

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE BOCHALEMA – NORTE DE SANTANDER

Autor

JHON JAMES JARAMILLO MARTINEZ

PROGRAMA DE INGENIERIA ELÉCTRICA DEPARTAMENTO
DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERIAS Y
ARQUITECTURAS



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, 25 de junio 2022

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE BOCHALEMA – NORTE DE SANTANDER

Autor
JHON JAMES JARAMILLO MARTINEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO ELÉCTRICO

Director:
M.Sc EDISON ANDRES CAICEDO
PEÑARANDA
edison.caicedo@unipamplona.edu.co

PROGRAMA DE INGENIERIA ELÉCTRICA DEPARTAMENTO
DE ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS
PAMPLONA, 25 de junio de 2022

Dedicatoria

Primero al padre creador de todo, que fue el encargado de ayudarme en cada momento y que nunca me dejó solo ante las adversidades interpuestas en este camino.

Gracias a mis padres: José James Jaramillo León y María Isabel Martínez Parra por ser los principales generadores de mis sueños por confiar y creer en mí, en cada paso que di, les agradezco cada consejo que me brindaron.

Gracias a mi esposa Adriana Mireya Ferrer Cañas por estar desde el principio en este camino, por ser un apoyo fundamental e incondicional.

A mi familia por siempre impulsarme a cumplir mis sueños, por el apoyo moral otorgado a lo largo de esta etapa.

A los docentes de la Universidad de Pamplona, por haber compartido sus conocimientos en el transcurso de mi profesión.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. JUSTIFICACIÓN	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1 Objetivos específicos.....	11
4. RESUMEN	12
4.1 Palabras claves	12
5. ABSTRACT.....	12
6. ANTECEDENTES.....	13
6.1 Antecedentes de Colombia	13
6.2 Antecedentes internacionales.....	13
7. MARCO DE REFERENCIA.....	14
7.1 Propiedades luminosas	14
7.2 Características fundamentales de las fuentes luminosas	14
7.2.1 Características Fotométricas	14
7.2.2 Características Colorimétricas	15
7.2.3 Características Eléctricas	15
7.2.4 Características de duración:	15
7.3 Requisitos para diseños luminotécnicos	16
7.4 Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP)	17
7.5 Conceptos básicos de alumbrado publico.....	17
7.5.1 Componentes principales del alumbrado publico.....	17
7.5.2 Luminaria	17
7.5.3 Tipos de Luminaria en alumbrado publico	17
7.6 Mantenimientos.....	19
7.6.1 Tipos de mantenimiento.....	20
8. RECOLECCION DE INFORMACIÓN ACTUAL	21
8.1 Determinación del territorio	21
8.2 Metodología para la toma de datos.....	21
9. CREACION DE LAS BASES DE DATOS	23
10. RESULTADOS DE LA RECOLECCION DE DATOS.....	24
10.1 Análisis técnico de los datos obtenidos del alumbrado público	25
10.1.1 Instalación y mantenimiento.....	25
10.1.2 Altura de postes.....	25
10.1.3 Tipo de luminaria.....	25
10.1.4 Limpieza	25
10.1.5 Redes de BT	25
11. DISEÑO DE ILUMINACIÓN	26

11.1 Diseño de iluminación de la vía al mirador Cristo Rey	26
11.1.1 Visita de la zona	26
11.1.2 Propósito del diseño	26
11.1.3 Selección de la vía adecuada	27
11.1.4 Límites de iluminación	27
11.1.5 Localización de las lámparas LED	28
11.1.6 Elección de lámpara	29
11.1.7 Selección del tipo de brazo	30
11.1.8 Requisitos básicos de diseño	31
11.1.9 Simulación en software DiaLux EVO	32
11.1.10 Ubicación de las luminarias	36
11.1.11 Plan de Mantenimiento	36
11.1.12 Cálculos Eléctricos	36
11.2 Diseño de iluminación de la unidad de recreación (Parque La DONJUANA)	37
11.2.1 Propósito de diseño del parque	37
11.2.2 Identificación de las zonas de diseño	38
11.2.3 Estándares de iluminancia según RETILAP	38
11.2.4 Tipo iluminación a utilizar	39
11.2.5 Cálculos de Iluminación	41
11.2.6 Diseño Detallado del parque	44
11.2.7 Memoria de Calculos	45
11.2.8 Plan de mantenimiento y Guía de Instalación	50
11.2.9 Diseño detallado del parque la DonJuana	51
11.2.10 Diagrama unifilar general	53
11.3 Recopilación del diseño de iluminación LED	54
12. ANALISIS FINANCIERO DE LA MODERNIZACIÓN	56
12.1 Presupuesto de inversión inicial	56
12.2 Costos de operación	57
12.3 Costo de mantenimiento	59
12.3.1 Costo de Inversión	60
12.4 Flujo del proyecto en pesos corrientes (COP)	60
12.4.1 Índice de precios del consumidor	60
13. IMPACTO DEL PROYECTO	65
14. CONCLUSIONES	66
15. REFERENCIAS	67
16. ANEXOS	69
16.1 Anexo 1. Guía de instalación y mantenimiento de luminarias MicroLed SMD	69
16.2 Anexo 2. Certificado para la producción de luminarias de exteriores	71

