

IMPLEMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN TIPO LED AUTO SOSTENIBLE POR
PANELES SOLARES EN EL PARQUEADERO CENTRAL DE LA INSTITUCIÓN
UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

DEIBY STIVEN DEOSSA CORREA
JUAN CARLOS ECHAVARRÍA MARÍN
RAFAEL ANTONIO IBARRA CASTRILLÓN

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2016

IMPLEMENTACIÓN DE ILUMINACIÓN TIPO LED AUTO SOSTENIBLE POR
PANELES SOLARES EN EL PARQUEADERO CENTRAL DE LA INSTITUCIÓN
UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

DEIBY STIVEN DEOSSA CORREA
JUAN CARLOS ECHAVARRÍA MARÍN
RAFAEL ANTONIO IBARRA CASTRILLÓN

Trabajo de grado para optar a título de
Ingeniero Electricista

Asesor
Mónica Isabel Narváez Patiño
Ingeniera Electricista

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD INGENIERÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2016

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado 1

Firma del jurado 2

Medellín, Junio de 2016

DEDICATORIA

A Dios por brindarnos la oportunidad de crecer como personas y profesionales, a nuestras familias por su amor permanente, apoyo incondicional y lucha constante, a los profesores que contribuyeron a que creciéramos en nuestro ámbito profesional, personal y laboral, y a todos aquellos que a lo largo de nuestras vidas de una u otra manera aportaron con la consecución de este importante logro en nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

Damos gracias a Dios por darnos la sabiduría necesaria para llevar a cabo la carrera, a nuestras familias por el apoyo incondicional que nos brindan a diario, a los profesores por ser nuestros guías a lo largo de la carrera y por compartirnos sus conocimientos, a nuestra asesora la profesora Mónica Narváez por apoyarnos y guiarnos para una perfecta consecución de la carrera.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	21
1. MARCO TEÓRICO	23
1.1 ENERGÍA	23
1.2 TIPOS DE ENERGÍA	23
1.2.1 Energía mecánica	23
1.2.2 Energía cinética	23
1.2.3 Energía calórica o térmica	23
1.2.4 Energía química	23
1.2.5 La energía solar	24
1.2.6 Energía eléctrica (o electricidad)	24
1.2.7 Energía nuclear o atómica	24
1.2.8 Energía magnética	24
1.2.9 Energía metabólica	24
1.2.10 Energía eólica	24
1.3 ENERGÍA SOLAR	25
1.3.1 Efecto Foto voltaico	25
1.3.2 Celdas solares	25
1.4 TIPOS DE PANELES SOLARES	27
1.4.1 Paneles solares termodinámicos	27
1.4.2 Paneles solares térmicos	27
1.4.3 Paneles solares fotovoltaicos	28
1.4.4 Sistema foto voltaico	28
1.5 PARTES DE UN SISTEMA FOTO VOLTAICO	28
1.5.1 Paneles solares fotovoltaicos	28
1.5.2 Inversor	28
1.5.3 Tablero eléctrico	28
1.5.4 Medidor de energía bidireccional	28
1.5.5 Red eléctrica	28
1.5.6 Sistema de monitoreo	29
1.6 ILUMINACIÓN	29
1.6.1 Luz	29
1.6.2 Reflexión de la luz	30
1.6.3 Refracción de la luz	30
1.6.4 Flujo luminoso	30
1.6.5 Intensidad luminosa	31
1.6.6 Nivel de iluminación	31
1.7 UNIDADES DE ILUMINANCIA	32
1.7.1 Lux	32

1.7.2 Lumen	32
1.7.3 Lámpara	32
1.8 CRITERIOS QUE DEFINEN EL RENDIMIENTO DE UNA LÁMPARA	33
1.8.1 Color y calidad de reproducción cromática	33
1.8.2 Vida media	33
1.8.3 Vida útil de la lámpara	33
1.8.4 Eficiencia	33
1.8.5 Tiempo de encendido	33
1.8.6 Posibilidad de reencendido.	34
1.9 PRINCIPALES TIPOS DE LÁMPARAS	34
1.9.1 Lámparas incandescentes	34
1.9.2 Lámparas halógenas	34
1.9.3 Lámparas fluorescentes o tubulares	35
1.9.4 Lámparas fluorescentes compactas	36
1.9.5 Lámparas de mercurio alta presión	37
1.9.6 Lámpara metal halide	37
1.9.7 Lámparas de luz mixta	38
1.9.8 Lámparas sodio baja presión	39
1.9.9 Lámparas sodio alta presión	40
1.9.10 Lámparas LED.	40
1.9.11 Iluminación LED solar urbana	41
1.10 RETILAP	42
1.10.1 Diodos emisores de luz LED, OLED, LEP	43
1.10.2 Postes exclusivos para alumbrado público	43
1.10.3 Postes de concreto	43
1.10.4 Color de la luz	45
1.10.5 Control del calor producido por las fuentes luminosas	45
1.10.6 Factor de mantenimiento	46
1.10.7 Depreciación producida por la suciedad acumulada en la luminaria (fe)	46
1.10.8 Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla (DLB)	47
1.10.9 Valor de eficiencia energética de la instalación – VEEI	47
1.10.10 Zonas de baja importancia lumínica	47
1.10.11 Zonas de alta importancia lumínica	48
1.11 REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO DE ALUMBRADO PÚBLICO	49
1.11.1 Comodidad visual	49
1.11.2 Uso Racional y Eficiente de la energía	49
1.12 CLASES DE ILUMINACIÓN SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS	49
1.12.1 Vías vehiculares	49
1.12.2 Vías para tráfico peatonal y ciclistas	50
1.12.3 Requisitos de iluminación mantenidos para vías vehiculares	51
1.12.4 Vías para tráfico peatonal y ciclistas	52
1.12.5 requisitos de iluminación mantenidos para vías vehiculares	52
1.12.6 Requisitos de iluminación para vías peatonales y de ciclistas	53

2. METODOLOGÍA	54
3. ANÁLISIS DE RESULTADO	56
4. CONCLUSIONES	71
5. RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	75

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Celda Solar	26
Figura 2. Panel Solar	27
Figura 3. Partes de un sistema solar	29
Figura 4. Nivel de iluminación	32
Figura 5. Lámpara incandescente	34
Figura 6. Lámpara Halógena	35
Figura 7. Lámpara fluorescente	36
Figura 8. Lámpara fluorescente compacta	36
Figura 9. Parte de un bombilla	37
Figura 10. Lámpara metal halide	38
Figura 11. Lámpara luz mixta	39
Figura 12. Lámpara sodio baja presión	39
Figura 13. Lámpara sodio de alta presión	40
Figura 14 Lámpara tipo IED	41
Figura 15. Iluminación LED exterior	42
Figura 16. Simulación en DIALUX de las luminarias de sodio	57
Figura 17. Niveles de iluminación tomados y simulados en DIALUX de las luminarias solar LED	58
Figura 18. Simulación con las luminarias solar LED en DIALUX	59
Figura 19. Posición y altura de los postes, iluminarias en zonas con arboles	61

Figura 20. Posición estratégica de los postes y las luminarias LED solar	62
Figura 21. Simulación en DIALUX de la posición de los postes e iluminarias en el parqueadero central	63
Figura 22. Variación del encendido LED vs SODIO según las horas de funcionamiento	65

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Valores límite eficiencia energética de la instalación	48
Tabla 2. Clases de iluminación para vías vehiculares	50
Tabla 3. Variación en las clases de iluminación por tipo de vía	50
Tabla 4. Clases de Iluminación	51
Tabla 5. Variación clases de iluminación por tipo de vía.	51
Tabla 6. Clases de Iluminación para vías peatonales.	52
Tabla 7. Clase de iluminación para zona de aplicación	53
Tabla 8. Clase de iluminación valor promedio	53
Tabla 9. Clase de iluminación valor promedio, valor mínimo	53
Tabla 10. Medidas de luxes en los 7 puntos del parqueadero	56
Tabla 11. Niveles medidos con luxómetro con las nuevas luminarias solar LED en 12 puntos estratégicos	57
Tabla 12 Comparación de parámetros de encendido, eficiencia y vida útil de LED	66
Tabla 13. Comparación de color y características de la iluminación LED	67

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo 1. Fotografía estado anterior del parqueadero antes de la implementación de las luminarias LED solar.	75
Anexo 2. Fotografía estado anterior del parqueadero antes de la implementación de las luminarias LED solar.	75
Anexo 3. Fotografía estado anterior del parqueadero antes de la implementación de las luminarias LED solar.	76
Anexo 4. Fotografía estado anterior del parqueadero antes de la implementación de las luminarias LED solar	76
Anexo 5. Fotografía estado anterior del parqueadero antes de la implementación de las luminarias LED solar.	77
Anexo 6. Fotografía estado anterior de la iluminación del parqueadero por las luminarias de sodio de 70 W	77
Anexo 7. Fotografía estado anterior de la iluminación del parqueadero por las luminarias de sodio de 70 W.	78
Anexo 8. Fotografía estado de la iluminación del parqueadero por las luminarias de sodio de 70 W.	78
Anexo 9. Fotografía Día del montaje de las luminarias LED solar por parte de los estudiantes de ingeniería eléctrica	79
Anexo 10. Fotografía Montaje de las luminarias LED solar en el parqueadero	79
Anexo 11. Fotografía Montaje de las luminarias LED solar en el parqueadero	80
Anexo 12. Fotografía Primera luminaria LED solar instala en poste	80
Anexo 13. Fotografía Luminarias LED solar instaladas en el poste central adaptado en el parqueadero	81
Anexo 14. Fotografía Luminarias LED solar instaladas en el poste del parqueadero de motos.	81

Anexo 15. Fotografía Vista de las luminarias instalas en el poste central y en el poste de la zona verde del costado sur	82
Anexo 16. Fotografía Luminaria LED solar instalada en el poste occidental del parqueadero	82
Anexo 17. Fotografía estado de la iluminación en el parqueadero con la implementación de las luminarias LED solar	83
Anexo 18. Fotografía estado de la iluminación en el parqueadero con la implementación de las luminarias LED solar visto desde la entrada	83
Anexo 19. Fotografía estado de la iluminación en el parqueadero con la implementación de las luminarias LED solar vista desde el costado occidental.	84
Anexo 20. Fotografía estado de la iluminación en el parqueadero con la implementación de las luminarias LED solar vista desde la fachada del bloque del colegio.	84
Anexo 21. Luminaria LED solar FHPVs30 utilizada en la implementación del proyecto en el parqueadero central, exactamente en el parqueadero de motos.	85
Anexo 22. Especificaciones, medidas y plano fotométrico de la luminaria LED solar FHPVs30.	85
Anexo 23. Ficha técnica de la luminaria LED solar FHPVs30	86
Anexo 24. Luminaria LED solar FHPVs40 utilizada en la implementación del proyecto en el parqueadero central en total se utilizaron 7	87
Anexo 25. Ficha técnica, especificaciones y plano fotométrico de la luminaria FHPVs 40	87
Anexo 26. Ficha técnica de la luminaria LED solar FHPVs 40	88
Anexo 27. Figura donde se visualiza el modo en que debe ir instalada las luminarias LED solar FPHVs 30w y 40w	89
Anexo 28. Fotografía luminarias sodio 70W retiradas de la posteria del parqueadero central	90
Anexo 29. Costo total del proyecto y Gastos reales del proyecto	91

Anexo 30. Luxómetro utilizado para la medición real de la intensidad lumínica de la implementación de las luminarias LED solar en el parqueadero central medición correspondiente a las luminarias centrales del parqueadero 92

Anexo 31. Momentos en el cual se le está haciendo la medición a la luminaria del costado sur del parqueadero 93

GLOSARIO

ADAPTACIÓN: proceso mediante el cual el sistema visual se adapta a mayor o menor cantidad de luz o a la luz de un color, diferente al que estaba expuesto durante el periodo inmediatamente anterior.

La adaptación resulta en un cambio en la sensibilidad del ojo a la luz.

ALCANCE: característica de una luminaria que indica la extensión que alcanza la luz en la dirección longitudinal del camino. Las luminarias se clasifican en: de alcance corto, medio o largo.

ALTURA DE MONTAJE (EN UNA VÍA): distancia vertical entre la superficie de la vía por iluminar y el centro óptico de la fuente de luz de la luminaria.

BOMBILLA O LÁMPARA: término genérico para denominar una fuente de luz fabricada por el hombre. Por extensión, el término también es usado para denotar fuentes que emiten radiación en regiones del espectro adyacentes a la zona visible. Puede asimilarse a la definición de lámpara.

CAPACIDAD VISUAL: es la propiedad fisiológica del ojo humano para enfocar a los objetos a diferentes distancias, variando el espesor y por tanto la longitud focal del cristalino, por medio del músculo ciliar.

CONTAMINACIÓN LUMÍNICA: se define como la propagación de luz artificial hacia el cielo nocturno.

CROMATICIDAD DE UN COLOR: longitud de onda dominante o complementaria y de los aspectos de pureza de un color tomados como un conjunto.

DENSIDAD DE FLUJO LUMINOSO: cociente del flujo luminoso por el área de la superficie cuando ésta última está iluminada de manera uniforme.

DESLUMBRAMIENTO: sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad. Existe deslumbramiento cegador, directo, indirecto, incómodo e incapacitivo.

EFICACIA LUMINOSA DE UNA FUENTE: relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa (bombilla) y la potencia de la misma. La eficacia de una fuente se expresa en lúmenes/vatio (**lm/W**).

EFICIENCIA DE UNA LUMINARIA: relación de flujo luminoso, en lúmenes, emitido por una luminaria y el emitido por la bombilla o bombillas usadas en su interior.

FACTOR DE UNIFORMIDAD DE ILUMINANCIA: medida de la variación de la iluminancia sobre un plano dado, expresada mediante alguno de los siguientes valores

- a) Relación entre la iluminancia mínima y la máxima.
- b) Relación entre la iluminancia mínima y la promedio

FACTOR DE UNIFORMIDAD GENERAL DE LA LUMINANCIA (u_0): relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio sobre la superficie de una calzada.

$U_0 = L_{min}/L_{pro}$ en [%]. Es una medida del comportamiento visual que no puede ser inferior a 40% para L comprendido entre el rango de 1 cd/m² a 3 cd/m², con el fin de que un objeto sea perceptible el 75% de los casos en un tiempo no mayor a 0,1 s.

FLUJO LUMINOSO (Φ): cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lúmen (lm).

FLUJO LUMINOSO NOMINAL: flujo luminoso medido a las 100 h de funcionamiento de la bombilla, en condiciones de utilización normales. Se aplica solo a bombillas de alta intensidad de descarga.

FLUJO ÚTIL: flujo luminoso recibido sobre la superficie bajo consideración.

FUENTE LUMINOSA: dispositivo que emite energía radiante capaz de excitar la retina y producir una sensación visual.

ILUMINANCIA (E): densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx).

ILUMINANCIA INICIAL (E_{INICIAL}): iluminancia promedio cuando la instalación es nueva.

ILUMINANCIA PROMEDIO HORIZONTAL MANTENIDA (E_{PROM}): valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia promedio en el área especificada. Es la iluminancia promedio en el período en el que debe ser realizado el mantenimiento. También se le conoce como Iluminancia media mantenida.

ILUMINACIÓN: se conoce como iluminación, por lo tanto, al conjunto de luces que se instala en un determinado lugar con la intención de afectarlo a nivel visual

LÚMEN (*lm*): unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI). Radiométricamente, se determina de la potencia radiante; fotométricamente, es el flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido (un estereorradián) por una fuente puntual que tiene una intensidad luminosa uniforme de una candela.

LUMINANCIA (L): en un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. La unidad de luminancia es candela por metro cuadrado. (Cd/m²). Bajo el concepto de intensidad luminosa, la luminancia puede expresarse como:

$$L = (dI / dA) * (1 / \cos\Phi)$$

LUMINARIA: aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más bombillas o fuentes luminosas y que incluye todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, pero no las bombillas mismas y, donde sea necesario, los circuitos auxiliares con los medios para conectarlos a la fuente de alimentación.

LUX (LX): unidad de medida de iluminancia en el Sistema Internacional (SI). Un lux es igual a un lúmen por metro cuadrado (1 lx = 1 lm/m²).

POTENCIA NOMINAL DE UNA FUENTE LUMINOSA: potencia requerida por la fuente luminosa, según indicación del fabricante, para producir el flujo luminoso nominal. Se expresa en vatios (W)

RADIACIÓN: emisión o transferencia de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas.

RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA: radiación de energía asociada a un campo eléctrico y a un campo magnético variables periódicamente y que se desplazan a la velocidad de la luz.

RENDIMIENTO VISUAL: es el término usado para describir la velocidad con la que funciona el ojo, así como la precisión con la cual se puede llevar a cabo una tarea visual.

REFLECTOR: dispositivo usado para redirigir el flujo luminoso de una fuente mediante el proceso de reflexión.

REFLEXIÓN: término general para el proceso mediante el cual el flujo incidente deja una superficie o medio desde el lado incidente sin cambios en la frecuencia.

REFRACCIÓN: proceso mediante el cual la dirección de un rayo de luz cambia conforme pasa oblicuamente de un medio a otro en el que su velocidad es diferente.

SISTEMA DE ILUMINACIÓN: componentes de la instalación de iluminación y sus interrelaciones para su operación y funcionamiento.

TEMPERATURA DE COLOR (DE UNA FUENTE LUMINOSA): temperatura absoluta de un cuerpo negro radiador que tiene una cromaticidad igual a la de la fuente de luz. Se mide en Kelvin (**K**).

UMBRAL DE CONTRASTE: mínimo contraste perceptible para un estado dado de adaptación del ojo. También se define como el contraste de luminancia detectable, durante alguna fracción específica de tiempo, que se presenta a un observador.

