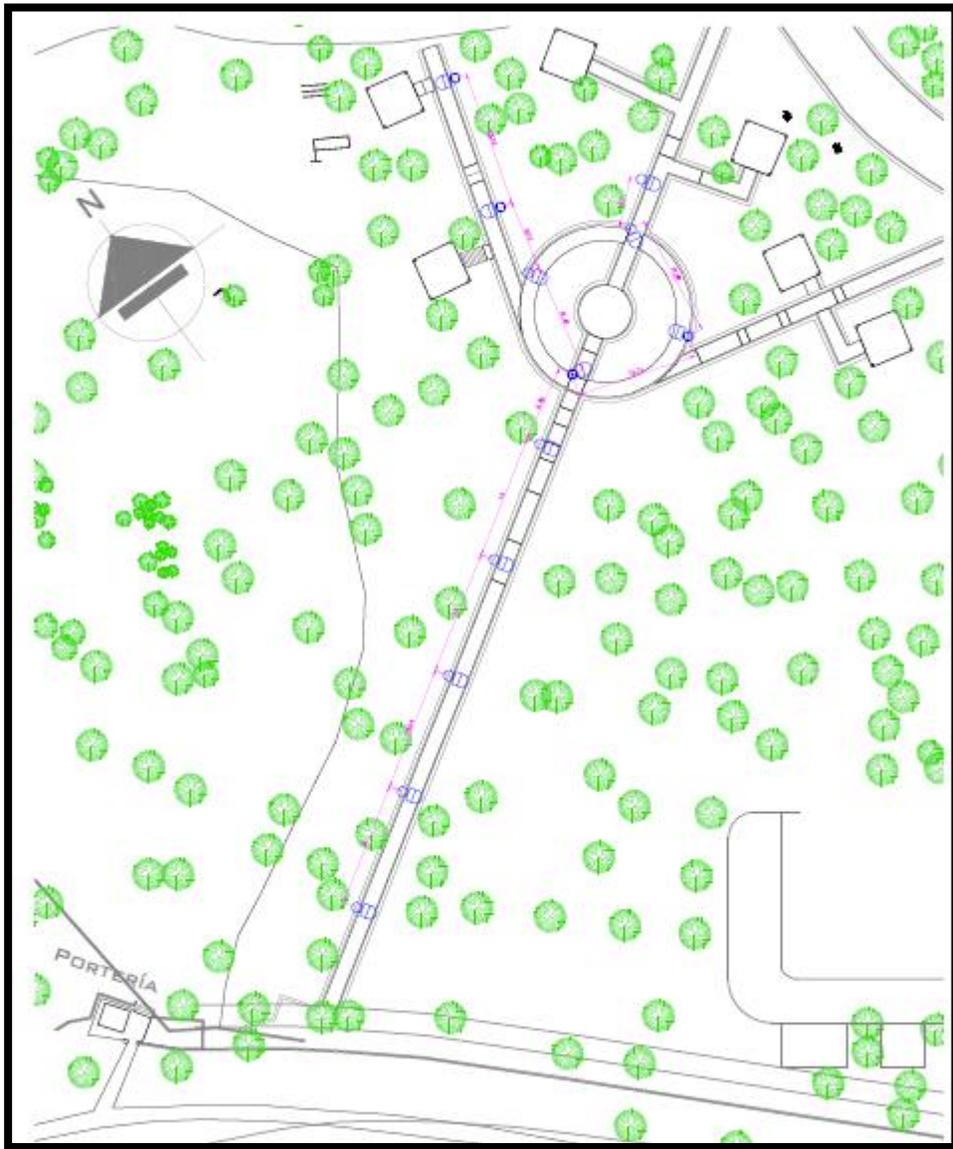
La luminaria VSAP Vapor de sodio a alta presión corriente 70 W						
Consumo día (70 W /1000*12hrs)	Valor día	\$ Kilovatio	Consumo anual (12hr/día)	Consumo anual por 12 luminarias 70W		
0,84	346,08	412	124588,8	1495065,6		
Luminaria Led 35 W,						
Consumo día (35 W /1000*6hrs)	Valor día	\$ Kilovatio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

Fuente. Uso racional de la energía, en la instalación del sistema fotovoltaico aislado con luminaria tipo led, Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Electricistas Institución Universitaria Pascual Bravo.

6.3.6 Especificaciones de los equipos aplicables al diseño.

Para observar en detalle las fichas técnicas relativas a los equipos a utilizar, ver Anexos 3 al 9.