16.3 Anexo 3. Colores falsos de iluminación del parque la DonJuana	73
--	----

INDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 COMPARATIVO ENTRE HID VS LED [15]	18
ILUSTRACIÓN 2 UBICACION DE BOCHALEMA.....	21
ILUSTRACIÓN 3 SEÑALIZACIÓN DE LA VÍA AL MIRADOR CRISTO REY.....	22
ILUSTRACIÓN 4 PARQUE DE LA DONJUANA	22
ILUSTRACIÓN 5 VISITA A TERRENO DE LA VÍA	26
ILUSTRACIÓN 6 DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS EN TRAYECTOS CURVOS (IMAGEN 510.5.2A RETILAP) [19]	29
ILUSTRACIÓN 7 LUMINARIA CELSA SEPIA LED	29
ILUSTRACIÓN 8 DIMENSIONES DE LA SEPIALED	30
ILUSTRACIÓN 9 CARACTERISTICAS FOTOMÉTRICAS DE LA SEPIA LED	30
ILUSTRACIÓN 10 BRAZO DE 1 ½" < DE 52°/0°	31
ILUSTRACIÓN 11 DIOMENSIONES DE LA VÍA VISTA SUPERIOR	32
ILUSTRACIÓN 12 PARAMETROS DE DISEÑO PARA LA VÍA.....	32
ILUSTRACIÓN 13 PARAMETROS DE ILUMINACIÓN SEGÚN EL RETILAP	33
ILUSTRACIÓN 14 DISTANCIA ENTRE MÁSTILES.....	33
ILUSTRACIÓN 15 PARAMETROS ADECUADOS PARA LA ILUMINACIÓN	34
ILUSTRACIÓN 16 ESPECTRO FOTOMETRICO	34
ILUSTRACIÓN 17 SISTEMAS DE VALORES EN Cd/M2	34
ILUSTRACIÓN 18 ESPECTRO FOTOMETRICO EN 3D	35
ILUSTRACIÓN 19 CURVA ISOLUX EN LUX	35
ILUSTRACIÓN 20 SISTEMA DE VALORES EN LUX.....	36
ILUSTRACIÓN 21 DISTRIBUCION DE LUMINARIAS.....	36
ILUSTRACIÓN 22 PARQUE PRINCIPAL LA DONJUANA	39
ILUSTRACIÓN 23 LUMINARIA MICROLED SMD	40
ILUSTRACIÓN 24 DIMENSIONES DE MICROLED SMD	40
ILUSTRACIÓN 25 CARACTERISTICAS DE MICROLED SMD.....	40
ILUSTRACIÓN 26 PARAMETROS ADECUADOS PARA LOS SENDEROS 1,3,4 Y 6.....	41
ILUSTRACIÓN 27 IMAGEN FOTOMÉTRICA SENDEROS 1,3,4 Y 6.....	41
ILUSTRACIÓN 28 PARAMETROS ADECUADOS PARA LOS SENDEROS 2-5.....	42
ILUSTRACIÓN 29 IMAGEN FOTOMETRICA SENDEROS 2-5.....	42
ILUSTRACIÓN 30 FOTOMETRICA DEL PARQUE LA DONJUANA (VER ANEXO 3.).....	43
ILUSTRACIÓN 31 LUXES OBTENIDOS PARA LA CANCHA	43
ILUSTRACIÓN 32 UBICACION DE LAS LUMINARIAS	44
ILUSTRACIÓN 33 RENDERIZADO DEL PARQUE LA DONJUANA	45
ILUSTRACIÓN 34 CONSTANTES DE REGULACIÓN KG PARA COBRE THW EN DUCTO. FUENTE: NORMA CENS CNS-NT-02. SECCIÓN 2.4.3.2 CONDUCTORES PARA DUCTO TABLA 19.	47
ILUSTRACIÓN 35 FACTORES DE CORRECCION.....	47
ILUSTRACIÓN 36 TABLA DE ESPESORES PARA TUBERÍAS PVC TOMADA DE: MANUAL PVC PAVCO	49
ILUSTRACIÓN 37 DIAGRAMA DE CONEXIÓN LUMINARIA MICROLED SMD.....	50
ILUSTRACIÓN 38 CONVENCIONES ELÉCTRICAS.....	51
ILUSTRACIÓN 39 PLANO DETALLADO DEL ALUMBRADO PÚBLICO DEL PARQUE	52
ILUSTRACIÓN 40 DIAGRAMA UNIFILAR DEL PARQUE.....	53