VALOR DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN VEII: valor que mide la eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona de actividad diferenciada, cuya unidad de medida es (W/m^2) por cada 100 luxes.

VIDA PROMEDIO (DE UN LOTE DE FUENTES LUMINOSAS): promedio de tiempo transcurrido, expresado en horas, de funcionamiento de un lote de fuentes luminosas, antes de que haya dejado de funcionar la mitad de dicho lote.

VIDA FÍSICA (DE UNA FUENTE LUMINOSA): promedio de tiempo transcurrido, expresado en horas, antes de que la fuente luminosa deje de funcionar completa y definitivamente, por haberse dañado cualquiera de sus componentes, sin que hayan interferido influencias externas.

VIDA ECONÓMICA (DE UNA FUENTE LUMINOSA): período de tiempo transcurrido, expresado en horas, hasta cuando la relación entre el costo de reposición de la fuente luminosa y el costo de los lúmen – hora que sigue produciendo ya no es económicamente favorable- La vida económica depende, por consiguiente, del costo de las fuentes luminosas de reemplazo, del costo de su instalación en el portabombilla (mano de obra) y del costo de la energía eléctrica.

VIDA ÚTIL (DE UNA FUENTE LUMINOSA): período de servicio efectivo de una fuente que trabaja bajo condiciones y ciclos de trabajo nominales hasta que su flujo luminoso sea el 70 % del flujo luminoso total.

VIDA NORMAL (DE UNA BOMBILLA DE DESCARGA): periodo de funcionamiento a tensión nominal, expresado en horas, en ciclos de diez horas, en la posición recomendada por el fabricante.

VISIBILIDAD: cualidad o estado de ser perceptible por el ojo. En muchas aplicaciones en exteriores, la visibilidad se define en términos de distancia a la cual un objeto puede ser percibido escasamente por el ojo. En aplicaciones en interiores, usualmente se define en términos de contraste o del tamaño de un objeto estándar de prueba, observado en condiciones normalizadas de visión, con el mismo umbral que el objeto dado.

RESUMEN

Este proyecto se planteó para solucionar la deficiente iluminación del parqueadero central de la institución universitaria pascual bravo, a través de un previo estudio de iluminación que se realizó utilizando herramientas como el DIALUX y el luxómetro se observó que este no cumplía con los niveles de iluminación exigidos por RETILAP los cuales están entre 9 – 30 luxes, encontrando valores de 3.16 luxes con un sistema luminarias tipo sodio 70W de alta presión.

Paso siguiente se realizó una visita al parqueadero central para tomar registros fotográficos y las medidas del espacio a iluminar para luego realizar el diseño ingresándolo en el software dialux, una vez ingresados los datos, se procedió a seleccionar las luminarias tipo led integradas con paneles solares que se acomodaran a las necesidades requeridas para el proyecto las cuales garantizaran niveles óptimos de iluminación, eficiencia energética y bajos consumos de energía.

Una vez definidas las luminarias tipo led integradas con panel solar de referencia LG FH-PVS 40 Y LG FH-PVS 30, se procedió a solicitarlas al proveedor FH y solar S.A., las cuales permitirán desarrollar un sistema de iluminación totalmente autónomo de la red eléctrica utilizando una fuente de energía alterna. La fuente de energía elegida es la solar ya que, por su ubicación geográfica, La institución universitaria pascual bravo dispone de ésta a lo largo del año. El sistema desarrollado fue del tipo con luminarias compactas LED solar todo en uno LG 30 y 40 watts, de modo que se utilizaron 8 luminarias LED solares capaz de absorber la radiación solar en la parte superior de su estructura la cual es capaz de generar una autonomía con algunas horas de radiación para 3 días de uso siendo bastante eficiente y mejorando los niveles de iluminación en esta zona.

Paso siguiente se procedió a ejecutar el proyecto de iluminación, con la instalación del poste de 9 mts de concreto en la parte central del parqueadero, el retiro de las luminarias existentes de sodio de 70W y la instalación de las nuevas luminarias tipo led integradas con paneles solares con las cuales se obtendrá una notable mejora, obteniendo los siguientes datos con su montaje.

Los datos obtenidos fueron satisfactorios ya que arrojaron medidas requeridas como: luxes promedio entre 9 – 30.3, una eficiencia del 110 %, un ahorro de facturación de energía de 656208 anual, un color optimo el cual no produce cansancio visual deja ver los objetos con claridad, una duración optima y un mantenimiento no muy periódico, El proyecto se llevó a cabo en todas sus fases, desde diseño hasta implementación y los resultados obtenidos por el sistema instalado fueron los esperados al inicio del proyecto.

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, el ser humano ha querido mejorar su entorno, buscando soluciones eficientes ante los problemas que surgen en la vida cotidiana de cada individuo. De esta manera, mediante la creatividad y la innovación, la sociedad actual ha avanzado y en cuanto a iluminación aún más. Desde el fuego primitivo que hacían nuestros antepasados, a causa de la fricción entre dos piedras a la tecnología led, que hoy por hoy es lo más novedoso en cuanto a iluminación se refiere. Entre los usos que se le puede dar a la tecnología por diodos emisores de Luz (LED), se encuentra los de instalarlos en hogares, alumbrado público, grandes y pequeños establecimientos, bares, restaurantes hasta grandes superficies, como hoteles, clubs deportivos, estadios de fútbol, pabellones de baloncesto, hospitales, centro comerciales, donde el ahorro energético y económico puede ser mayor, además de colaborar con el cuidado del medioambiente. La sociedad actual está muy sensibilizada con el medioambiente, es por eso, que en definitiva, tanto gobiernos como ciudadanos buscan la manera de no deteriorarlo y cuidarlo, ya que el conjunto de esfuerzos son el motor que hace que la sociedad avance y no se estanque y declive. (Gutierrez Hernandez, 2014)

La evolución de la tecnología led en el alumbrado exterior es una realidad. Gracias a la vertiginosa carrera tecnológica en la mejora de la eficiencia de los LED, combinada con los avances en los sistemas ópticos, hoy por hoy es ya una fuente de luz de mayor eficiencia y calidad luminosa que el vapor de sodio de alta presión (VSAP) y el vapor de sodio a baja presión (VSBP). Pero lo que realmente está haciendo que esta tecnología se imponga aún más rápido, es su capacidad de reducir los niveles lumínicos respecto a otras tecnologías de baja reproducción cromática. (Velazquez Godoy, 2008)

La tecnología del LED blanco se está volviendo económicamente viable con las primeras grandes instalaciones en desarrollo. Así como ofrecen ventajas de longevidad y eficiencia, los LED se pueden atenuar completamente y pueden ser diseñados para producir luz direccional, reduciendo así de manera potencial una de las principales fuentes de contaminación lumínica del cielo nocturno. Los sistemas de iluminación por LED tienen el potencial de reducir el consumo de energía entre un 25 y un 50 por ciento, dependiendo de la aplicación. (Gallo Garcia, 2009)

Mientras el vapor de sodio de alta presión de uso común brinda una eficiencia de 85 lumens por vatio, la tecnología de iluminación con LED va camino de superar los 150 lumens por vatio, y esta última cifra incrementa continuamente a medida que se progresa en el desarrollo de semiconductores. Por otra parte, es totalmente compatible con el medioambiente pues no posee gases como el mercurio utilizado en sistemas de alumbrado público e industrial tradicionales. (Gallo Garcia, 2009)

Al mismo tiempo que se disminuye el consumo de energía y los costos generales de operación, la iluminación por LED en las calles tiene el potencial, debido a su direccionalidad de reducir la contaminación lumínica hasta el punto de que el resplandor que emana de las grandes ciudades propagándose hasta vastas distancias, será cosa del pasado. Los científicos también estudian dotar a la iluminación callejera por LED de medios por los cuales pueda ser controlada y disminuida cuando se considere necesario. (Gallo Garcia, 2009)

Básicamente, la instalación de alumbrado público del parqueadero de la institución universitaria Pascual Bravo constaba de unas lámparas tipo VSBP con una potencia de 70 vatios con poca eficiencia y repartidas de manera inadecuada.

En la actualidad, esta tipo de instalación, además de obsoleta, presentaba serias deficiencias en cuanto al nivel de iluminación y uniformidad lumínica, no cumpliendo los requisitos exigidos en el Reglamento técnico para instalaciones eléctricas y poniendo en riesgo la integridad física de los estudiantes y vehículos en horas de la noche.

La tecnología LED representa la mayor revolución en iluminación desde que se inventase la primera bombilla eléctrica y actualmente están llamadas a reemplazar a las lámparas convencionales. La versatilidad que ofrecen los LED para sus distintos usos en exteriores, tanto como en interiores, ha permitido el desarrollo de compañías que promueven su uso en distintos lugares del mundo. Un ejemplo está En el Perú donde aún es escasa la fabricación de sistemas de iluminación utilizando LED de potencia, pero se pueden encontrar algunos ejemplos como es el caso del nuevo edificio de Edelnor situado en el distrito de San Miguel en Lima. Este edificio presenta una fachada rodeada de LEDs de un matiz blanco, de los cuales poseen una durabilidad de 60000 horas, es decir unos 20 años aproximadamente. (Zeballos Raczy, 2010)

El alumbrado público con tecnología LED (diodos emisores de luz) puede generar un ahorro energético de hasta el 85%, según un programa piloto independiente y global sobre esta tecnología. El programa también indica que los habitantes de las ciudades piloto prefieren la iluminación LED. (Zeballos Raczy, 2010)

Los resultados de LightSavers, un proyecto independiente global de dos años y medio de duración con lámparas LED, repartido en 15 pilotos en 12 ciudades diferentes (incluyendo Nueva York, Londres, Calcuta y Sydney) y presentado resultados muy satisfactorios como que los ciudadanos prefieren la iluminación LED; entre un 68% y un 90% de los encuestados respaldan el despliegue de esta tecnología en toda la ciudad, La vida útil de la iluminación LED probada oscila entre 50.000 y 100.000 horas, lo que indica un alto retorno de la inversión, El estudio LightSaver concluye que los LED están ahora lo suficientemente desarrollados como para utilizarlos en la mayoría de las aplicaciones en exterior, aportando a la sociedad beneficios económicos y sociales. (Luces cei, 2016)

1. MARCO TEÓRICO

1.1 ENERGÍA

En física, energía define como la capacidad para realizar un trabajo. En tecnología y economía, «energía» se refiere a un recurso natural (incluyendo a su tecnología asociada) para poder extraerla, transformarla y darle un uso industrial o económico. (Cortes & Villamizar)

1.2 TIPOS DE ENERGÍA

1.2.1 Energía mecánica. Es la empleada para hacer mover a otro cuerpo. Ésta se divide a su vez en dos energías: la energía potencial(es la que poseen los cuerpos debido a la posición en que se encuentran, es decir un cuerpo en altura tiene más energía potencial que un cuerpo en la superficie del suelo) (Restrepo, Guereño, & Fraile).

1.2.2 Energía cinética. (Es la que poseen los cuerpos debido a su velocidad).Un tipo de energía potencial muy conocido es el de la energía potencial hidráulica que es la que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. (Restrepo, Guereño, & Fraile).

1.2.3 Energía calórica o térmica. Es la que se trasmite entre dos cuerpos que se encuentran a diferente temperatura. El calor es la vibración de moléculas de un cuerpo. La vibración es movimiento. Unos de los fines para que se utiliza la energía calórica es para causar movimiento de diversas máquinas. (Restrepo, Guereño, & Fraile).

1.2.4 Energía química. Es la que generan los alimentos y los combustibles, o, más exactamente, la contenida en las moléculas químicas y que se desarrolla en una reacción química. Conocemos el resultado del alimento en nuestro cuerpo: desarrollamos energía para realizar diferentes trabajos. La energía procedente del carbón, de la madera, del petróleo y del gas en combustión, hace funcionar motores y proporciona calefacción. (Restrepo, Guereño, & Fraile)

1.2.5 La energía solar. Es aquella que más frecuentemente vemos en forma de luz y que nos permite ver las cosas alrededor de nosotros. Se propaga en todas las direcciones, se puede reflejar en objetos y puede pasar de un material a otro. La luz proviene de los cuerpos llamados fuentes o emisores. Llena el Universo, emitida por el Sol y por todas las estrellas que son fuentes luminosas naturales. Sobre la Tierra, las plantas verdes se mantienen vivas gracias a la energía radiante del Sol, e incluso la vida de los animales —entre ellos el hombre— depende de esta energía. (Restrepo, Guereño, & Fraile).

1.2.6 Energía eléctrica (o electricidad). Es la que se produce por el movimiento de electrones a través de un conductor. Se divide a su vez en energía magnética (energía de los imanes), estática y corriente eléctrica. La electricidad es una forma de energía que se puede transmitir de un punto a otro. Todos los cuerpos presentan esta característica, propia de las partículas que lo forman, pero algunos la transmiten mejor que otros. (Restrepo, Guereño, & Fraile).

1.2.7 Energía nuclear o atómica. Es la que procede del núcleo del átomo, la más poderosa conocida hasta el momento. Se le llama también energía atómica, aunque este término en la actualidad es considerado incorrecto. Esta energía se obtiene de la transformación de la masa de los átomos de uranio, o de otros metales pesados. Aunque la energía nuclear es la descubierta más recientemente por el hombre, en realidad es la más antigua: la luz del Sol y demás estrellas, proviene de la energía nuclear desarrollada al convertirse el hidrógeno en helio. (Restrepo, Guereño, & Fraile).

1.2.8 Energía magnética. Es aquella que está en los imanes y se produce porque los imanes están cargados con cargas de electrones, generalmente positivas. Esto hace que si uno acerca algún cuerpo de metal que sea dador de electrones al imán, el primero seda el electrón y quede cargado con una carga opuesta al imán lo que implica la atracción de los cuerpos. (Restrepo, Guereño, & Fraile)

1.2.9 Energía metabólica. Es aquella generada por los organismos vivos gracias a procesos químicos de oxidación como producto de los alimentos que ingieren. (Restrepo, Guereño, & Fraile).

1.2.10 Energía eólica. Es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas. En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir energía eléctrica mediante

aerogeneradores. La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde. Sin embargo, el principal inconveniente es su intermitencia (Restrepo, Guereño, & Fraile)

1.3 ENERGÍA SOLAR

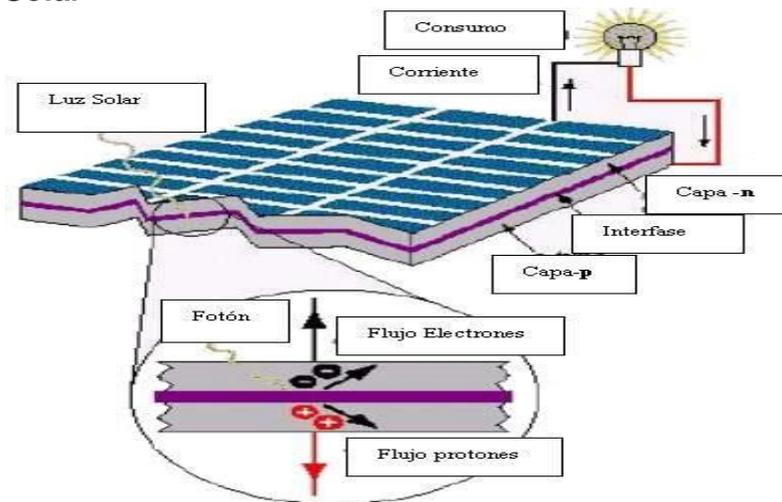
1.3.1 Efecto Foto voltaico. (FV) es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula FV, pueden ser reflejados o absorbidos, o pueden pasar a su través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico.

Las partes más importantes de la célula solar son las capas de semiconductores, ya que es donde se crea la corriente de electrones. Estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas diferentemente dopadas (tipo p y tipo n) para formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en la otra. Cuando la luz solar incide en la célula se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica. Es por ello que estas células se fabrican a partir de este tipo de materiales, es decir, materiales que actúan como aislantes a bajas temperaturas y como conductores cuando se aumenta la energía. (Barrera).

1.3.2 Celdas solares. Las células o celdas solares son dispositivos que convierten energía solar en electricidad, ya sea directamente vía el efecto fotovoltaico, o indirectamente mediante la previa conversión de energía solar a calor o a energía química.

La forma más común de las celdas solares se basa en el efecto fotovoltaico, en el cual la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produce una diferencia del foto voltaje o del potencial entre las capas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo de producir trabajo útil. (Gurevich & Lira, 2010)

Figura 1. Celda Solar



Fuente: Fernández Barrera, 2010.

Los paneles solares fotovoltaicos se componen de celdas que convierten la luz en electricidad. Dichas celdas se aprovechan del efecto fotovoltaico, mediante el cual la energía luminosa produce cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de distinto tipo, por lo que se produce un campo eléctrico con la capacidad de generar corriente. Los paneles solares fotovoltaicos también pueden ser usados en vehículos solares. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son: - radiación de 1000 W/m^2 - temperatura de célula de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (no temperatura ambiente). (Viloria, Instalaciones Solares Fotovoltaicas, 2010)

Figura 2. Panel Solar



Fuente: Fernández Barrera, 2010.

1.4 TIPOS DE PANELES SOLARES

1.4.1 Paneles solares termodinámicos. Los paneles solares termodinámicos son la solución más popular últimamente, debido a su mayor eficiencia, mejor precio y mayor versatilidad. Son más eficientes debido a que son capaces de captar energía de cualquier estado meteorológico, la lluvia, el viento, la luna, etc. Son más versátiles por el peso de los paneles, mucho más ligeros que las demás alternativas. Además de estas ventajas, tanto los equipos como su instalación tienen un coste menor. (Viloria, Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares, 2012).

1.4.2 Paneles solares térmicos. Los paneles solares térmicos son los que funcionan de forma más simple. Consiste en que los rayos del sol calientan los paneles, que contienen un líquido calo portador que circula hacia el interior de la vivienda. Estos son recomendables para zonas que tengan recepción directa del sol a altas temperaturas. (Viloria, Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares, 2012).