6.3.7 Planos de montaje y distribución de luminarias



Fuente: plano general desarrollado con el software dialux

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El uso de energías renovables es una marcada tendencia que en la actualidad toma cada vez más fuerza, proteger los recursos actuales es de gran importancia a nivel mundial, dado que el cambio climático hace que los mismos presenten un notable descenso, lo que evidencia la notable importancia del desarrollo del presente proyecto, ya que permite marcar una pauta en el sistema de iluminación actual de la Institución.

Al desarrollar el diseño de una instalación en alumbrado público, es importante tener en cuenta cada uno de los factores que garantizan el óptimo funcionamiento al realizar la ejecución del proyecto, la elección de los equipos y materiales y el estudio de la reglamentación vigente son claves para un óptimo desarrollo del mismo.

El desarrollo de proyectos de infraestructura orientados hacia el uso de energías renovables son de gran importancia tanto para la Institución como para la obtención de experiencia de los estudiantes, ya que permite potenciar el alcance en el desarrollo técnico de los proyectos, a su vez que marca una tendencia hacia la orientación de temas de actualidad.

El uso de energías renovables aunque puede parecer costoso al momento de implementar el proyecto, es una alternativa que permite recuperar la inversión a corto plazo, dado el ahorro en gastos operativos, de mantenimiento y de energía.

BIBLIOGRAFÍA

Arboleda, M., Botello, K., & Perales, Y. (2013). *Implementación de paneles solares como una alternativa al uso de energía eléctrica convencional* .

Obtenido de Slideshare: <http://es.slideshare.net/yoly34/propuesta-diapositivas-diseo-de-proyectos>

Blasco, R. (2013). *Energía solar*. Obtenido de Calameo: <http://es.calameo.com/books/002697729474258703598>

Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1715 de 2014*. Bogotá DC: Congreso de Colombia.

CREG. (2012). *Determinación de inversiones y gastos de administración, operación y mantenimiento para la actividad de generación en zonas no interconectadas utilizando recursos renovables*. Bogotá DC: Corporación Ema .

Green Energy. (2015). *Energía solar fotovoltaica*. Obtenido de Green Energy Latinamerica: <http://www.greenenergy-latinamerica.com/es/energia-solar-solar-fotovoltaica-197>

Ministerio de Minas y Energía. (2010). *Uso Racional y Eficiente de la Energía en el Contexto Colombiano*. San Andrés: Ministerio de Minas y Energía.

Obtenido de Ministerio de Minas y Energía .

Ministerio de Minas y Energía. (2014). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público Anexo General*. Bogotá DC: Minminas.

Morales, A. (2011). *Prospectiva del sector eléctrico para latinoamérica al año*

2020. Obtenido de Unimilitar:

<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/3411/2/MoralesMarianAndresFelipe2011.pdf>

Pérez, D., & Ley, A. (s.f). *Energía Solar*. Obtenido de Google Docs:

<https://docs.google.com/presentation/d/1NUgDucAS2Uo1NVxWnzfb6VnO-j7Z9HOun3y2I20b4pk/embed?slide=id.i0>

Prias, O. (2010). *Programa de uso racional de la energía y fuentes no convencionales - PROURE*. Bogotá DC: Ministerio de Minas y Energía.

Renewables Academy. (2015). *Energía solar fotovoltaica como fuente de energía renovable global*. México DF: Renac México.

Upme. (2007). *Alumbrado público exterior: Guía didáctica para el buen uso de la energía*. Bogotá DC: Unidad de Planeación Minero Energética.

Upme. (2010). *Hoy en día la energía solar fotovoltaica es una de las fuentes de energía más utilizada en zonas rurales y con mayor desarrollo tecnológico para soluciones energéticas en las zonas más apartadas y de difícil acceso.* Obtenido de Upme: [http://www.upme.gov.co/Sigic/DocumentosF/Vol_2_Diagnostico_FNC E.pdf](http://www.upme.gov.co/Sigic/DocumentosF/Vol_2_Diagnostico_FNC_E.pdf)

Wikipedia. (2015). *Energía Renovable.* Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_renovable

ANEXOS

Anexo 1. Informe Dialux

Anexo 2. Diseño geométrico y sistemas de montaje

Anexo 3. Ficha técnica de la luminaria

Anexo 4. Ficha Técnica Panel Solar Kyocera

Anexo 5. Ficha Técnica Panel Solar JKM

Anexo 6. Ficha Técnica Batería MT12400HR

Anexo 7. Ficha Técnica Batería MT121050

Anexo 8. Manual de instrucciones para instalación de lámpara alumbrado público

Anexo 9. Manual del controlador solar de iluminación