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 LUMINARIAS LED VS LUMINARIAS CONVENCIONALES	19
TABLA 2 CONSOLIDADO DE DATOS OBTENIDOS	23
TABLA 3 PUNTOS LUMÍNICOS SEGÚN SU TECNOLOGÍA	24
TABLA 4 INFORMACION ACTUAL DE LAS ZONAS DE TRABAJO	24
TABLA 5 CLASES DE ILUMINACIÓN PARA VÍAS VEHICULARES (TABLA 510.1.1 A DEL RETILAP)	27
TABLA 6 REQUISITOS MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN PARA VÍAS CON CICLO RUTAS Y ANDENES ADYACENTES (TABLA 510.2.1 A DEL RETILAP)	27
TABLA 7 VALORES MÍNIMOS MANTENIDOS DE ILUMINANCIAS PROMEDIO (LX) EN VÍAS MOTORIZADOS (TABLA 510.2.1.B DEL RETILAP)	28
TABLA 8 RECOMENDACIONES PARA DISPOSICIÓN DE LUMINARIAS (TABLA 510.5.1 DEL RETILAP).....	28
TABLA 9 CUADRO DE DISTRIBUCION	37
TABLA 10 CÁLCULOS DE REGULACIÓN PARA CAÍDA DE TENSIÓN	37
TABLA 11 PARAMETROS FOTOMÉTRICOS EN ÁREAS CRÍTICAS (TABLA 510.3.B DEL RETILAP)	38
TABLA 12 SELECCIÓN DEL TIPO DE ILUMINACIÓN.....	39
TABLA 13 INVENTARIO DE LUMINARIAS.....	46
TABLA 14 CALCULOS DE CARGAS Y CORRIENTE PARA CADA CIRCUITO.....	46
TABLA 15 CALCULO DE REGULACIÓN Y CAÍDA DE TENSIÓN	48
TABLA 16 LISTADO DE LUMINARIAS LED DEL DISEÑO.....	54
TABLA 17 CARGA ÚTIL DEL SISTEMA ACTUAL	57
TABLA 18 CARGA ÚTIL DEL SISTEMA LED.....	58
TABLA 19 CONSUMO DE ENERGIA MENSUAL	58
TABLA 20 COSTO MENSUAL DE ENERGIA	58
TABLA 21 COSTO DE ENERGIA ANUAL DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	59
TABLA 22 COSTO DEL AOM	60
TABLA 23 ÍNDICE ANUAL DE PRECIOS PARA LOS CONSUMIDORES.....	61
TABLA 24 ÍNDICES DE PRECIOS DE PRODUCTOS	61
TABLA 25 FLUJO FINANCIERO	63

LISTA DE SIGLAS

A.P	Alumbrado publico
CREG	Comisión de reguladora de energia y gas
EMSAP	Empresa municipal de servicios de alumbrado publico
KWh	Kilovatios hora
RETILAP	Reglamento técnico de iluminación y alumbrado publico
RETIE	Reglamento técnico de instalaciones eléctricas
LED	Light Emitting Diode (diodo emisor de luz)
HPS	High Preassure Sodium (Sodio de alta presión)
LPS	Low Preassure Sodium (Sodio de baja presión)
IVA	Impuesto de valor agregado
CENS	Comercializadora de Energia De Norte de Santander
COP	peso colombiano
IPC	Índice de precios al consumidor
IPP	índice de precios al productor
CINV	Remuneración por costo de inversión
N/A	Ninguna
Na	Sodio