1.4.3 Paneles solares fotovoltaicos. Los paneles solares fotovoltaicos fueron una revolución cuando se inventaron. Su implantación en los primeros edificios hizo que se vislumbrara por primera vez la posibilidad de generar suficiente energía como para abastecer las necesidades del propio edificio. Este tipo de sistema consiste en que la energía de la radiación solar se transmite a los electrones de los materiales semiconductores de los paneles, que consiguen así separarse del núcleo y trasladarse, creando una corriente eléctrica. (Viloria, Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares, 2012)

1.4.4 Sistema foto voltaico. Los sistemas fotovoltaicos basan su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico para convertir la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica. Este proceso de generación de electricidad renovable no contamina, no emite gases nocivos, su mantenimiento es mínimo y no genera ruidos molestos. La tecnología fotovoltaica es totalmente confiable y su instalación en residencias e industrias es muy sencilla.

1.5 PARTES DE UN SISTEMA FOTO VOLTAICO

1.5.1 Paneles solares fotovoltaicos. Los paneles solares están formados por celdas fotovoltaicas, las cuales recolectan los rayos del sol y los convierten en corriente directa (DC). (Harper G. E.)

1.5.2 Inversor. Recibe la corriente directa (DC) generada por los paneles solares y la convierte en corriente alterna (AC), el tipo de electricidad comúnmente utilizada. (Harper G. E.)

1.5.3 Tablero eléctrico. La corriente alterna (AC) que sale del inversor llega a un tablero eléctrico donde está lista para ser utilizada. (Harper G. E.)

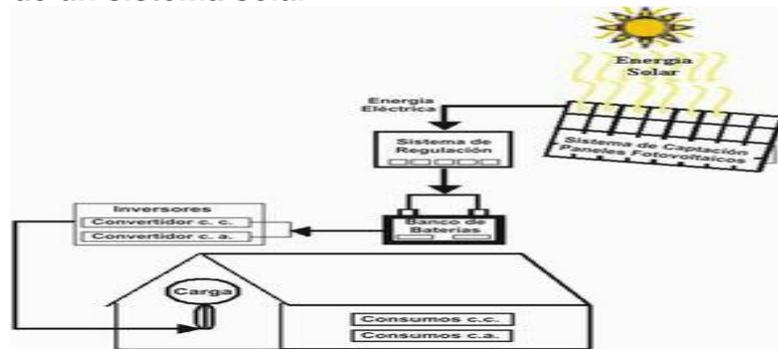
1.5.4 Medidor de energía bidireccional. Mide la energía entregada por la compañía de luz al usuario así como la energía fotovoltaica residual compensada en su estado de cuenta, de esta manera la energía residual producida por su sistema fotovoltaico se descuenta de su próximo recibo (Harper G. E.)

1.5.5 Red eléctrica. Es el sistema eléctrico de la compañía de luz. Su sistema fotovoltaico permanecerá conectado a la red eléctrica para permitir el funcionamiento de la red eléctrica cuando se requiera energía adicional a la que

su sistema fotovoltaico produjo, por ejemplo durante la noche, garantizando así un suministro constante y confiable de electricidad (Harper G. E.)

1.5.6 Sistema de monitoreo. Su sistema fotovoltaico ofrece la posibilidad de monitorear la producción diaria de energía fotovoltaica y verificar que su sistema funcione adecuadamente, así como llevar un registro del CO₂ no emitido al ambiente. (Harper G. E.).

Figura 3. Partes de un sistema solar



Fuente: Fernández Barrera, 2010.

1.6 ILUMINACIÓN

En la técnica se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos. Con la iluminación se pretende, en primer lugar, conseguir un nivel de iluminación - interior o exterior - , o iluminancia, adecuado al uso que se quiere dar al espacio iluminado, nivel que dependerá de la tarea que los usuarios hayan de realizar. (Nottoli, 2007)

1.6.1 Luz. La luz es forma de energía que nos permite ver lo que nos rodea. Es toda radiación electromagnética que se propaga en formas de ondas en cualquier espacio, ésta es capaz de viajar a través del vacío a una velocidad de aproximadamente 300.000 kilómetros por segundo. La luz también se conocida como energía luminosa.

Existen diferentes fuentes de luz que las podemos clasificar en naturales y artificiales. El Sol es la principal fuente natural e importante de luz sobre la Tierra. En cuanto a las fuentes artificiales se estaría hablando de la luz eléctrica de una bombilla, la luz de una vela, de las lámparas de aceite, entre otras.

Al igual que todas las ondas, la luz experimenta los fenómenos de reflexión y refracción. (Nottoli, 2007)

1.6.2 Reflexión de la luz. Es el cambio que experimenta el rayo luminoso cuando incide sobre la superficie de separación de dos medios distintos sin abandonar el medio por el cual se propaga. Los espejos reflejan la luz de manera normal, la luz rebota en la misma forma que llega y como resultado se puede ver una imagen en el espejo. (Nottoli, 2007).

1.6.3 Refracción de la luz. Es el cambio de dirección de un rayo de luz al pasar de un medio a otro de distinta densidad, a través del cual viaja a diferente velocidad. Los lentes son piezas de vidrio que trabajan refractando la luz. (Nottoli, 2007).

1.6.4 Flujo luminoso. La energía transformada por los manantiales luminosos no se puede aprovechar totalmente para la producción de luz. Por ejemplo, una lámpara incandescente consume una determinada energía eléctrica que transforma en energía radiante, de la cual sólo una pequeña parte (alrededor del 10%) es percibida por el ojo humano en forma de luz, mientras que el resto se pierde en calor. El flujo luminoso que produce una fuente de luz es la cantidad total de luz emitida o radiada, en un segundo, en todas las direcciones. De una forma más precisa, se llama flujo luminoso de una fuente a la energía radiada que recibe el ojo medio humano según su curva de sensibilidad y que transforma en luz durante un segundo. El flujo luminoso se representa por la letra griega F y su unidad es el lumen (lm). El lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia de valor $540 \cdot 10^{12}$ Hz. y por un flujo de energía radiante de $1/683$ W. Un watio de energía radiante de longitud de onda de 555 nm. En el aire equivale a 683 lm aproximadamente. Es la magnitud que mide la potencia o caudal de energía de la radiación luminosa y se puede definir de la siguiente manera: Flujo luminoso es la cantidad total de luz radiada o emitida por una fuente durante un segundo y que produce sensación luminosa en el ojo humano. Se mide en Lúmenes. Ejemplos de flujos luminosos:

- Lámpara de incandescencia de 60 W: 730 Lm.
- Lámpara fluorescente de 65 W. "blanca": 5.100 Lm.
- Lámpara halógena de 1000 W: 22.000 Lm.
- Lámpara de vapor de mercurio 125 W: 5.600 Lm.
- Lámpara de sodio de 1000 W: 120.000 Lm.

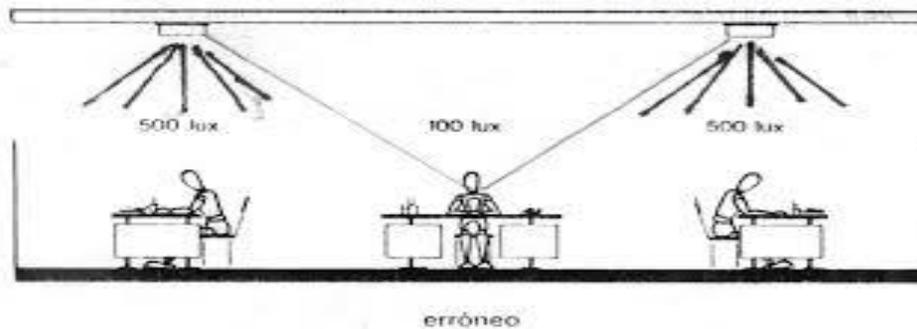
(Harper E. , 2004)

1.6.5 Intensidad luminosa. Esta magnitud se entiende únicamente referida a una determinada dirección y contenida en un ángulo sólido ω . Al igual que a una magnitud de superficie corresponde un ángulo plano que se mide en radianes, a una magnitud de volumen le corresponde un ángulo sólido o estéreo que se mide en estereorradianes. El radián se define como el ángulo plano que corresponde a un arco de circunferencia de longitud igual al radio.

La intensidad luminosa de una fuente de luz es igual al flujo emitido en una dirección por unidad de ángulo sólido en esa dirección. Su símbolo es, su unidad es la candela (cd), y la fórmula que la expresa: $I = (\text{lm/sr}) \Phi \omega$ $r = 1\text{m}$. $1\text{cd} \cdot 1\text{sr} = 1\text{lm}$ $E = 1\text{Lux}$ $S = 1\text{m}^2$ ω (total) = 4π estereorradianes $r = 1$ $\alpha = 1$ radián α (total) = 2π radianes $\delta = 1$ La candela se define como la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereorradián (sr). Según el S.I.*, también se define candela como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia $540 \cdot 10^{12}$ Hz y cuya intensidad energética en dicha dirección es 1/683 vatios por estereorradián. (Harper E. , 2004).

1.6.6 Nivel de iluminación. La iluminancia o nivel de iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su área. Se simboliza por la letra E, y su unidad es el lux (lx). La fórmula que expresa la iluminancia es: $(lx = \text{lm}/\text{m}^2)$ Se deduce de la fórmula que cuanto mayor sea el flujo luminoso incidente sobre una superficie, mayor será su iluminancia, y que, para un mismo flujo luminoso incidente, la iluminancia será tanto mayor en la medida en que disminuya la superficie. Según el S.I., el lux se define como la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de un lumen, repartido sobre un metro cuadrado de superficie (Carreon, 2004).

Figura 4. Nivel de iluminación



Fuente: Chapa Carreón, 1990

1.7 UNIDADES DE ILUMINANCIA

1.7.1 Lux. Unidad derivada del Sistema Internacional de Medidas para la iluminancia o nivel de iluminación. Se usa en fotometría como medida de la intensidad luminosa, tomando en cuenta las diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad a la luz del ojo humano (Carreón, 2004).

1.7.2 Lumen. Es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa percibida, el flujo luminoso se diferencia del flujo radiante (la medida de la potencia luminosa total emitida) en que el primero se ajusta teniendo en cuenta la sensibilidad variable del ojo humano a las diferentes longitudes de onda de la luz (Carreón, 2004).

1.7.3 Lámpara. Las lámparas o luminarias son utensilios que proporcionan luz artificialmente. Desde un punto de vista más técnico, se distingue entre dos objetos y se llama lámpara al dispositivo soportado, al que produce la luz, también llamado bombilla o foco, siendo la luminaria el utensilio o aparato que le sirve de soporte.

Según esta última definición, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que deben cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba

trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Además, las lámparas que funcionan con electricidad, deben presentar una serie de características para la seguridad de los usuarios frente a los contactos eléctricos. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética. (DECKER, 2011)

1.8 CRITERIOS QUE DEFINEN EL RENDIMIENTO DE UNA LÁMPARA

1.8.1 Color y calidad de reproducción cromática. El color se refiere a la temperatura de color de la lámpara y la calidad de reproducción cromática se refiere al índice de rendimiento cromático de la misma, ambos definidos anteriormente (Diez, 2009).

1.8.2 Vida media. La media se refiere al tiempo, en horas, que en fallar el 50 % de una muestra de lámparas, de un mismo tipo y modelo, sometida a pruebas (Diez, 2009).

1.8.3 Vida útil de la lámpara. La vida Útil de una lámpara se refiere a la cantidad de horas, luego de las cuales el flujo luminoso emitido por la lámpara ha disminuido a un punto en la que la lámpara ya no resulta útil, a pesar de que siga emitiendo luz (Diez, 2009).

1.8.4 Eficiencia. La eficiencia es la cantidad de lúmenes, o potencia lumínica, que la lámpara emite por cada vatio de potencia que se le suministra, por consiguiente se mide en lm/W. Mientras más sean los lúmenes por vatio producidos más eficiente será la lámpara. En otras palabras, la lámpara que emita más luz al suministrarle 1 W de potencia será la más eficiente y la más ahorradora de energía (Diez, 2009).

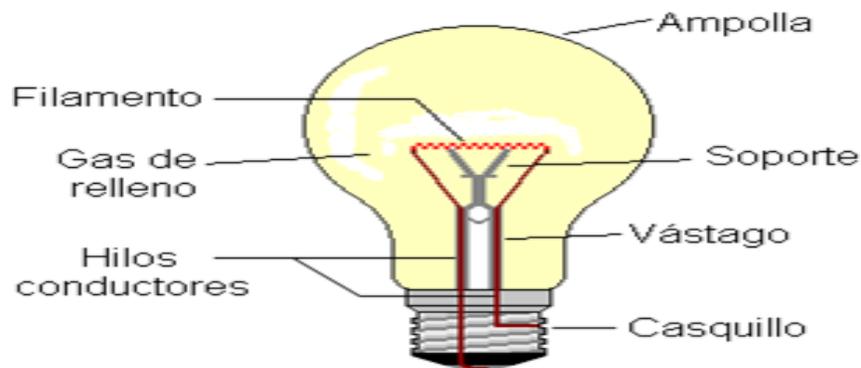
1.8.5 Tiempo de encendido. Algunos tipos de lámparas como las incandescentes, emiten el 100% de su capacidad desde el momento en el que son encendidas. Sin embargo, otros tipos de lámparas como las fluorescentes y las de descarga requieren un tiempo para alcanzar su máximo nivel de flujo luminoso, por esto, se hace necesario definir el concepto de tiempo de encendido, que es el tiempo en que una lámpara logra alcanzar el 80% de su máxima capacidad de producción de luz. Este parámetro se debe tomar en cuenta al momento de elegir una lámpara para aplicaciones en las que el tiempo de encendido es un parámetro crítico (Diez, 2009).

1.8.6 Posibilidad de reencendido. Se entiende por reencendido la capacidad de encender una lámpara inmediatamente después de que ha sido apagada emitiendo su máximo flujo luminoso. Las únicas lámparas que cumplen con esta condición son las incandescentes, el resto requiere un tiempo de reencendido (Diez, 2009).

1.9 PRINCIPALES TIPOS DE LÁMPARAS

1.9.1 Lámparas incandescentes. Se denomina lámpara incandescente, bombilla, lamparita o bombita de luz al dispositivo que produce luz mediante el calentamiento por Efecto Joule de un filamento metálico, hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de eléctrica. Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. Desde que fueran inventadas, la tecnología ha cambiado mucho produciéndose sustanciosos avances en la cantidad de luz producida, el consumo y la duración de las lámparas. Su principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano (Watt, 1994).

Figura 5. Lámpara incandescente



Fuente: Roldán Viloría, 2007

1.9.2 Lámparas halógenas. es una variante de la lámpara incandescente con un filamento de tungsteno dentro de un gas inerte y una pequeña cantidad de halógeno (como yodo o bromo).

El filamento y los gases se encuentran en equilibrio químico, mejorando el rendimiento del filamento y aumentando su vida útil. El vidrio se sustituye por un

compuesto de cuarzo, que soporta mucho mejor el calor (lo que permite lámparas de tamaño mucho menor, para potencias altas). Algunas de estas lámparas funcionan a baja tensión (por ejemplo 12 voltios), por lo que requieren de un transformador para su funcionamiento.

La lámpara halógena tiene un rendimiento un poco mejor que la incandescente (18,22 lm/W) y su vida útil se aumenta hasta las 2.000 y 4.000 horas de funcionamiento. (Watt, 1994)

Figura 6. Lámpara Halógena



Fuente: Roldán Vilorio, 2007

1.9.3 Lámparas fluorescentes o tubulares. Se conoce por luminaria fluorescente, (También denominada Lámpara Fluorescente, Tubo Fluorescente o simplemente Fluorescente) al conjunto que forman una lámpara, denominada tubo fluorescente, y una armadura, que contiene los accesorios necesarios para el funcionamiento. En ciertos lugares se conoce como luminaria solamente a la lámpara. La lámpara es de descarga de vapor de mercurio a baja presión y se utiliza normalmente para la iluminación doméstica o industrial. Su ventaja frente a otro tipo de lámparas, como las incandescentes, es su eficiencia energética bien denominada Lámpara Fluorescente, Tubo.