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado se fundamenta en el diseño de iluminación de alumbrado público para dos zonas del municipio de Bochalema – Norte de Santander, donde se explica detalladamente, desde el momento previo del diseño, el cual consiste en la recolección de datos de su infraestructura actual, posteriormente se realiza una simulación mediante el software de iluminación DiaLux Evo y de acuerdo a los parámetros establecidos por el RETILAP para instalación de alumbrado público que incluyen niveles de mínimos de iluminación, criterios de mantenimiento, eficiencia. Finalmente se realizan estudios financieros, en donde se conocerá los costos de inversión, costos de mantenimiento y costos de administración, además se observará el flujo financiero y se analizará en cuanto tiempo se ve reflejada la inversión.

El mejoramiento de la infraestructura de alumbrado público previene diversos factores como lo son los accidentes de tráfico, la inseguridad entre otras ramas, además genera beneficios para el medio ambiente, y disminuye los consumos de las luminarias.

El servicio de alumbrado público tiene como principal función cumplir con dar iluminación a los espacios públicos entre ellos encontramos calles, avenidas. Además de lugares donde se presenten diversas actividades parques, canchas y demas. Todo esto de acuerdo a los niveles de iluminación establecidos por el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP.

El sistema de alumbrado público del municipio de Bochalema cuenta con sectores donde no cuentan con alumbrado público como lo es la vía al mirador del Cristo Rey además de que posee zonas donde todavía está presente luminarias de vapor de sodio y mercurio ocasionando puntos calientes y fallas en el sistema como es el caso del parque principal La DonJuana.

Por tal motivo el municipio decidió implementar una manera para poder realizar el mejoramiento del alumbrado, el cual consiste en entrega el alumbrado público a una empresa contratista mediante un acuerdo de concesión, que será la encargada de administrar, operar y mantener de manera inmediata cualquier solicitud que sea presentada ante ella.

El cobro de alumbrado público es establecido por medio del concejo municipal y las veedurías en un costo porcentual en base a su consumo mensual fuera de cualquier subsidio, en donde el encargado de gestionar los pagos es el comercializador de energia.

2. JUSTIFICACIÓN

Este documento busca obtener una idea clara de cómo se encuentra la infraestructura de alumbrado público en la actualidad en el municipio de Bochalema, posteriormente de conocer esta información se procederá a encontrar una solución factible para el cambio de los puntos de iluminación que se encuentran desactualizados por unos más nuevos y eficientes, que generen menos consumos energéticos y por efecto generando una vida útil más prolongada. Por tal razón el diseño de iluminación va enfocado a maximizar el confort visual del estilo de vida de las personas, ya que una mejor iluminación afecta los colores, formas y hasta las texturas de cada lugar donde se encuentre.

La implementación de nuevas tecnologías que generen un ahorro energético es un cambio que se está presentando con mayor frecuencia en la sociedad y que conlleva beneficios teóricos, en relación a lo anterior el presente proyecto tiene como finalidad buscar una mejora viable a la situación actual del alumbrado público en el municipio de Bochalema debido a que en él no se ha evaluado este tipo de innovación.

3. OBJETIVOS

Diseñar el sistema de iluminación del alumbrado público en el municipio de Bochalema – Norte de Santander implementando luminarias tipo led en la empresa EMSAP S.A.S.

3.1 Objetivos específicos

1. Determinar las condiciones actuales del alumbrado público en la vía mirador a Cristo Rey y el parque principal La DonJuana
2. Simular en el software de iluminación DiaLux EVO el nuevo sistema de alumbrado público en las zonas anteriormente mencionadas.
3. Desarrollar un análisis financiero de la modernización del alumbrado público de las zonas del municipio de Bochalema.

4. RESUMEN

El presente documento presenta el paso a paso que se realiza para genera un proyecto de iluminación, en donde está conformado por la debida informacion previamente obtenida, datos reales de la infraestructura actual del municipio entregada por la comercializadora de energia CENS, se realizan cálculos de luminancia para un promedio de luxes en la zona 1 (Vía Mirador de Cristo Rey) y zona 2 (Parque principal la Don Juana), además de cálculos de caída de tensión, cálculo de tubería, de protecciones, de calibre de cables entre otros parámetros que se deben de hallar para poder diseñar un sistema de iluminación que este conforme con los estipulado en la norma técnica CNS-NT- 09 que fue basada en el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público "RETILAP".

Bochalema, al ser un municipio pequeño está ubicado dentro de la categoría seis, lo que indica que los recursos asignados son relativamente bajos, pero con posibilidades de mejorar el personal correspondiente para responder y proveer las modernizaciones adecuadas de la infraestructura de alumbrado público.

Parte fundamental de cualquier proyecto que se ejecute es la parte económica, en este trabajo se va a basar en valores ya estipulados con los proveedores de la empresa, además se recurre a realizar un análisis para ver la viabilidad de este proyecto.

4.1 Palabras claves

Consumo, energia, alumbrado público, eficiencia energética, LED, luxes, luminaria, RETILAP.

5. ABSTRACT

This document presents the step by step that is carried out to generate a lighting project, where it is made up of the due information previously obtained, real data of the current infrastructure of the municipality delivered by the energy marketer CENS, luminance calculations are made for an average of luxes in zone 1 (Vía Mirador de Cristo Rey) and zone 2 (Don Juana main park), in addition to calculations of voltage drop, calculation of pipes, protections, cable gauge among other parameters that They must be found in order to design a lighting system that is in accordance with the provisions of the technical standard CNS-NT-09, which was based on the technical regulation of lighting and public lighting "RETILAP".

Bochalema, being a small municipality, is located within category six, which indicates that the resources that enter it are limited, but with the possibility of improving the corresponding personnel to respond and provide the adequate modernizations of the public lighting infrastructure.

A fundamental part of any project that is executed is the economic part, in this work it will be based on values already stipulated with the company's suppliers, in addition, an analysis is used to see the viability of this project.

Keywords

Consumption, energy, public lighting, energy efficiency, LED, lux, lighting, RETILAP.

6. ANTECEDENTES

6.1 Antecedentes de Colombia

“Estudio de prefactibilidad para la modernización del sistema de alumbrado público en el municipio de Abejorral – Antioquia” se basa en realizar un estudio de prefactibilidad para analizar la viabilidad técnica de la implementación del sistema de alumbrado público, haciendo recambio de las luminarias existentes por luminarias de tecnología Led. [1]

“Análisis y diseño del sistema optimizado de alumbrado público con tecnología LED para el municipio de Nemocón, Departamento de Cundinamarca”, tiene la intención de desarrollar una metodología adecuada para el ahorro energético del municipio mediante un análisis y diseño soportados por la normatividad RETILAP, para así poder realizar un URE mucho más eficiente, con un menor impacto ambiental al no requerir el uso de combustibles fósiles. [2]

“Cambio de tecnología del alumbrado público en la ciudad de Tunja desde una perspectiva técnica y económica”, donde analizaron la viabilidad técnica y económica y los beneficios de un cambio tecnológico en materia de Alumbrado Público en la ciudad de Tunja, capital del Departamento de Boyacá – Colombia; donde se reemplazarán las luminarias de descarga instaladas actualmente por luminarias de tecnología LED. [3]

6.2 Antecedentes internacionales

Según Newcastle University en su artículo publicado el 26 de agosto del 2021, Boyes enfatiza que la introducción de luces LED brinda una oportunidad para que las autoridades locales minimicen los impactos negativos de las farolas en las poblaciones de insectos a un costo marginal. "Los LED se pueden modificar mucho más fácilmente que las lámparas de sodio, por ejemplo, reduciendo su intensidad mediante la atenuación y usando filtros para bloquear las longitudes de onda azules de la luz que son más dañinas para los insectos. [4]

“Análisis de eficiencia energética del alumbrado público en el sector El Girón en la ciudad de Quito”, se plantea en realizar un análisis de la eficiencia que tiene el alumbrado público en Quito, debido a la alta contaminación lumínica que está presente en los modos de vida actuales y sus requerimientos, y por tal razón no se detectan y casi ni se sienten sus consecuencias, pero esto afecta en el llamado ecosistema urbano en el cual nos desenvolvemos día a día. [5]

7. MARCO DE REFERENCIA

A continuación, se dará claridad sobre algunos temas que son de mucha relevancia para poder entender en su totalidad el presente proyecto:

7.1 Propiedades luminosas

Flujo luminoso (Φ): Es la cantidad de luz generada por cualquier tipo de fuente luminosa, que es emitida en toda dirección. Su unidad básica es el lumen (Lm). [6]

Intensidad luminosa (I): Es la cantidad de flujo luminoso emitido en una sola dirección. Su unidad base es la candela (cd), que es equivalente a un lumen por estereorradián (lm/sr). [6]

Iluminancia (E): Es la cantidad de flujo luminoso emitido por un área. Además, se define también como el impacto fotométrico a la luz producida por los objetos. Su unidad es el lux (lx). [6]

Luminancia (L): Es la intensidad de luz reflejada en un plano en cierta dirección que es permisible a la vista del ser humano. La unidad base es la candela por metro cuadrado (cd/m²). [6]

7.2 Características fundamentales de las fuentes luminosas

Dichas características se dividen en cuatro grupos que se mencionan a continuación:

7.2.1 Características Fotométricas

Cualquier objeto generador de luz y, por lo general los que son implementos en redes de alumbrado público, requieren de ciertos parámetros fotométricos que son los siguientes:

- **Las curvas fotométricas:** Es la representación en un plano de la forma y dirección de la cantidad de luz emitida por un objeto lumínico en una superficie. Existen cuatro tipos de curvas: [7]
 - **Curvas de distribución polar:** Esta curva es representada en un sistema de coordenadas C y γ , donde C es el plano angular de visión de la luminaria y γ es el ángulo de la dispersión de la luz, teniendo en cuenta que el centro de la luminaria es el ángulo 0°. [7]
 - **Curva isocandela:** Este diagrama representa el punto central de la luminaria con respecto al centro de una esfera y, en donde tiene la misma intensidad lumínica. [7]

En las luminarias de alumbrado público, se logra definir la dirección, donde se utilizan ángulos C y γ son usados en los diagramas polares, donde la luminaria situada dentro de una esfera y sobre ella se dibujan líneas isocandela. Los puntos de las curvas se obtienen por la intersección de los vectores de intensidad luminosa con la superficie de esta. Esto se conoce como la proyección azimutal de Lambert. [7]

- **Curvas de iluminancia:** Esta curva se basa en la representación de diferentes puntos unidos, en donde todos ellos tienen la misma magnitud es utilizada para conocer los parámetros máximos y mínimos de uniformidad de forma porcentual. [7]
- **Curvas de isolux:** Es similar a las curvas de iluminancia, si no que esta se centra en un solo punto de una luminaria, también es expresado en forma porcentual de 0% al 100%. [7]

7.2.2 Características Colorimétricas

Son únicamente dos características o propiedades estas son primero la Temperatura de Color (Tc) y la segunda es el Índice de Rendimiento de Color (IRC).

- **Temperatura del color:** Es utilizada para referenciar el color lumínico generado por las fuentes luminosas, su unidad es el “Kelvin”. Un ejemplo es cuando un metal sufre un calentamiento este produce cierta cantidad de colores que inicia con el rojo y termina con azul, cabe por destacar que este tipo de temperatura no expresa el calor emitido sino el color generado por la luminosidad del objeto. [8]
- **Índice de reproducción cromática (IRC) o (Ra):** Es una comparativa realizada entre la capacidad de dar luminancia los objetos versus la luz normalmente emitida por los rayos del sol. [8]

7.2.3 Características Eléctricas

Como se sabe que las luminarias funcionan con corriente eléctrica, es necesario que esta cumpla una exigencia mínima para su correcto funcionamiento, que son las siguientes:

- **Eficacia luminosa de una fuente:** Relación entre el flujo luminoso total emitido por un generador de luz y la potencia de esta misma fuente. La eficacia de una fuente se expresa en lúmenes/vatio (lm/W). [9]
- **Eficiencia de una luminaria:** Es el porcentaje de lúmenes entregados por la luminaria [9]
- **Influencia sobre red eléctrica:** Es la influencia realizada por las luminarias en la propia red donde son conectadas, cabe resaltar dos aspectos importantes que son la intensidad al momento del arranque y el factor de potencia. [9]

7.2.4 Características de duración:

La vida útil de una luminaria depende de diversos factores, por lo que la estimación hecha se realiza mediante una muestra representativa o experimental. Dicho tiempo depende principalmente de: cantidad de luminarias incendiadas, la posición de su uso, el voltaje de alimentación, la limpieza y

factores ambientales. Por tal motivo se puede deducir unos tipos de vida de las luminarias que son:

- **Vida individual:** Es la cantidad de horas que dura encendida la luminaria después de cual ella queda dañada, bajo condiciones específicas. [10]
- **Vida promedio o nominal:** Es la mitad de la cantidad de horas que dura encendida la luminaria al 50%, después de quedar inservible. [10]
- **Vida útil o económica:** Este valor es determinado por diversos factores, tales como la depreciación de los productos, el cambio de color, la energía consumida por la lámpara, así como el costo de mantenimiento de ella, en otras palabras, se puede definir como el tiempo que puede operar las luminarias sin presentar ningún tipo de falla. [10]
- **Vida media:** Se refiere al valor de luminarias dañadas de acuerdo a datos estadísticos. [10]

7.3 Requisitos para diseños luminotécnicos

- **Iluminancia (E_{prom}-Luxes):** Es el parámetro mínimo que deben cumplir en las vías peatonales e interiores, se considera como la iluminancia promedio en la superficie de cálculo. [11]
- **Luminancia (L_{prom}-Cd/m²):** Es el valor que tiene más repeticiones en la zona de cálculo. Este parámetro es utilizado para la luminancia de vías de tráfico vehiculos, [11]
- **Uniformidad (U):** Es el parámetro que se mantiene a lo largo de la iluminación, de una manera conforme o de una intensidad estable. [11]
- **Uniformidad General (U₀%):** Es la comparativa mediante el cociente entre la luminancia media y la luminancia más baja. [11]
- **Uniformidad Longitudinal (U_L%):** Es el cociente entre la luminancia más baja y la más alta en una dirección longitudinal a lo largo de la parte central de cada zona de estudio, donde están incluidos carriles, andenes y bordes de carretera. Se utilizan los mismos valores usados en el cálculo de luminancia. [11]
- **Uniformidad extrema:** Relación entre iluminancia mínima calculada y máxima. [11]
- **Relación de alrededores (SR):** Es el cociente entre la iluminancia promedio sobre franjas contiguas: una posicionada en la vía y otra en la acera. Cada una de dichas líneas tiene un ancho igual a la mitad del ancho de la calzada o el ancho máximo que permita la geometría del andén, sin exceder de 5 m de ancho. [11]
- **Incremento del umbral (TI%):** Es el aumento del contraste original que se necesita para poder envolver un objeto que se ve afectado por el deslumbramiento. [11]

7.4 Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP)

Establece cada una de las normas que se deben respetar para poder realizar instalaciones de uso interno o externo, en todo el territorio colombiano. En donde entablan los parámetros mínimos requeridos para poder realizar diseño e instalación de iluminación, esto para poder garantizar un servicio pleno y a su vez poder brindar una seguridad adecuada de la instalación, por último, muestra los requisitos empleados en el presente proyecto. [11]

7.5 Conceptos básicos de alumbrado publico

En relación a lo estipulado en el Decreto 2424, 2006) el servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, operación, mantenimiento, modernización, reposición y expansión de dicho sistema, el desarrollo tecnológico asociado a él, y la interventoría en los casos que aplique. [12]

No se considera servicio de alumbrado público la semaforización, los relojes digitales y la iluminación de las zonas comunes en las unidades inmobiliarias cerradas o en los edificios o conjuntos de uso residencial, comercial, industrial o mixto, sometidos al régimen de propiedad horizontal, la cual estará a cargo de la copropiedad. También se excluyen del servicio de alumbrado público la iluminación de carreteras que no estén a cargo del municipio o distrito con excepción de aquellos municipios y distritos que presten el servicio de alumbrado público en corredores viales nacionales o departamentales que se encuentren dentro de su perímetro urbano y rural. Tampoco se considera servicio de alumbrado público la iluminación ornamental y navideña en los espacios públicos. [12]

7.5.1 Componentes principales del alumbrado publico

Según el ministerio de minas y energías el alumbrado público es aquel que comprende el conjunto de luminarias, redes, transformadores de uso exclusivo y en general, todos los equipos necesarios para la prestación del servicio de alumbrado público, que no formen parte del sistema de distribución [13].