La lámpara consiste en un tubo de vidrio fino revestido interiormente con diversas sustancias químicas compuestas llamadas *fósforos*, aunque generalmente no contienen el elemento químico fósforo y no deben confundirse con él. Esos compuestos químicos emiten luz visible al recibir una radiación ultravioleta. El tubo contiene además una pequeña cantidad de vapor de mercurio y un gas inerte, habitualmente argón o neón, a una presión más baja que la presión atmosférica. En cada extremo del tubo se encuentra un filamento hecho de tungsteno, que al calentarse al rojo contribuye a la ionización de los gases. (Watt, 1994)

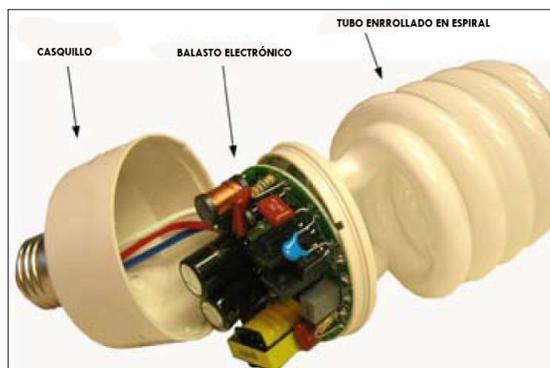
Figura 7. Lámpara fluorescente



Fuente: Roldán Viloría, 2007

1.9.4 Lámparas fluorescentes compactas. La lámpara fluorescente compacta o lámpara fluocompacta (LFC) es un tipo de lámpara que aprovecha la tecnología de los tradicionales tubos fluorescentes para hacer lámparas de menor tamaño que puedan sustituir a las lámparas incandescentes con pocos cambios en la armadura de instalación y con menor consumo. La luminosidad emitida por un fluorescente depende de la superficie emisora, por lo que este tipo de lámparas aumentan su superficie doblando o enrollando el tubo de diferentes maneras. Otras mejoras en la tecnología fluorescente han permitido asimismo aumentar el rendimiento luminoso desde los 40-50 lm/W hasta los 80 lm/W. También la sustitución de los antiguos balastos electromagnéticos por balastos electrónicos ha permitido reducir el peso y el característico parpadeo de los fluorescentes tradicionales. (Diez, 2009)

Figura 8. Lámpara fluorescente compacta



Fuente: Roldán Viloría, 2007

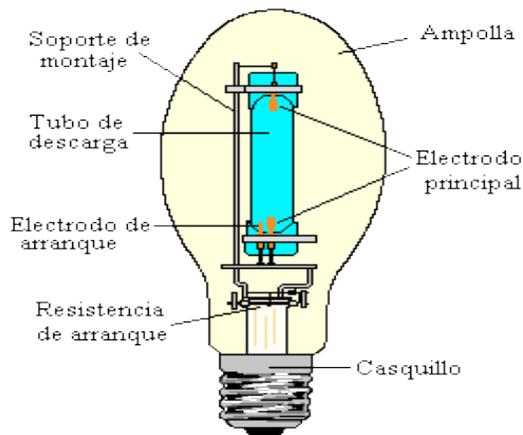
1.9.5 Lámparas de mercurio alta presión. Las lámparas de vapor de mercurio de alta presión consisten en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio, el cual tiene dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar el arranque.

La luz que emite es color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara, aunque también están disponibles las bombillas completamente transparentes las cuales iluminan bien en zonas donde no se requiera estrictamente una exacta reproducción de los colores.

Para su operación las lámparas de vapor de mercurio requieren de un balasto, a excepción de las llamadas lámparas mezcladoras.

Una de las características de estas lámparas es que tienen una vida útil muy larga, ya que rinde las 25000 horas de vida aunque la depreciación lumínica es considerable. Por contra, su rotura libera vapor de mercurio que incrementa el riesgo de envenenamiento por mercurio (Watt, 1994).

Figura 9. Parte de una bombilla



Fuente: Roldán Vilorio, 2007

1.9.6 Lámpara metal halide. Las lámparas de Halogenuros Metálicos son comúnmente llamadas Metal Halide. Estas lámparas contienen un tubo de descarga relleno de mercurio a alta presión y compuesto por una mezcla de gases halogenuros metálicos tales como Dysprosio (Dy), Holmio (Ho) y Tulio TM, los cuales permiten obtener rendimientos luminosos más elevados y mejores

propiedades de reproducción cromática que las lámparas de mercurio. Alta eficiencia, excepcional rendimiento de color y buen mantenimiento de lúmenes. Requiere equipos auxiliares tales como balasto, arrancador (ignitor) y capacitor (condensador) (Watt, 1994).

Figura 10. Lámpara metal halide



Fuente: Roldán Vilorio, 2007

1.9.7 Lámparas de luz mixta. Lámparas de luz mixta, se utilizan tanto en interior como en exterior, no necesitan balasto. Ellas combinan la alta eficacia luminosa de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión con las propiedades cromáticas de las lámparas incandescentes.

Disponen de un tubo de descarga de cuarzo en cuyo interior hay mercurio, conectado en serie con un filamento de tungsteno, estos dos componentes se alojan en una ampolla ovoide de vidrio, esta ampolla, interiormente, se encuentra recubierta de vanadato de litio.

En estas lámparas la función del filamento es doble: Actúa como una fuerte luz incandescente, con su característica luz cálida y sirve como un sistema limitador de corriente, por lo que reemplaza al balasto. (Watt, 1994).

Figura 11. Lámpara luz mixta



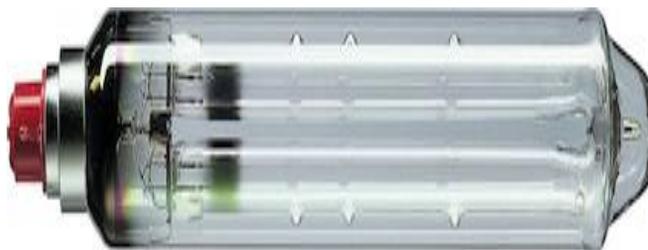
Fuente: Roldán Viloría, 2007

1.9.8 Lámparas sodio baja presión. Las lámparas de vapor de sodio se pueden asimilar en cuanto funcionamiento y forma a las lámparas de vapor de mercurio. Las diferencias se encuentran en los componentes del tubo de descarga como se verá más adelante.

Este tipo de lámparas produce un rendimiento lumínico muy elevado gracias a que las radiaciones producidas se concentran en la zona del espectro visible donde la percepción visual es máxima. Como se vio, esta zona pertenece al color amarillo, color característico de las lámparas de sodio. Por lo tanto son lámparas que se utilizan para aprovechar la agudeza visual, pero por contra la reproducción cromática es muy baja.

La lámpara de vapor de sodio a baja presión fue la primera lámpara de este tipo (Watt, 1994).

Figura 12. Lámpara sodio baja presión



Fuente: Roldán Viloría, 2007

1.9.9 Lámparas sodio alta presión. Son lámparas de sodio de alta presión con tubo de descarga de óxido de aluminio sinterizado, alojado en una envoltura tubular de vidrio transparente, al vacío. La elevada presión de sodio da un brillo y reproducción de color excepcionales. El tubo de descarga contiene una amalgama de sodio y mercurio a una presión de 95KPa, adicionado con xenón Para facilitar la ignición y limitar la conducción de calor, incrementando así la eficiencia luminosa y la reducción del parpadeo. Las lámparas SDW-T utilizan un balasto y una unidad de control especial de Philips, que elimina las desviaciones de color provocadas por las variaciones de la tensión de red. Estas lámparas tienen una temperatura de color de 2500K y un elevado índice de rendimiento de color: Ra=83. Tienen posición de uso universal. (Watt, 1994)

Figura 13. Lámpara sodio de alta presión



Fuente: Roldán Vilorio, 2007

1.9.10 Lámparas LED. Una lámpara de led es una lámpara de estado sólido que usa ledes (*Light-Emitting Diode*, diodos emisores de luz) como fuente lumínica. Debido a que la luz capaz de emitir un led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas las lámparas LED están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.

Actualmente las lámparas de led se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines, presentado ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, aguante a los encendidos y apagados continuos y su mayor vida útil, pero también con ciertos inconvenientes como su elevado costo inicial. Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas de led deben incluir circuitos internos para operar desde el

voltaje CA estándar. Los ledes se dañan a altas temperaturas, por lo que las lámparas de led tienen elementos de gestión del calor, tales como disipadores y aletas de refrigeración. Las lámparas de led tienen una vida útil larga y una gran eficiencia energética, pero los costos iniciales son más altos que los de las lámparas fluorescentes. (Gago & Fraile)

Figura 14. Lámpara tipo LED



Fuente: "FH Solar & Led Iberica Servicios profesionales", 2016

1.9.11 Iluminación LED solar urbana. Una luminaria solar es un dispositivo de iluminación compuesto por una lámpara de LED, un panel solar fotovoltaico, y una batería recargable. Las luminarias solares para alumbrado público pueden tener la lámpara, panel solar y batería integrados en una sola unidad. Lámparas solares interiores con paneles solares montados por separado se utilizan para la iluminación general, donde la energía generada en el centro no es conveniente o económicamente disponible. La iluminación del hogar con energía solar puede desplazar a las fuentes de luz, como las lámparas de queroseno, el ahorro de dinero para el usuario, y la reducción de los riesgos de incendio y de contaminación.

Las luminarias solares se recargan durante el día. Automáticas se encienden al anochecer y permanecen iluminados durante la noche, dependiendo de la cantidad de luz solar que reciben durante el día.

Las luces de jardín solares se utilizan para la decoración, y vienen en una amplia variedad de diseños. A veces son fiestas de temática y pueden venir en forma de

animales. Se utilizan con frecuencia para marcar senderos o las áreas alrededor de las piscinas. Algunas luces solares no proporcionan tanta luz como un sistema de iluminación con conexión a red, pero son fáciles de instalar y mantener, y ofrecen una alternativa más barata a las lámparas con cables.

Las luminarias solares proporcionan alumbrado público sin el uso de una red eléctrica; pueden tener paneles individuales para cada lámpara de un sistema, o pueden tener un gran panel solar y batería del banco central para alimentar lámparas múltiples.

Para reducir el costo total de un sistema de iluminación solar, se utilizan lámparas de ahorro de energía ya sea del tipo fluorescente o lámpara de LED, ya que las bombillas incandescentes consumen varias veces más energía para una determinada cantidad de luz (Castells, 2012).

Figura 15. Iluminación LED exterior



Fuente: Ingeniería y diseño electrónico, n.d.

1.10 RETILAP

Este reglamento establece los requisitos y medidas que deben cumplir los sistemas de iluminación y alumbrado público, tendientes a garantizar: los niveles y calidades de la energía lumínica requerida en la actividad visual, la seguridad en el abastecimiento energético, la protección del consumidor y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación.

1.10.1 Diodos emisores de luz LED, OLED, LEP. Son fuentes lumínicas con tecnologías promisorias y gran dinámica de investigación. A la fecha se carece de normatividad técnica internacional o de reconocimiento internacional, que permita establecer requisitos específicos obligatorios para estas tecnologías, lo cual no implica que su uso esté prohibido cuando el producto y su aplicación cumplen los requisitos generales de iluminación eficiente y segura establecidos en el presente reglamento. (RETILAP, 2010)

1.10.2 Postes exclusivos para alumbrado público. Los postes exclusivos para alumbrado público pueden ser de concreto, hierro galvanizado, aluminio, madera inmunizada, fibras poliméricas reforzadas u otros materiales, deben resistir todos los esfuerzos, mecánicos propios de elementos tales como los conductores, luminarias, transformadores, los ocasionados por personal de mantenimiento y el viento. (RETILAP, 2010)

1.10.3 Postes de concreto.

- a. Los postes de concreto al utilizarse como soportes estructurales para redes exclusivas de alumbrado Público no deben tener una tensión de ruptura menor a 200 Kf, si son compartidas con líneas Aéreas de distribución de media y baja tensión, deben cumplir con las características y dimensiones requeridas en el numeral 17.15 del RETIE y contar con certificado de producto bajo RETIE. (RETILAP, 2010)
- b. Los postes exclusivos de alumbrado público deben especificarse para permitir el montaje doble y sencillo de las luminarias, o pueden ser especialmente diseñados para alumbrado público vehicular, peatonal y parques. (RETILAP, 2010).
- c. La conicidad debe ser de 1,5 a 2,0 cm/m de longitud, para todos los tipos de postes de concreto. La conicidad es la relación entre la diferencia de los diámetros de cima y base y la longitud del poste. (RETILAP, 2010).
- d. El poste, bajo la acción de una carga aplicada a 20 cm de la cima, con una intensidad igual al 40% de la carga mínima de rotura, no debe producir una flecha superior al 3% de la longitud libre del poste y al cesar la acción de esa carga, la deformación permanente no debe ser superior al 5% de la deflexión máxima especificada para el tipo de poste correspondiente (RETILAP, 2010).
- e. El acero de refuerzo utilizado en la fabricación de los postes, debe cumplir con normas NTC, normas internacionales o de reconocimiento internacional, tales como: NTC 116, 161 ó 248. Para los postes pretensados el refuerzo debe

cumplir con normas NTC, normas internacionales o de reconocimiento internacional, tales como: NTC 2010 ó 159. Las varillas de acero estructural deben tener esfuerzo nominal de fluencia mínimo de 420 MPa (60915 psi). (RETILAP, 2010).

- f. Según el ambiente en que serán utilizados los postes el hierro de soporte debe tener un recubrimiento no menos de 20mm para ambientes moderados y 25 mm para ambientes Severos o con alto grado de corrosión (RETILAP, 2010).
- g. Para postes pretensados se debe realizar un recubrimiento en la base y en la cima del poste con el fin de lograr la protección de los cables, alambres o elementos metálicos de pretensado. El recubrimiento utilizado, cualquiera que sea incluyendo la pintura epóxica debe garantizar como mínimo la vida útil esperada (RETILAP, 2010).
- h. Para permitir el paso de conductor de puesta a tierra por el interior del poste y facilitar su conexión éste debe tener dos perforaciones con diámetros no menores a 2 cm y con una inclinación aproximada de 45° respecto al plano horizontal, una de ellas localizada en el tercio superior del poste y la otra entre 20 cm y 50 cm por debajo de la línea de empotramiento. (RETILAP, 2010).
- i. Ninguna de las partes de la armadura de refuerzo del poste, debe ser visible por esas perforaciones. (RETILAP, 2010)

Señalización: Todos los postes deben llevar señalizados las siguientes secciones:

- Centro de gravedad: Debe llevar una franja, pintada de color rojo, de 30 mm de ancho y que cubra el semiperímetro de la sección, en el sitio que corresponde al centro de gravedad. (RETILAP, 2010)

Profundidad de empotramiento: Todos los postes deben llevar pintada, una franja de color verde, de 30 mm de ancho y que cubra el

- semiperímetro de la sección e indique hasta dónde se debe enterrar el poste (RETILAP, 2010)

En cuanto a la calidad del concreto, se deben seguir los procedimientos establecidos en normas NTC, normas internacionales o de reconocimiento internacional, tales como la norma NTC 1329 “Prefabricados en concreto. Postes de concreto armado para líneas aéreas de energía y telecomunicaciones”. (RETILAP, 2010)

- **Requisitos de instalación.** Los postes instalados en lugares aledaños a vías vehicular, cualquiera que sea su material y técnica constructiva son

susceptibles de ser impactados por los vehículos por ello se deben instalarse a una distancia mayor o igual a 0,6 m de la orilla del sardinel, al menos que no exista esta posibilidad. (RETILAP, 2010)

I. La longitud de empotramiento de los postes se debe calcular aplicando la siguiente fórmula:

$$H1 = 0,1 H + 0,60 \text{ (m)}$$

En donde:

$H1$ = longitud de empotramiento (m).

H = longitud total del poste (m).

Este valor puede modificarse de acuerdo a las condiciones del terreno o cimentación utilizada, para lo cual debe tenerse en cuenta aspectos de sismo resistencia y la sismicidad propia de la micro zona donde se requiera instalar. (RETILAP, 2010)

1.10.4 Color de la luz. El ser humano responde a los colores y el color en el ambiente puede influir en su rendimiento, por lo que en los proyectos de iluminación se debe tener en cuenta la apariencia de color de la fuente definida como su temperatura de color (T_c) en Kelvin y su rendimiento de color que es la capacidad de la luz para reproducir con fidelidad los colores de un objeto iluminado por esa fuente de luz y se indica por el Índice Ra. (RETILAP, 2010)

1.10.5 Control del calor producido por las fuentes luminosas. La energía térmica producida por las fuentes lumínicas debe ser tenida en cuenta en los proyectos de iluminación, requiriendo especial cuidado en recintos cerrados, en lugares con presencia de materiales que se descompongan, entren en combustión o exploten debido al aumento de temperatura ocasionado por las fuentes de iluminación.

Los sistemas de iluminación de áreas clasificadas como peligrosas deben atender los lineamientos dados en el RETIE para este tipo de instalaciones especiales.

Las salas o encerramientos donde se instalen lámparas deben tener las dimensiones y formas garanticen la renovación y enfriamiento del aire que circunda la lámpara, en el caso que no se garantice está condición deberá colocarse lámpara con la menor emisión de calor posibles de tal manera que no se comprometa la seguridad por incendio o explosión o la vida útil de la lámpara. (RETILAP, 2010)

1.10.6 Factor de mantenimiento. Es la relación de la iluminancia promedio en el plano de trabajo después de un periodo determinado de uso de una instalación, y la iluminancia promedio obtenida al empezar a funcionar la misma como nueva.

Todo diseño de un sistema de iluminación debe considerar el factor de mantenimiento.

El Factor de Mantenimiento (FM) desde el punto de vista de diseño de iluminación de la instalación, se puede considerar como el sobre dimensionamiento que se debe considerar en los valores iniciales de iluminancia horizontal de la edificación, para poder cumplir con los valores de iluminancia promedio horizontal mínimo mantenidos durante su funcionamiento.

El factor de mantenimiento está dado por la fórmula:

$$\mathbf{FM = FE \times DLB \times Fb}$$

En donde:

FM Factor de mantenimiento de la instalación

FE Depreciación de la luminaria por ensuciamiento

DLB Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla

Fb Factor de balasto

(RETILAP, 2010)

1.10.7 Depreciación producida por la suciedad acumulada en la luminaria (fe). Con el paso del tiempo, la suciedad que se va depositando sobre las ventanas, luminarias y superficies del local, unido a la disminución de flujo luminoso que experimentan las bombillas a lo largo del tiempo, hace que el nivel inicial de iluminación que se disfrutaba en ellas, descienda sensiblemente.

La acumulación de polvo sobre las luminarias y bombillas, está afectada por el grado de ventilación, el ángulo de inclinación, el acabado de las superficies que forman las luminarias y el grado de contaminación del ambiente que las rodea.

La mayor pérdida de iluminación en una instalación proviene de la suciedad, que se deposita sobre las bombillas y las luminarias, reduciendo la disminución de luz de las mismas no solo por la disminución de la emitida directamente por las propias bombillas, sino también por reflexión y refracción en las superficies empleadas para tal fin. (RETILAP, 2010)

Con el fin de garantizar una iluminación adecuada, se deben aplicar los siguientes criterios de mantenimiento.

- a. En locales con alto grado de contaminación se debe utilizar luminarias herméticas. (RETILAP, 2010)
- b. Los cristales de las ventanas y las superficies que forman techos y paredes deben ser limpiados periódicamente para mantener la transmisión de luz natural y la reflectancia de las mismas. (RETILAP, 2010)
- c. La limpieza o repintado de las paredes y techos tendrá gran importancia en el caso de salas Pequeñas y de alumbrados indirectos. (RETILAP, 2010)
- d. Las luminarias deben ser limpiadas regularmente, sobre todo las superficies reflectoras y Difusoras. Si incorporan difusores de plástico, bien sea liso o prismático, y están envejecidos por el uso, deberán ser sustituidos. (RETILAP, 2010)
- e. La realización de una limpieza programada a intervalos regulares, permite mantener de una forma más constante los niveles de iluminación de un local. Para obtener una máxima ventaja económica, el intervalo de limpieza deberá mantener una relación con el intervalo de reposición de las bombillas. (RETILAP, 2010).

1.10.8 Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla (DLB).

En el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de iluminación, se debe utilizar la información que el fabricante suministre sobre las características de las posibles bombillas a utilizar y las condiciones inherentes al comportamiento descrito por las mismas. (RETILAP, 2010)

1.10.9 Valor de eficiencia energética de la instalación – VEEI. La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se evaluará mediante el Indicador denominado Valor de Eficiencia Energética de la instalación VEEI expresado en (W/m²) por cada 100 luxes, mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = (P \times 100) / (S \times E_{prom})$$

Dónde:

P = Potencia total instalada en las bombillas más los equipos auxiliares, incluyendo sus pérdidas [W]

S = Superficie iluminada [m²]

E_{prom} = Iluminancia promedio horizontal mantenida [lux]

(RETILAP, 2010)

1.10.10 Zonas de baja importancia lumínica. Corresponde a espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario

con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminancia, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética. (RETILAP, 2010)

1.10.11 Zonas de alta importancia lumínica. Espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son relevantes frente a los criterios de eficiencia energética. (RETILAP, 2010)

Estos valores incluyen la iluminación general y el alumbrado direccional, pero no las instalaciones de iluminación de vitrinas y zonas de exposición. Iluminación, estas son:

Tabla 1. Valores límite eficiencia energética de la instalación

Grupo	Actividades de la zona	Límites de VEEI
a Zonas de baja importancia lumínica	Administrativa en general	3,5
	Andenes de estaciones de transporte	3,5
	Salas de diagnóstico (4)	3,5
	Pabellones de exposición o ferias	3,5
	Aulas y laboratorios (2)	4,0
	Habitaciones de hospital (3)	4,5
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 1 no descritos en la lista anterior	4,5
	Zonas comunes (1)	4,5
	Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5
	Parqueaderos	5
	Zonas deportivas (5)	5
b Zonas De alta importancia lumínica	Administrativa en general	6
	Estaciones de transporte (6)	6
	Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	6
	Bibliotecas, museos y galerías de arte	6
	Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
	Centros comerciales (excluidas tiendas) (9)	8
	Hostelería y restauración (8)	10
	Otros recintos interiores asimilables a grupo 2 no descritos en la lista anterior	10
	Centros de culto religioso en general	10
	Salones de reuniones, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, y salas de conferencias (7)	10
	Tiendas y pequeño comercio	10
	Zonas comunes (1)	10
	Habitaciones de hoteles, etc.	12

Fuente: RETILAP 2010

1.11 REQUISITOS GENERALES DE DISEÑO DE ALUMBRADO PÚBLICO

1.11.1 Comodidad visual. El ambiente visual de un conductor está constituido principalmente por la visión de la calzada al frente del volante y en menor grado por el resto de su campo visual, que puede llegar a tener información para el conductor, como las señales de tránsito. La comodidad visual es una importante característica que redundará en la seguridad del tráfico vehicular. La falta de comodidad se traducirá en una falta de concentración por parte de los conductores que reducirá la velocidad de reacción debido al cansancio que se producirá en sus ojos.

El grado de comodidad visual proporcionado por una instalación de alumbrado público será mejor si el ojo del conductor tiene mejores niveles de adaptación. Ello implica elevar la Luminancia promedio L_{prom} sobre la vía, así como controlar la dispersión de los valores que componen dicho promedio. Para asegurar el control en la dispersión de los datos, se utiliza el concepto de Uniformidad longitudinal de luminancia UL . Un bajo nivel de uniformidad longitudinal se traducirá en la aparición del *efecto cebra* sobre la vía, causante de la fatiga visual del conductor. El efecto cebra toma su nombre en la apariencia que toma la vía cuando tiene un bajo valor de uniformidad longitudinal: como aparecen sectores transversales a la vía bien iluminados seguidos de otros con poca iluminación, la vía toma la apariencia de la piel de una cebra (RETILAP, 2010).

1.11.2 Uso Racional y Eficiente de la energía. Un proyecto de alumbrado público debe aplicar requisitos relacionados con el URE: Los sistemas de alumbrado público diseñados deben cumplir simultáneamente con los requisitos fotométricos y no deben exceder los valores máximos de densidad de Potencia Eléctrica (DPEA) establecidos en el presente reglamento. (RETILAP, 2010)

1.12 CLASES DE ILUMINACIÓN SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS

1.12.1 Vías vehiculares. Los criterios que se deben tener en cuenta para asignar una clasificación de iluminación están asociados a las características de las vías, siendo las principales: la velocidad de circulación y el número de vehículos. Toda vía caracterizada con estas dos variables se les asignará un tipo de iluminación. (RETILAP, 2010)

Tabla 2. Clases de iluminación para vías vehiculares

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

Fuente: RETILAP, 2010

Tabla 3. Variación en las clases de iluminación por tipo de vía

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Vías de extra alta velocidad, con calzadas separadas exentas de cruces a nivel y con accesos completamente controlados (Autopistas expresas). Con densidad de tráfico y complejidad de circulación ⁽¹⁾ :	
Alta T>1000(Veh./h)	M1
Media 500< T<1000 (Veh. /h)	M2
Baja T< 500 (Veh. /h)	M3
Vías de extra alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico ⁽²⁾ y separación ⁽³⁾ de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M1
Suficiente	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M2
Bueno	M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales, Vías de acceso a propiedades individuales y a otras vías conectoras más importantes. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M4
Bueno	M5

Fuente: RETILAP, 2010

1.12.2 Vías para tráfico peatonal y ciclistas. La iluminación de estas áreas debe garantizar que los peatones y ciclistas puedan distinguir la textura y diseño del pavimento, la configuración de bordillos, escalones marcas y señales; adicionalmente debe ayudar a evitar agresiones al transitar por estas vías (RETILAP, 2010)

Tabla 4. Clases de Iluminación

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACIÓN
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.</i>	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente</i>	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

Fuente: RETILAP 2010

1.12.3 Requisitos de iluminación mantenidos para vías vehiculares.

Conocidas las características de las vías y sus requerimientos visuales, se deberá asignar la clase de iluminación necesaria. A cada clase de iluminación se le establecen los requisitos fotométricos mínimos mantenidos a través de la siguiente tabla.

Tabla 5. Variación clases de iluminación por tipo de vía.

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Vías de extra alta velocidad, con calzadas separadas exentas de cruces a nivel y con accesos completamente controlados (Autopistas expresas). Con densidad de tráfico y complejidad de circulación ⁽¹⁾ :	
Alta T>1000(Veh./h)	M1
Media 500< T<1000 (Veh. /h)	M2
Baja T< 500 (Veh. /h)	M3
Vías de extra alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico ⁽²⁾ y separación ⁽³⁾ de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M1
Suficiente	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M2
Bueno	M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales, Vías de acceso a propiedades individuales y a otras vías conectoras más importantes. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Escaso	M4
Bueno	M5

Fuente: RETILAP 2010

1.12.4 Vías para tráfico peatonal y ciclistas. La iluminación de estas áreas debe garantizar que los peatones y ciclistas puedan distinguir la textura y diseño del pavimento, la configuración de bordillos, escalones marcas y señales; adicionalmente debe ayudar a evitar agresiones al transitar por estas vías (RETILAP, 2010)

Tabla 6. Clases de Iluminación para vías peatonales.

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACIÓN
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.</i>	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente</i>	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

Fuente: RETILAP 2010

1.12.5 requisitos de iluminación mantenidos para vías vehiculares. Conocidas las características de las vías y sus requerimientos visuales, se deberá asignar la clase de iluminación necesaria. A cada clase de iluminación se le establecen los requisitos fotométricos mínimos mantenidos a través del tiempo, los cuales se condensan en la Tabla 510.2.1 a. para luminancia, cuando este es el criterio aplicado. Los valores son para piso seco. (RETILAP, 2010)

Tabla 7. Clase de iluminación para zona de aplicación

Clase de iluminación	Zona de aplicación				
	Todas las vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con calzadas peatonales no iluminadas
	Luminancia promedio L_{prom} (cd/m ²) Mínimo mantenido	Factor de uniformidad U_0 Mínimo	Incremento de umbral TI % Máximo inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia U_l Mínimo	Relación de alrededores SR Mínimo
M1	2.0	0,4	10	0,5	0,5
M2	1,5	0,4	10	0,5	0,5
M3	1,2	0,4	10	0,5	0,5
M4	0,8	0,4	15	N.R	N.R
M5	0,6	0,4	15	N.R	N.R

Fuente: RETILAP 2010

Tabla 8. Clase de iluminación valor promedio

Clase de iluminación	Valor promedio (mínimo mantenido) de iluminancia según tipo de superficie de la vía [Luxes]			Uniformidad de la Iluminancia
	R1	R2 y R3	R4	E_{min} / E_{prom} (%)
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

Fuente: RETILAP

1.12.6 Requisitos de iluminación para vías peatonales y de ciclistas.

Tabla 9. Clase de iluminación valor promedio, valor mínimo

Clase de iluminación	Iluminancia Horizontal (luxes)	
	Valor promedio	Valor mínimo
P1	20,0	7,5
P2	10,0	3,0
P3	7,5	1,5
P4	5,0	1,0
P5	3,0	0,6
P6	1,5	0,2
P7	No aplica	No aplica

Fuente: RETILAP 2010

2. METODOLOGÍA

Se efectuó la inspección visual de la luminarias, las instalaciones eléctricas y del área del parqueadero en horas de la mañana, se toman apuntes del estado de la luminaria, de la localización de los postes, y se observó los caminos y zonas de accesos y parqueo, también la interferencia que tiene los árboles, el tránsito vehicular, los colores de los muros y suelos, que se encuentran en el lugar. Se utilizó de herramienta una lienza para tomar las medidas de toda el área perimetral a y de la zona de la parte central del parqueadero a lo largo y a lo ancho, igualmente las medidas y distancias que existían de poste a poste y se escribieron en papel todos los datos y se guardan en el archivo del proyecto. Con los datos de las medidas tomadas, se realizó plano a mano alzada acotándolo y ubicando todo los postes y las luminarias. Utilizando una cámara se tomaron fotografías en horas de la mañana, en varios ángulos, de las luminarias, postes, árboles, carros parqueados, fachadas, muros, suelo, caminos de acceso, que interactúan con toda el área de trabajo y se guardan en el archivo del proyecto.

Se efectuó la inspección visual de la iluminación en horas de la noche observando todos los puntos oscuros del área, de los caminos, de la zona de acceso, se escriben en papel todos los datos y se guardan en el archivo del proyecto. Se utilizó como herramienta de medida un luxómetro marca siemens y se midieron los niveles de iluminación en 7 puntos estratégicos los cuales estaban en las zonas donde se ubican los postes, se realizó las respectivas revisiones en toda el área del parqueadero, y se escriben en papel todos los datos guardándolos en el archivo del proyecto. Se realiza la consulta de los reglamentos RETILAP y RETIE, y se sacan fotocopias de las secciones que hacen referencia a la iluminación del alumbrado público y de las tablas de diseño de sistemas de iluminación, igualmente la sección que se refiere a las instalaciones eléctricas y tablas de diseño. Utilizando una cámara se tomaron fotografías en horas de la noche, en varios ángulos de las luminarias, postes, árboles, carros parqueados, fachadas, muros, suelo, caminos de acceso, y enfocados principalmente en los puntos más oscuros, que interactúan con toda el área de trabajo y procede guardarlas en el archivo del proyecto.

Se realizó búsqueda en internet, en varias páginas de varios proveedores de iluminación led con panel solar, se descargan las diferentes fichas técnicas y de igual manera, el plugin de las luminarias que cumplen con las características y estos fueron instalados y utilizados en el software DIALUX. Utilizando el software DIALUX, se realizó el dibujo del plano con todas las medidas tomadas del área del parqueadero y se procedió a realizar el diseño agregándole al plano, los postes, luminarias, árboles, carros parqueados, el tipo de suelo con sus características de construcción y las fachadas con sus colores que interactúan en el parqueadero. Con el plano realizado con todos los elementos que interactúan en el parqueadero, se procedió a realizar las simulaciones en 3D, utilizando el software

DIALUX, se estudiaron todos los datos arrojados en las simulaciones, se comparan con los tomados en campo y con los exigidos por el reglamento que deben estar entre 9 – 30 luxes, se procedió a corregir errores y modificar posiciones de luminarias y postes.

Se imprimen diseños de planos definitivos con medidas y memorias de cálculos de eficiencia = $\frac{\text{lúmenes}}{\text{vatios}}$, consumo de operación anual = $\text{Vatios} \times \text{horas de operación} \times 30 \text{ días} \times 12 \text{ meses} \times \Kwh , profundidad a colocar la postearía = $H1 = 0,1 H + 0,60 (m)$ y factor de mantenimiento = $FM = FE \times DLB \times Fb$, dichas formulas se utilizan para realizar una comparación directa de las lámparas de sodio y las lámparas LED solar. Se buscó información de proveedores y representantes de la luminaria escogida que existen en Medellín y el área Metropolitana, se contactó proveedores, se envían emails y se conversó telefónicamente solicitando las cotizaciones de la luminaria escogida. Se realizó el listado de materiales requeridos, mano de obra, equipos de montaje e imprevistos, para la implementación del nuevo sistema de iluminación del parqueadero, se efectuó un informe del presupuestos necesario para todos los integrantes del proyecto. Se dividió el presupuesto entre los participantes y se propuso fecha para efectuar el pago acordado.

Se realizó el pedido de la luminaria importada, y se planificó y programó la fecha para el montaje con grúa y una cuadrilla de trabajadores para reubicar los postes existentes y proceder a instalar las luminarias. Se ejecutó en la fecha programada, el montaje e instalación de los postes, luminarias y la podada de árboles. Se realizaron pruebas finales a las luminarias ya instaladas y se hicieron mediciones utilizando el luxómetro siemens en toda el área del parqueadero, se escribieron datos en papel, y se compararon con los estudios de diseño y con el cumplimiento de la norma para llevar a cabo el proyecto. Utilizando la cámara fotográfica se tomaron fotos de cómo quedó la instalación de día y de noche, se compararon con las fotos anteriores, de igual manera se consignan en el archivo del proyecto. Se realizó la entrega del proyecto a la Asesora Técnica del proyecto físico y metodológico.

3. ANÁLISIS DE RESULTADO

Se implementó alumbrado LED auto sostenible por paneles solares en el parqueadero central de la institución universitaria pascual bravo, siguiendo norma RETIE, RETILAP y con los estándares de calidad requeridos.

La implementación de la iluminación LED solar nos arrojó estos resultados, según el reglamento técnico RETILAP sugería tener una iluminación entre 9 – 30 luxes en este tipo de áreas de espacio urbano y alumbrado público.

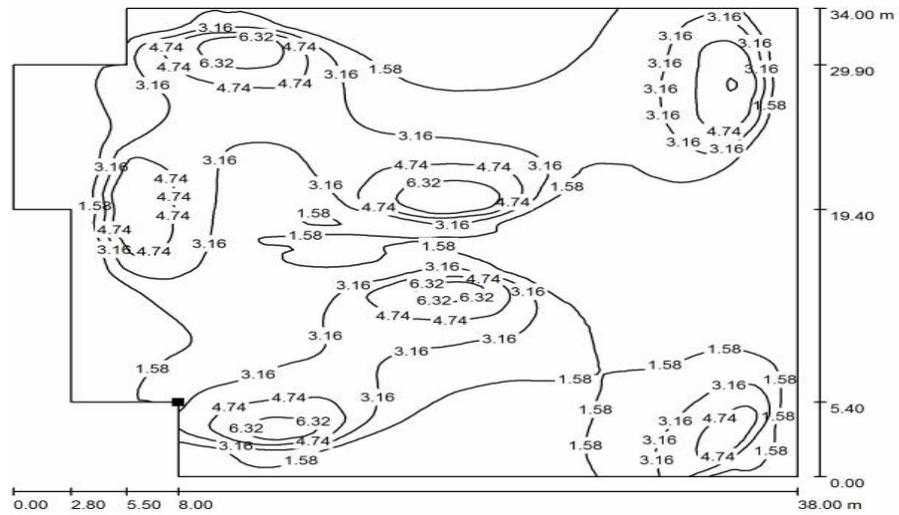
El parqueadero está dentro de las zonas de baja importancia porque los niveles de iluminación van acorde a tipo de actividad, zona y velocidad
Estas tablas graficas se obtuvieron de acuerdo a las medidas del luxómetro en 7 puntos estratégicos donde están ubicadas las lámparas anteriores de sodio 70 W y simulándolos en el DIALUX.

Tabla 10. Medidas de luxes en los 7 puntos del parqueadero

TOMA	LUMINARIA	LUXES
1	LUMINARIA AL LADO DE LA CAFETERIA	4
2	LUMINARIA DEL PARQUEADERO DE MOTOS	3,3
3	LUMINARIA CONTINUA A EL BLOQUE DEL COLEGIO	2,7
4	LUMINARIA A LA ENTRADA DEL PARQUEADERO	4,1
5	LUMINARIA AL LADO IZQUIERDO ZONA VERDE	3,3
6	LUMINARIA AL LADO DERECHO DE LA ZONA VERDE	3,6
7	LUMINARIA CENTRAL DE LA ZONA VERDE	4,1
	PROMEDIO	3,58571429

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Simulación en DIALUX de las luminarias de sodio



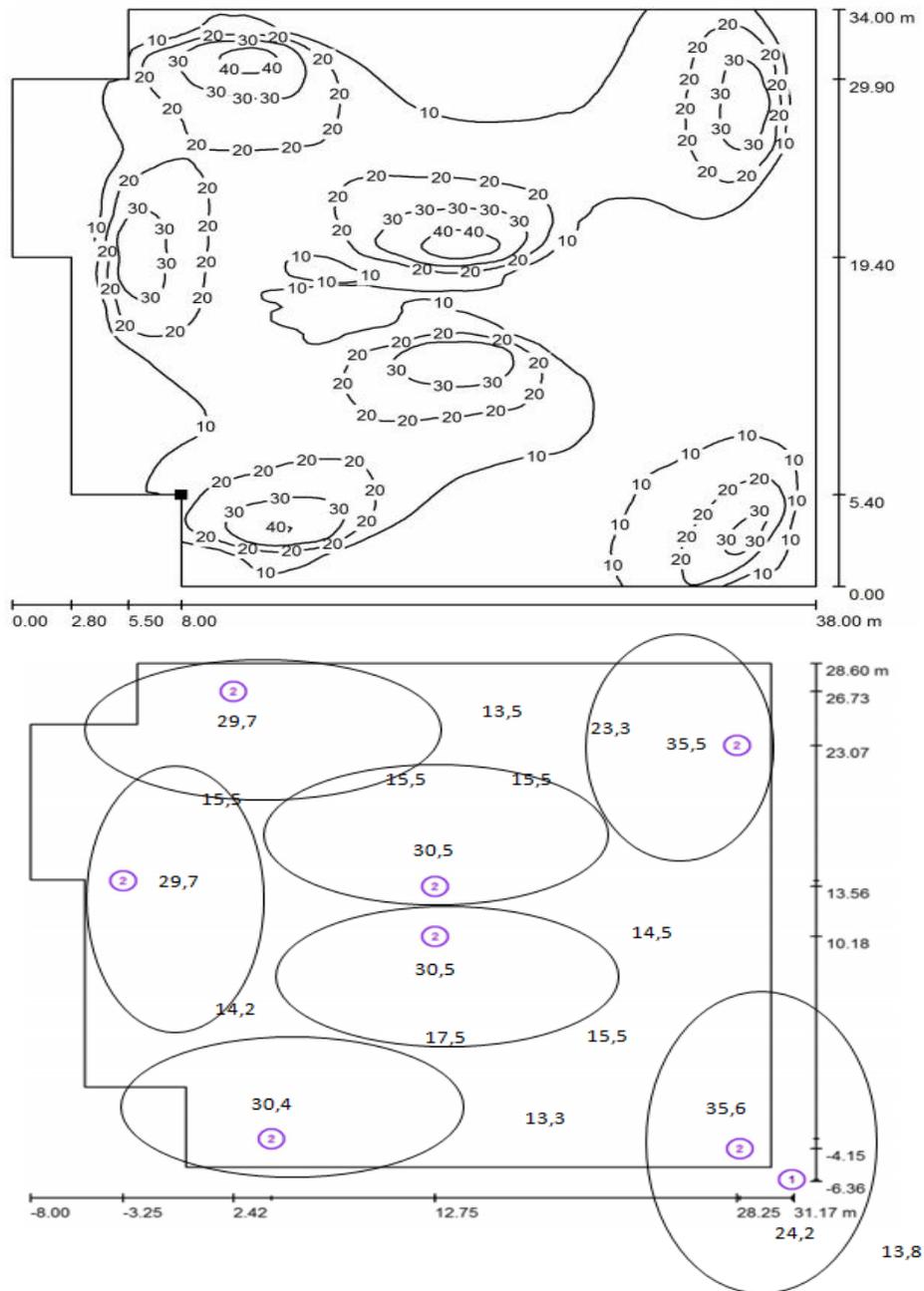
Fuente: Dialux

Tabla 11. Niveles medidos con luxómetro con las nuevas luminarias solar LED en 12 puntos estratégicos

TOMA	ZONA DE ILUMINACIÓN MEDIDA CON LUXOMETRO	LUXES
1	LUMINARIA EN ZONA DE CAFETERÍA FHPVs 40	29,7
2	LUMINARIA EN EL COSTADO OCCIDENTE DEL PARQUEADERO FHPVs 40	29,7
3	LUMINARIA EN EL COTADO SUR DEL PARQUEADERO FHPVs 40	30,4
4	LUMINARIA 1 EN EL CENTRO DEL PARQUEADERO FHPVs 40	30,5
5	LUMINARIA 2 EN EL CENTRO DEL PARQUEADERO FHPVs 40	30,5
6	LUMINARIA EN LA ZONA DE ENTRADA AL PARQUEADERO FHPVs 40	29,3
7	LUMINARIA JUNTO AL BLOQUE DEL COLEGIO FHPVs 40	27,3
8	LUMINARIA EN EL PARQUEADERO DE MOTOS FHPVs 30	24,2
9	ZONA DE ACCESO AL PARQUEADERO	22,3
10	ZONAS DE TRANSITO DE VEHÍCULOS	15,5
11	ZONAS VERDES DEL PARQUEADERO	11,2
12	ZONA FACHADA DEL COLEGIO	19,2
PROMEDIO A MÁXIMA POTENCIA		20 A 25
PROMEDIO A MÍNIMA POTENCIA		9 A 12

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Niveles de iluminación tomados y simulados en DIALUX de las luminarias solar LED



Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Simulación con las luminarias solar LED en DIALUX



Fuente: Dialux.

Las luminarias anteriormente instaladas no cumplían con los niveles de RETILAP ya que sus niveles de iluminación no llegaban a los niveles mínimos requeridos en las tablas previamente citadas que exigen 9 – 30 luxes dado esto se eligió implementar la luminarias LED solar que se instalaron, las cuales con un menor consumo generan un nivel de lúmenes y luxes óptimos para crear un buen ambiente visual y de confort en la zona del parqueadero central, los luxes totales logrados están entre los rangos requerido por el RETILAP, los luxes logrados fueron entre 9 – 27 luxes y en promedio 20 a 25 luxes en máxima potencia.

Las luminarias LG SOLAR STREET LIGTH FH SOLAR Y LED, 6 luminarias LG FH-PVS 40 y 1 luminarias LG FH-PVS 30 denotaron un gran mejoramiento a los niveles de iluminación y confort del parqueadero, adaptándose al diseño y la ejecución final del proyecto nos dio que el nivel de iluminación que llevo al rango requerido e ideal que fue una intensidad luminosa entre 9 - 30 luxes, siendo medido efectivamente por el luxómetro que nos mostró una medida entre 9 – 30.3 luxes dando así un resultado satisfactorio.

En las zonas marginales, los extremos donde no se requiere tener un gran nivel de iluminación el luxómetro nos arrojó medidas entre 9 – 15.3 luxes que están dentro del rango pedido por el RETILAP previamente dicho.

Las zonas de gran importancia dentro del parqueadero las cuales son las zonas de las celdas de parqueo tanto de motos y automóviles nos arrojaron unos datos reales de 15 – 30.3 luxes los cuales son efectivamente ideales para estas zonas ya que están dentro del rango establecido, y estos niveles de iluminación son de gran relevancia porque generan confort visual de igual que una sensación de seguridad.

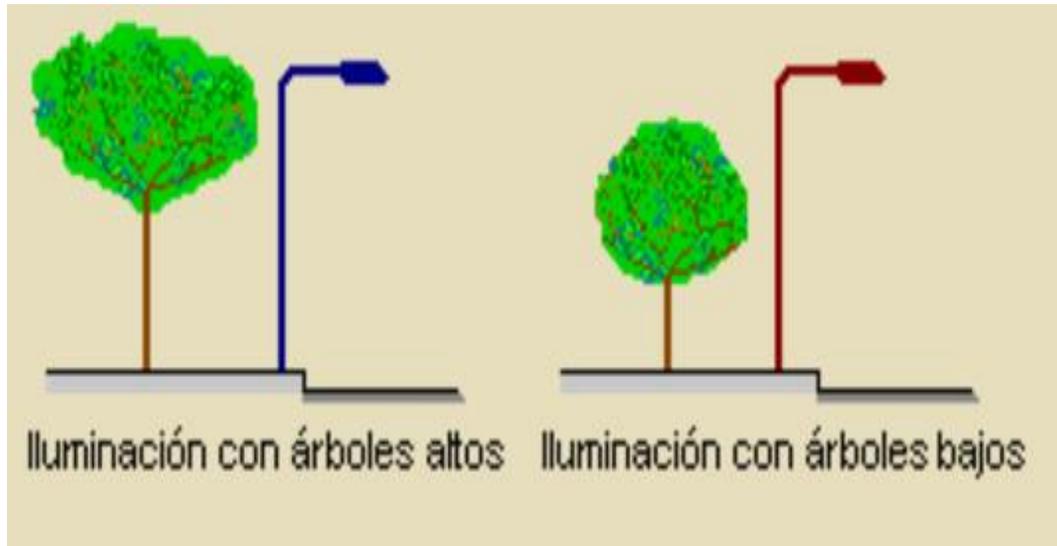
Las luminarias LG SOLAR STREET LIGHT FH SOLAR Y LED se implementaron en el diseño final por que ofrecían los niveles óptimos de iluminación porque son lámparas con diseños compactos, y con nivel de cargabilidad idóneo para su utilización ofreciendo un correcto funcionamiento e implementación para el área de trabajo, además de ser auto sostenibles y de poseer un nivel de autonomía de 3 días con poca carga.

Comparando la elección de estas luminarias con las que estaban anterior mente y las del proyecto implementación de paneles solares y lámparas electrónicas tipo LED en el sendero peatonal de la institución universitaria pascual bravo, las LG SOLAR STREET LIGHT FH SOLAR Y LED son lámparas de última tecnología ya que su diseño, su construcción y funcionamiento son en un porcentaje diferentes ya que estas cuenta con todos sus componentes ya adaptados, y no necesita tener un panel visible ya que el panel viene instalado en la parte superior de la misma, estas luminarias garantizan un nivel algo mayor de cargabilidad que las de los proyectos antes mencionados por que garantiza un nivel de autonomía con la misma carga con ausencia de sol y día nublados sin que se afecte su potencia lumínica.

El uso de estas luminarias compactas garantiza un gran diseño e implementación en otros sectores del alumbrado público y residencial.

La presencia de árboles en las zonas de estacionamiento de vehículos si estos son altos de unos 8 a 10 metros, las luminarias se situaran a su misma altura .pero si son pequeños las luminarias se situaran por encima de estos 12 a 15 metros de altura, en ambos casos es recomendable una poda periódica de estos.

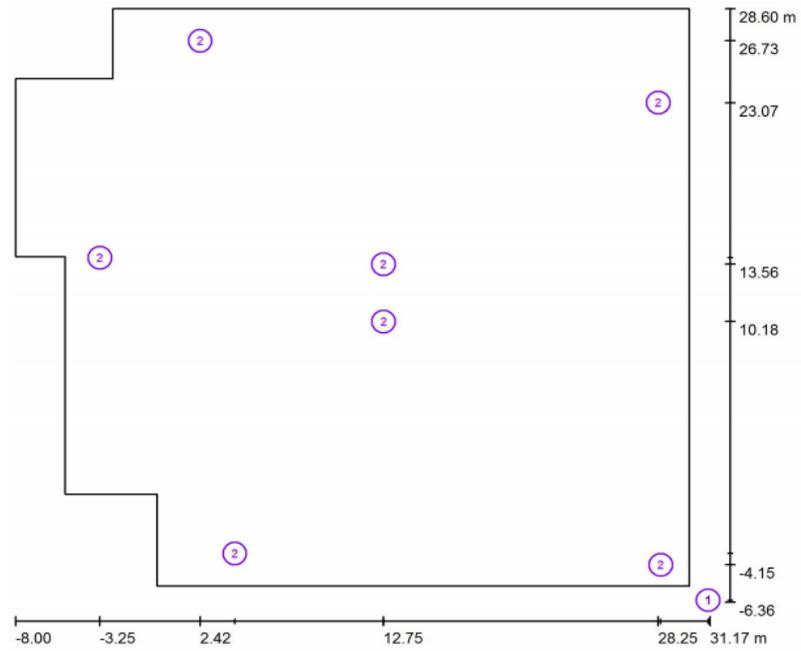
Figura 19. Posición y altura de los postes, iluminarias en zonas con arboles



Fuente: Upme, 2014

Las luminarias se instalaron a una altura de 7.50 metros dando un nivel de iluminación óptimo y uniforme con una correcta dispersión de flujo lumínico, ya que en el diseño se habían previamente instalado a 6 metros se vio que daba una saturación y poca armonía a la instalación, basados ya en datos de proveedor las luminarias pueden estar entre 5 a 7.80 metros de altura como máximo y diferido a esto se encontró que a 7.50 metros ofrecía una correcta iluminación y un nivel armónico e idóneo para el parqueadero.

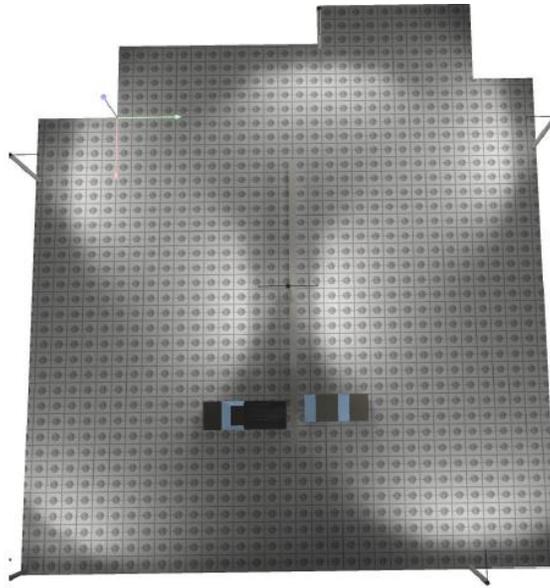
Figura 20. Posición estratégica de los postes y las luminarias LED solar



Fuente: Dialux

El hecho de haber distribuido los postes de una manera tal que generara un espacio armonioso y de buena iluminación garantizó una excelente implementación y diseño.

Figura 21. Simulación en DIALUX de la posición de los postes e iluminarias en el parqueadero central



Fuente: Dialux.

Comparando los resultados de instalación de las luminarias LED solar en el parqueadero en los postes, con los proyectos de iluminación LED con panel solar en el sendero peatonal y el kiosco del bloque 2 la ventaja obtenida del proyecto del parqueadero es que los postes quedaron situados en zonas donde los arboles obstruirán poco el flujo luminoso además de gestionar la poda periódica de las ramas cuando sean necesarias, los demás proyectos realizados poseen esa dificultad ya que estos árboles son un poco más altos que los paneles y las luminarias LED así ocasionando una disminución en la recepción de la luz y la radiación solar.

El hecho de instalar correctamente las luminarias en los postes garantizan una gran eficiencia lumínica además de saberlo situar en zonas donde existen arboles grandes y zonas verdes abundantes.

Dicho previamente las luminarias LED son muy eficientes ya que generan un nivel de eficiencia lumínica alto.

La eficiencia de la implementación de las luminarias LED solar con respecto a las que poseía anteriormente muestran que el arreglo con las luminarias LED nos generan una eficacia total del 110 % con respecto a la del sodio que solo llegaba al 44.3 % dando así :

Eficiencia lumínica:

Sodio alta presión = 44.3 %

LG FH-PVS 40 = 110 %

LG FH-PVS 30 = 110 %

Se demuestra que la eficiencia de la iluminación LED solar para el parqueadero genera una eficiencia por sobre el 100% y un adicional a la de sodio del 65.7 %.

Esta eficiencia lumínica depende del nivel de cargabilidad que estén las baterías del panel solar porque existe una relación directa ya que si la carga está al 50 % nos muestra un nivel de iluminación cerca al 50%.

LG FH-PVS 40 = (al 50 %) = 55 %

LG FH-PVS 30 = (al 50 %) = 55 %

El índice VEEI, eficiencia energética de las instalaciones de iluminación dado por el RETILAP en la sección 440.

P (sodio) = 70 w

P (LG FH-PVS 30) = 30 w

P (LG FH-PVS 40) = 40 w

S (área parqueadero) = 31,17 metros de ancho x 28,60 metros de largo
=891,462m²

Eprom LG FH-PVS = 12 lux

Eprom sodio = 3.5 lux

VEEI (SODIO) = 2.24

VEEI (LG FH-PVS 30) = 0.28

VEEI (LG FH-PVS 40) = 0.37

Se visualiza que las 3 luminarias están dentro de los rangos requeridos por el RETILAP para hallar la eficiencia energética de la implementación de proyecto.

En comparación de la eficiencia de las luminarias LED solar con las de sodio y los proyectos hechos por las demás cohortes en el institución universitaria pascual bravo las del sendero peatonal y la caseta del bloque 2, son semejantes solo para los de iluminación LED las cuales son la del sendero peatonal, la caseta y la del parqueadero, la del sodio muestra una eficiencia 40 – 75 % aceptable ya que para alcanzar sus niveles óptimos tarda en encender.

Por otro lado la eficiencia de la iluminación LED solar implementada en parqueadero tiene una eficiencia 90 – 110 % que los demás proyecto nombrados, ya que su autonomía manejada por sus controladores y baterías generan un almacenamiento de energía capaz de ser reservada para 3 días aun sin haber sol y solo alimentándose de la radiación aunque sea poca, los otros proyectos tienen la dificultad de que si no tiene los rayos del sol directos estas no son capaces de almacenar energía o solo encienden por poco tiempo.

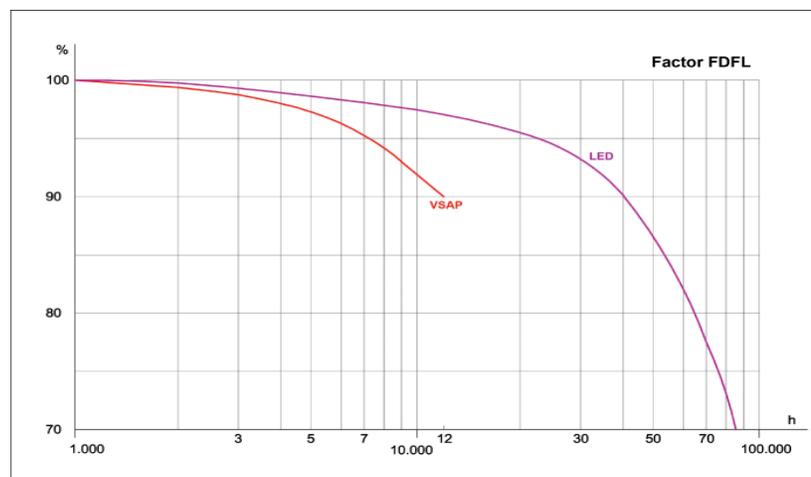
El hecho de haberse implementado estas luminarias LED solar compactas para el parqueadero central de la institución universitaria pascual bravo garantiza que la universidad está dando un auge de implementación para el uso de las energías renovables cero contaminantes y de poco consumo energético.

Por el lado del encendido se observó que las luminarias LED generan un encendido automático a diferencia de las de sodio, esta comparación se encuentra en el marco teórico página 43.

LED LG FH-PVS 30 y 40 garantizan un encendido automático instantáneo que solo toma unos 0.001 ms, mientras que la luminaria de sodio toma un tiempo estimado de encendido 15 min al alcanzar sus niveles óptimos de potencia y luminancia.

Esto garantiza que antes, durante y después del encendido de las luminarias LED solar está entregando su potencia máxima lumínica en toda el área del parqueadero.

Figura 22. Variación del encendido LED vs SODIO según las horas de funcionamiento



Fuente: Elaboración propia.

Se denota que el encendido varía según los años/hora de utilización como se nota en la gráfica anterior.

Tabla 12. Comparación de parámetros de encendido, eficiencia y vida útil de LED

CARACTERISTICAS	LUMINARIA SODIO 70 W	LUMINARIA LED SOLAR LG FH-PVS 30 Y 40
PARPADEO	SI	NO
FLUJO LUMINOSO INSTANTANEO	NO	SI
ESTABILIZACION LUEGO DEL ENCENDIDO (MINUTOS)	15	0
EFECTO ENCENDIDO/APAGADO SOBRE VIDA UTIL	SE ACORTA	SIN EFECTO
TEMPERATURA MAXIMA EN FUNCIONAMIENTO °C	600	60
FACTOR DE POTENCIA	0,95	0,98

Fuente: Elaboración propia.

Según lo enmarcado y denotado en la tabla 3 la eficiencia de las luminarias LED con la de sodio van de acorde a la vida útil y el encendido estas 2 comparten una correlación directa para el correcto funcionamiento, se visualiza que la LED tiene ventajas en todos los ítems que se consideraron dando así un mejor funcionamiento y uso. Dado que estos niveles de respuestas fueron dados así las luminarias LED solar escogidas son neta mente óptimas para la iluminación en el parqueadero.

Comparando estos resultados con el Sodio que estaba anteriormente y la de las vías de alumbrado público en Medellín, la iluminación LED solar implementada garantiza un nivel de uso y de eficiencia capaz de darle a las tecnologías LED un gran respaldo siendo aquellas que mejoran cada uno de los puntos de utilización en el área de iluminación.

Las luminarias de sodio utilizadas en las vías de alumbrado público comparado con la iluminación LED solar implementada en la institución universitaria pascual bravo, son en un sentido poco eficientes ya que su vida útil, eficiencia y encendido se acortan según el tiempo de uso.

La implementación de la Iluminación LED solar en las aéreas de alumbrado público en la ciudad dentro de los próximos años garantizara una mejoría en el uso racional y eficiente de la energía.

El ser humano responde a los colores y el color en el ambiente puede influir en su rendimiento, por lo que en los proyectos de iluminación se debe tener en cuenta la apariencia de color de la fuente definida como su temperatura de color (Tc) en

Kelvin y su rendimiento de color que es la capacidad de la luz para reproducir con fidelidad los colores de un objeto iluminado por esa fuente de luz esto se encuentra en el RETILAP capítulo 4 sección 410.7.

Tabla 13. Comparación de color y características de la iluminación LED

LUMINARIAS	COLOR	TEMPERATURA DEL COLOR	POTENCIA	EFICIENCIA
<p>SODIO</p> 	<p>AMARILLO NARANJA ROJO</p>	<p>2770°K - 3000°K</p>	<p>70 W - 150 W - 250 W - 400 W</p>	<p>45 % - 80 %</p>
<p>LED SOLAR</p> 	<p>BLANCO FRIO - BLANCO CALIDO</p>	<p>5000 °K - 8000 ° K</p>	<p>40 W - 70 W - 100W - 150W</p>	<p>90 % - 110 %</p>

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de acuerdo al color de iluminación fueron:

El sodio presenta una luz amarilla - naranjada que está entre los rangos 2000 – 3000 °K, que tiene como desventaja que La luz emitida no corresponde al pico de sensibilidad del ojo humano: los colores no son reproducidos fielmente y es por lo tanto necesaria más luz para garantizar una visión segura.

Por el lado de la iluminación LED solar implementada se observó que el color de la luz es blanca fría que está entre los rangos 5000 – 6000 °K, este color de luz permite alcanzar una iluminación segura para los usuarios del parqueadero baja los tiempos de reacción ante un imprevisto con menor consumo de energía. La luz blanca atraviesa mucho mejor la niebla, haciendo a los vehículos más visibles.

Dados los datos obtenidos con luminarias LED solar comparado con las luminarias de sodio en los alumbrados públicos en la ciudad de Medellín la implementación de estas luminarias demuestran que dan una mejor resolución de color permiten visualizar mejor los objetos, disminuyen el cansancio visual y ayudan a las cámaras de seguridad a garantizar una mejor resolución.

Las luminarias LED solar son una gran apuesta a implementar en el alumbrado público de la ciudad, ya que garantizan un ahorro energético, económico y un uso eficiente de las energías renovables y además de garantizar índices de contaminación bajos.

El uso racional de energía abarca el alumbrado tal que exige que se haga un uso eficiente de la energía.

Los resultados obtenidos de acuerdo a los comparativos con respecto a la luminaria anterior debido al consumo energético se visualizó y se analizó que:

El consumo entregado por las luminarias LG SOLAR STREET LIGHT, FH SOLAR Y LED LG FH-PVS 30 y 40 es de cero ya que es auto sostenible por el panel solar. Contrario a la luminarias de sodio de 70 W que había anteriormente.

El consumo anual de estas luminarias era de:

Potencia = 0.07 Kw

Horas de operación = 18 pm – 6am en total 12 horas

Días = 30 mensual

Año = 12 meses

Costo de Kilovatio/hora para la institución = 310 pesos

Costo de energía anual lámparas de sodio = 656208 pesos.

Costo de energía anual lámparas de LED solar LED LG FH - PVS 30 = 0 pesos.

Costo de energía anual lámparas de LED solar LED LG FH - PVS 40 = 0 pesos.

Con este dato se analiza que el consumo neto que se va ahorra la institución al año es de 656208 pesos ya que los la iluminación LED solar ya instalada no genera ningún costo de energía o sea que genera un 100 % de ahorro de energía al año.

Comparando con la iluminación de sodio con el alumbrado público en la ciudad, la implementación de estas luminarias LED solar es una gran alternativa para el uso eficiente de la energía ya que estas luminarias garantiza una gran eficiencia con una autonomía de carga sin tener los rayos del sol directos, además de ser una iluminación cero contaminante ya que no posee agentes contaminantes como es el vapor de sodio, además de ahorrar costos de operación y mantenimiento.

Los beneficios que se encuentran al alumbrar las ciudades con iluminación LED solar, están enfocados a la conservación del medio ambiente, sin olvidar que las calles deben representar seguridad, además de generar confort.

Se utilizaron postes de concreto por sus características y ventajas para este tipo de sistema iluminación.

Los postes utilizados son de concreto y exclusivo son para alumbrado público, son resistentes a todos los esfuerzos mecánicos propios de elementos tales como los conductores, luminarias, transformadores, los ocasionados por personal de mantenimiento y el viento y cumplen con todos los requerimientos establecidos en el RETILAP como se mencione en el marco teórico.

Los postes fueron instalados a una distancia de 0,6 m de la orilla del sardinal para evitar que puedan ser impactados por vehículos, Se realizó la pruebas con una camioneta DIMAX 3000 la cual tiene una distancia de la llanta trasera al bumper trasero de 90 cm y cuando este llega al tope de la llanta en el parqueadero queda una distancia de 30 cm hasta el poste. También los postes se empotraron a 1,5. El empotre de los postes depende de la altura de los mismos la Así lo indica el RETILAP en su sección 390 postes exclusivos para alumbrado público. Los postes instalados en lugares aledaños a vías vehicular, cualquiera que sea su material y técnica constructiva son susceptibles de ser impactados por los vehículos por ello se deben instalarse a una distancia mayor o igual a 0,6 m de la orilla del sardinel, al menos que no exista esta posibilidad. Este valor puede modificarse de acuerdo a las condiciones del terreno o cimentación utilizada, para lo cual debe tenerse en cuenta aspectos de sismoresistencia y la sismicidad propia de la microzona donde se requiera instalar.

Los postes enterrados son estructuras esbeltas, las cuales generalmente trabajan con su punta inferior empotrada dentro de material duro. Las estructuras enterradas se colocan dentro del suelo, atravesando la posible superficie de falla y son elementos capaces de resistir esfuerzos a flexión y a cortante. La fuerza requerida de cortante generalmente se estima por métodos convencionales de equilibrio límite y las presiones sobre las estructuras se calculan utilizando criterios basados en las teorías de presión de tierras de Rankine o de Coulomb. Para el diseño de postes empotrados se utiliza la teoría de presiones de tierra de Coulomb. Esta teoría permite determinar las presiones activas y pasivas. En el análisis debe tenerse en cuenta la rigidez de la estructura y el centro de rotación o punto de pivote de la estructura. Las estructuras empotradas pueden ser flexibles o completamente rígidas. La flexibilidad puede determinar el valor de las presiones sobre la estructura y el comportamiento de la estructura. La respuesta o comportamiento de una estructura enterrada depende de las condiciones de anclaje en la superficie de falla y los valores resultantes de θ_0 y θ_1 . (Cai & Ugai, 2003)

Por todo esto podemos con este tipo de postes podemos garantizar que los postes instalados se pudieron instalar con un mínimo de excavación, que ocuparon poca área del parqueadero, que la estabilidad del terreno no se afecta, que resisten el ataque de agentes ambientales, soportan corrosión, que son económicos, que son seguros ante cualquier eventualidad de la naturaleza como temblor, lluvia eléctrica e inundaciones.

En comparación con los postes utilizados en el proyecto “Implementación de iluminación LED con panel fotovoltaico kiosco zona verde del bloque 2” en el cual se utilizaron poste en fibra de vidrio que aunque tiene una buenas características así como los postes de concreto, estos postes tienen una resistencia y una dureza más baja y ante un eventual choque o golpe pueden ser rotos con mayor facilidad.

Para el la implementación de sistemas de iluminación pública los postes en concreto sería una buena opción por su estructura, robustez y durabilidad brindando una mayor confiabilidad a cualquier instalación.

4. CONCLUSIONES

- El estudio realizado al sistema de iluminación tipo sodio alta presión en la institución universitaria pascual bravo identificaron una deficiencia lumínica del 002055.7%, altos consumos energéticos causados por calor y niveles de 3.16 luxes los cuales no cumplen con los exigidos en la norma del RETILAP y están en un rango de 9 y 27 luxes.
- Las herramientas software DIALUX y el luxómetro identificaron una deficiencia de iluminación en el parqueadero central de la institución universitaria pascual bravo en la cual se observó un valor de 3.16 luxes, respecto a lo establecido en la tabla 510.2.1.b del RETILAP que indica que debe estar entre 9 - 30 luxes.
- El sistema de iluminación desarrollado es totalmente autónomo, con características como encendido automático instantáneo de 0.001 ms, eficiencia energética del 110% y un nivel de autonomía de 3 días con poca carga.
- Aprovechar el uso de energía solar a través de paneles solares permitirán disminuir el 50% de demanda energética en el país a causa del mercado regulado que cada vez crece más.
- La implementación del nuevo sistema de iluminación tipo LED integrado con paneles solares permiten para la institución universitaria pascual bravo garantizar una eficiencia energética del 100% en el sistema de iluminación del parqueadero al ser un sistema auto sostenible.

5. RECOMENDACIONES

- Implementar un temporizador que permita realizar el apagado automático en cada luminaria a una hora determinada de la noche cuando no haya necesidad de tener iluminado el parqueadero central de la institución universitaria pascual bravo aumentando así su vida útil de 50000 a 100000 horas teniendo en cuenta que su funcionamiento diario disminuiría al 50%
- Se recomienda instalar sensores a cada luminaria de manera tal que se logre realizar un seguimiento continuo al funcionamiento de cada una de las luminarias instaladas en el parqueadero central.
- Mejorar las características técnicas de la batería de forma que se logre aumentar el rendimiento de carga en cada luminaria, permitirá aumentar el nivel de autonomía de carga de 3 a 5 días para el sistema de iluminación tipo LED integrado por paneles solares en el parqueadero central.
- Considerar realizar un nuevo proyecto de iluminación tipo led integrado con paneles solares a la entrada del parqueadero central homogeniza la iluminación con el parqueadero central y permite un mejor confort de la iluminación.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrera, M. F. (s.f.). *Energía solar- Electricidad Fotovoltaica*. Liber Factory.
- Cai, F., & Ugai, K. (2003). *Response of flexible piles under laterally linear movement of the sliding layer in landslides*. Canadian: Geotechnical Journal.
- Carreón, J. c. (2004). *Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría*. Mexico D.F: LIMUSA.
- Castells, X. E. (2012). *Energías renovables*. Madrid.
- Chapa Carreón, J. (1990). *Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría*. México.
- Cortes, E. A., & Villamizar, G. O. (s.f.). *Apuntes energía y recursos energeticos*. Bucaramanga.
- DECKER, B. &. (2011). *La guía completa sobre instalaciones electricas*.
- Diez, F. M. (2009). *Higiene Industrial - Manual para la formación del especialista*. Valladolid: LEX NOVA.
- Fernández Barrera, M. (2010). *Energía solar: Electricidad Fotovoltaica*. Madrid: Liber Factory.
- FH Solar & Led Iberica Servicios profesionales. (2016). Facebook.com. Retrieved 11 June 2016, from <https://www.facebook.com/FH-Solar-Led-Iberica-296083607193905/?ref=bookmarks>
- Gago, A., & Fraile, J. (s.f.). *Iluminación con tecnología LED*. PARANINFO.
- Gallo Garcia, A. F. (2009). *MONOGRAFIA DEL ESTADO DEL ARTE DE LA ILUMINACION DE ESTADO SOLIDO*. PEREIRA.
- Gurevich, Y. G., & Irujo, M. m. (2010). *fenomenos de contacto y sus aplicaciones en celdas solares*. Mexico: Fondo de cultura y economía.
- Gutierrez Hernandez, M. C. (2014). *ILUMINACION LED AHORRO, EFICIENCIA E INNOVACION*. San Cristobal.
- Harper, E. (2004). *El ABC del alumbrado y las instalaciones electricas en baja tension*. Mexico DF: LIMUSA.

- Harper, G. E. (s.f.). *Tecnologías de generación de energía eléctrica*. LIMUSA.
- Ingeniería y diseño electrónico, I. Iluminación LED. Idelect.net. Retrieved 11 June 2016, from <http://www.idelect.net/iluminacion-led.html>
- Luces cei. (2016). *luciscei*. Obtenido de <http://www.lucescei.com/estudios-y-eficiencia/led/la-iluminacion-led-probada-en-las-calles-de-12-de-las-ciudades-mas-grandes-del-mundo-presenta-ahorros-energeticos-del-85/>
- Nottoli, H. (2007). *Física aplicada a la arquitectura*. Buenos Aires: 2007.
- Restrepo, F. J., Guereñu, F. G., & Fraile, R. S. (s.f.). *Ambito Científico - Tecnológico Formación Básica PCPR*. EDITEX.
- RETILAP. (2010). Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP. En M. d. energía, *RETILAP* (pág. 227). Bogota.
- Roldán Viloría, J. (2007). Alumbrado eléctrico y sus instalaciones. Las Rozas (Madrid): Creaciones Copyright.
- Velazquez Godoy, M. V. (2008). *MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO PÚBLICO EXTERIOR BASADA EN LA IMPLANTACIÓN DE TECNOLOGÍA LED Y REGULACIÓN PUNTO A PUNTO. EXPERIENCIA PILOTO EN SAN FRANCISCO DE OLIVENZA*. San Francisco de Olivenza.
- Viloria, J. R. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Madrid: Paraninfo.
- Viloria, J. R. (2012). *Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares*. madrid: Paraninfo.
- Watt, J. H. (1994). *Manual del montador electricista*. Barcelona: Reverte.
- Zeballos Raczy, J. P. (2010). *DISEÑO DE SUBSISTEMAS DE LUMINARIAS Y CIRCUITOS DE EXCITACION DE UN SISTEMA DE ILUMINACION EXTERIOR BASADA EN TECNOLOGIA LED DE POTENCIA*. Lima.

ANEXOS

Anexo 1. Fotografía estado anterior del parqueadero antes de la implementación de las luminarias LED solar.



Anexo 2. Fotografía estado anterior del parqueadero antes de la implementación de las luminarias LED solar.



Anexo 3. Fotografía estado anterior del parqueadero antes de la implementación de las luminarias LED solar.



Anexo 4. Fotografía estado anterior del parqueadero antes de la implementación de las luminarias LED solar.



Anexo 5. Fotografía estado anterior del parqueadero antes de la implementación de las luminarias LED solar.



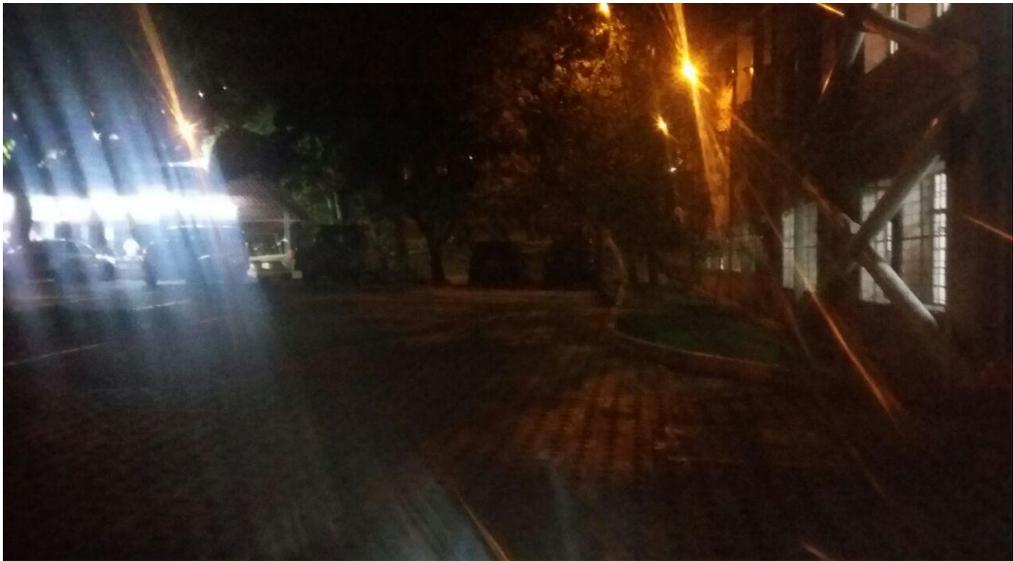
Anexo 6. Fotografía estado anterior de la iluminación del parqueadero por las luminarias de sodio de 70 W



Anexo 7. Fotografía estado anterior de la iluminación del parqueadero por las luminarias de sodio de 70 W.



Anexo 8. Fotografía estado de la iluminación del parqueadero por las luminarias de sodio de 70 W.



Anexo 9. Fotografía Día del montaje de las luminarias LED solar por parte de los estudiantes de ingeniería eléctrica



Anexo 10. Fotografía Montaje de las luminarias LED solar en el parqueadero



Anexo 11. Fotografía Montaje de las luminarias LED solar en el parqueadero



Anexo 12. Fotografía Primera luminaria LED solar instala en poste



Anexo 13. Fotografía Luminarias LED solar instaladas en el poste central adaptado en el parqueadero



Anexo 14. Fotografía Luminarias LED solar instaladas en el poste del parqueadero de motos.



Anexo 15. Fotografía Vista de las luminarias instalas en el poste central y en el poste de la zona verde del costado sur



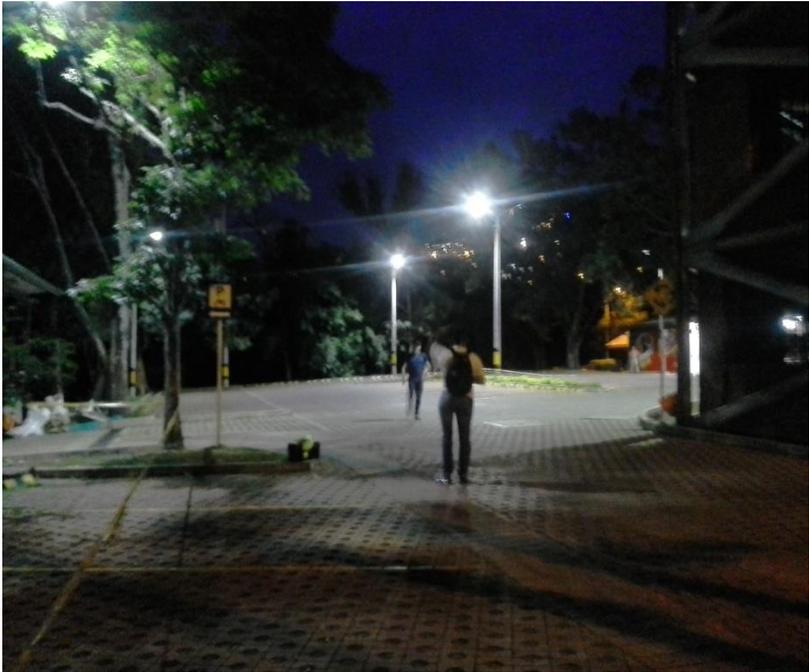
Anexo 16. Fotografía Luminaria LED solar instalada en el poste occidental del parqueadero



Anexo 17. Fotografía estado de la iluminación en el parqueadero con la implementación de las luminarias LED solar



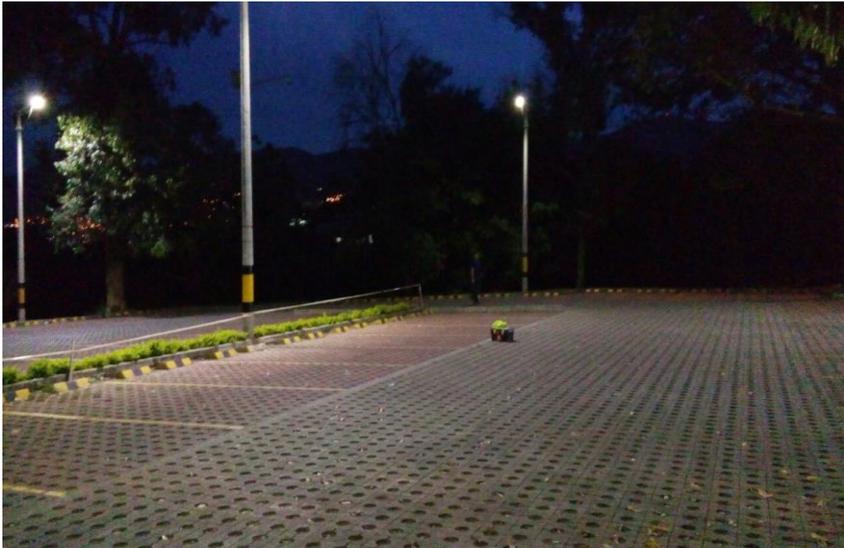
Anexo 18. Fotografía estado de la iluminación en el parqueadero con la implementación de las luminarias LED solar visto desde la entrada



Anexo 19. Fotografía estado de la iluminación en el parqueadero con la implementación de las luminarias LED solar vista desde el costado occidental.



Anexo 20. Fotografía estado de la iluminación en el parqueadero con la implementación de las luminarias LED solar vista desde la fachada del bloque del colegio.



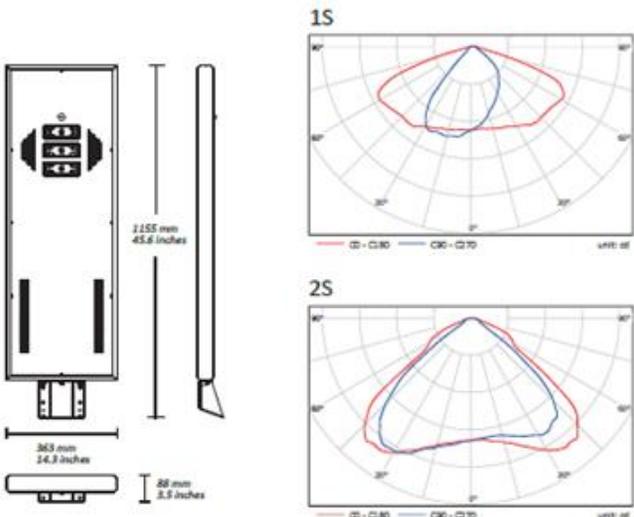
Anexo 21. Luminaria LED solar FHPVs30 utilizada en la implementación del proyecto en el parqueadero central, exactamente en el parqueadero de motos.

FH-PVs30

Introducing a New Premium Experience



Anexo 22. Especificaciones, medidas y plano fotométrico de la luminaria LED solar FHPVs30.



Anexo 23. Ficha técnica de la luminaria LED solar FHPVs30

Specifications	
<i>Electrical Specifications:</i>	
Model No.	<i>FH-PVS30</i>
LED Number	<i>15 Units</i>
Nominal Power	<i>30 W</i>
Solar Panel Spec.	<i>Monocrystal 50.4W/18V</i>
Battery Spec.	<i>24AH/12V</i>
Constant Worktime at Full Power	<i>7 Hours</i>
Worktime at Energy-saving Mode(25%)	<i>≥35 Hours</i>
Charge Time	<i>Max power 5~6 Hours</i>
Charge Temperature	<i><60°C</i>
Discharge Temperature	<i>-20°C~60°C</i>
Switch Lights Sense Threshold	<i>on ≤10 LXS, off ≥15 LXS</i>
<i>Photometric Specifications:</i>	
Luminous Flux (full power)	<i>3300 lm (±Lumen tolerance +/- 3%)</i>
Light Type	<i>1S, 2S</i>
CCT	
<i>Mechanical Specifications:</i>	
Installation Height	<i>5~6m</i>
Installation Distance	<i>20m</i>
Lamp Pole Diameter	<i>40~60mm</i>
Fixture Dimensions	<i>1155 x363 x88 mm 45.5 x14.3 x3.5 inches</i>
Fixture Weight	<i>11.2 kg /24.7 lbs</i>

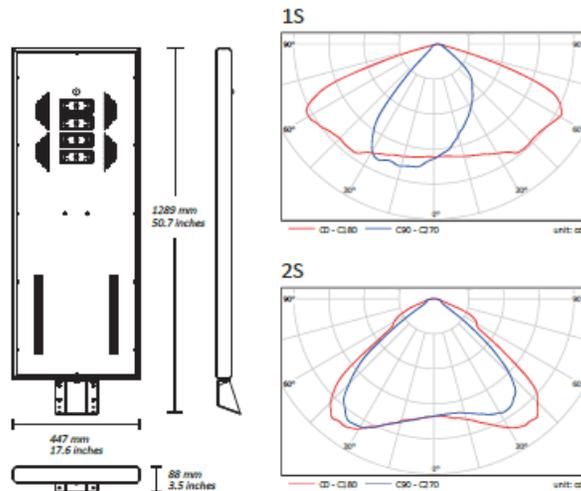
Anexo 24. Luminaria LED solar FHPVs40 utilizada en la implementación del proyecto en el parqueadero central en total se utilizaron 7

FH-PVS40

Introducing a New Premium Experience



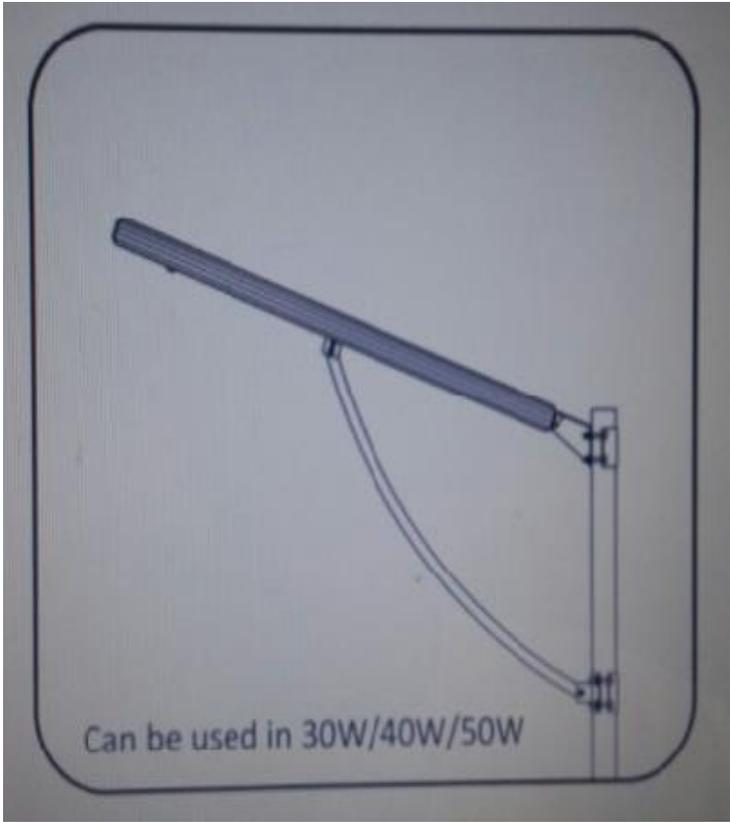
Anexo 25. Ficha técnica, especificaciones y plano fotométrico de la luminaria FHPVs 40



Anexo 26. Ficha técnica de la luminaria LED solar FHPVs 40

Specifications	
<i>Electrical Specifications:</i>	
Model No.	<i>FH-PVS40</i>
LED Number	<i>20 Units</i>
Nominal Power	<i>40 W</i>
Solar Panel Spec.	<i>Monocrystal 73.5W/18V</i>
Battery Spec.	<i>33AH/12V</i>
Constant Worktime at Full Power	<i>7 Hours</i>
Worktime at Energy-saving Mode(25%)	<i>≥35 Hours</i>
Charge Time	<i>Max power 5~6 Hours</i>
Charge Temperature	<i><60°C</i>
Discharge Temperature	<i>-20°C~60°C</i>
Switch Lights Sense Threshold	<i>on ≤10 LXS, off ≥15 LXS</i>
<i>Photometric Specifications:</i>	
Luminous Flux (full power)	<i>4400 lm (+Lumen tolerance +/- 5%)</i>
Light Type	<i>1S, 2S</i>
CCT	
<i>Mechanical Specifications:</i>	
Installation Height	<i>6~7m</i>
Installation Distance	<i>25m</i>
Lamp Pole Diameter	<i>40~60mm</i>
Fixture Dimensions	<i>1289 x447 x88 mm 50.7x17.6 x3.5 inches</i>
Fixture Weight	<i>15.0 kg /33.1 lbs</i>

Anexo 27. Figura donde se visualiza el modo en que debe ir instalada las luminarias LED solar FPHVs 30w y 40w



Anexo 28. Fotografía luminarias sodio 70W retiradas de la posteria del parqueadero central



Anexo 29. Costo total del proyecto y Gastos reales del proyecto

Trabajo de Grado Iluminacion Parqueadero	Presupuesto Por Estudiante	No estudiantes		TOTAL RECAUDADO
	\$1.800.000,00	17		\$30.600.000,00
Gastos	Cantidad	valor	IVA 16%	Total
Luminaria 40 vatios led con Panel solar	7	\$2.588.510,00	16%	\$21.018.701,20
Luminaria 30 vatios led con Panel solar	1	\$2.216.040,00	16%	\$2.570.606,40
Poste Concreto 9 metros	2	\$382.000,00	16%	\$886.240,00
Grua para recoger poste en postequipos luego sembrarlo en IUPB minimo 4 horas	6	\$85.000,00	16%	\$591.600,00
Canasta para colocar luminarias minimo 4 horas	8	\$95.000,00	16%	\$881.600,00
Camion doble cabina incluye herramientas tales como Pala, palacoca Pinche Conos de seguridad Manila,Zunchadora,Cizaya ,Pizon Escalera.llave de expansión , alicates,taladro,extencion electronica y almadana	10	\$45.000,00	16%	\$522.000,00
Personal Oficiales incluye herramienta de subir carnet de trabajo en alturas	2	\$120.000,00	16%	\$278.400,00
Alquiler de Pulidora incluye disco para corte	4	\$18.000,00	16%	\$83.520,00
Servicios de perforacion laminas 5/8 pulgada	16	\$3.800,00	16%	\$70.528,00
Trasporte para Alexis los dias de recibir a saferbo	1	\$50.000,00	0%	\$50.000,00
Anillo collarin 6-7	16	\$13.344,00	16%	\$247.664,64
Trasporte SAFERBO	1	\$200.000,00	16%	\$232.000,00
Bombillo 150 MH	1	\$20.860,00	16%	\$24.197,60
Soquete reductor	1	\$3.900,00	16%	\$4.524,00
Administracion de logistica Taxis llamadas telefonicas ,gestiones varias y otros 50 000 por	17	\$50.000,00	0%	\$850.000,00
Pintura Negra Pintura amarilla Brochas y tiner	1	\$51.035,00	16%	\$59.200,60
Cemento arena No se utilizo pero se compro	1	\$48.000,00	16%	\$55.680,00
Cinta de enmascarar	1	\$3.000,00	16%	\$3.480,00
aporte pendiente	0	\$0,00	0%	\$610.000,00
Costo total del proyecto				\$29.039.942,44

Anexo 30. Luxómetro utilizado para la medición real de la intensidad lumínica de la implementación de las luminarias LED solar en el parqueadero central medición correspondiente a las luminarias centrales del parqueadero



Anexo 31. Momentos en el cual se le está haciendo la medición a la luminaria del costado sur del parqueadero