7.5.2 Luminaria

Conjunto de elementos para distribuir, filtrar, controlar, transformar y dirigir la luz emitida por la bombilla, incluye todos los accesorios mecánicos, ópticos y eléctricos indispensables para el soporte, protección de las bombillas y su conexión a la fuente de alimentación. [13]

7.5.3 Tipos de Luminaria en alumbrado publico

- **Luminarias HID:** Son todas las luminarias que contiene gas a alta presión o a alta intensidad de descarga. Dentro de este grupo encontramos las de vapor de sodio, las de halogenuros. [14]
- **Luminarias LED:** Es basada en tecnologías LED (diodo emisor de luz) con mejores estándares de eficiencia, ahorro energético, y vida útil que las luminarias de tecnologías convencionales mencionadas anteriormente. [14]



LED	INCANDESCENTES Y HALÓGENAS	BAJO CONSUMO	TUBOS FLUORESCENTES	HALOGENUROS METÁLICOS	VAPOR DE SODIO	VAPOR DE SODIO SIN BALASTRO	LÚMENES
% AHORRO	90%	72%	64%	61%	73%	87%	
2w	20w	6w					80-120
3w	35w	8w					120-250
5w	40w	11w					280-380
6w	50w	13w	12w				360-450
7w	60w	15w	14w				450-600
9w	70w	18w	18w				600-800
10w	80w	20w	20w				750-850
12w	100w	25w	25w				800-950
13w	110w	30w	28w				900-1.000
15w	120w	40w	32w				1.100-1.300
18w	140w	50w	36w				1.250-1.500
20w	150w	60w	44w				1.600-1.800
25w	200w	70w	58w				1.850-2.050
30w	250w	80w	70w	60w	80w	250w	2.200-2.650
50w	400w	100w	120w	100w	120w	300w	3.000-4.000
80w	600w	150w		150w	200w	500w	6.000-7.500
100w	750w	200w		200w	250w	750w	9.000-10.000
120w	850w	250w		240w	300w	900w	10.500-12.000
150w	1000w	300w		300w	400w	1200w	13.000-15.000
200w	1500w	400w		400w	500w	1500w	18.000-20.000

Ilustración 1 Comparativo entre HID vs LED [15]

Tabla 1 Luminarias LED vs Luminarias convencionales

Tecnología	Vida (Horas)	Lm/W	T° Color	CRI	Encendido
Incandescente	1000 - 5000	11 – 15	2800° K	40	Instantáneo
Vapor de mercurio	12000 – 24000	13 - 48	4000° K	15 – 55	Hasta 15 min
Haluro Metálico	10000 – 15000	60 – 100	3000 – 43000° K	80	Hasta 15 min
HPS	12000 – 24000	45 - 130	2000° K	25	Hasta 15 min
LPS	10000 - 18000	80 – 180	1800° K	0	Hasta 15 min
Fluorescencia	10000 – 20000	60 – 100	2700 - 8200° K	70 – 90	Hasta 15 min
Fluorescente Compacta	12000 - 20000	50 – 72	2700 – 6200° K	85	Hasta 15 min
LED	50000 - 100000	70 - 150	2700 – 6400° K	85 - 90	Instantáneo

Elaboración: Autor
Fuente: Efecto LED [16]

En relación al territorio colombiano y con fin de acatar a cabalidad lo estipulado en el acuerdo del Paris de 2015, el país está centrado en reducir aproximadamente entre 18% y 22% del CO2 emitido para el año 2030, por tal motivo se debe dar prioridad, entre otros aspectos, a la modernización de los sistemas de alumbrado público de iluminación, compromiso que igualmente quedo plasmado bajo la expedición del decreto 943 de 2018. [13]

Para los municipios de Colombia, la actualización de los sistemas de alumbrado público les permitirá no solo ampliar la cobertura existente sino también reducir el consumo de energía entre un 50 y 60% generando por consiguiente la reducción de emisiones de CO2 a la capa de ozono. [13]

Por último, cabe resaltar que la tecnología día a día sigue innovando y así se ha creado un medio o plataforma de operación remota la cual es llamado un sistema de telegestión por medio de controladores avanzados que permiten el control total de las luminarias, esta tecnología permite a su vez realizar casos de uso para el desarrollo de ciudades inteligentes convirtiéndose en una herramienta de desarrollo para cualquier municipio. [13]

7.6 Mantenimientos

El mantenimiento, se basa en diferentes actividades que permitan realizar reparaciones o actualizaciones de los equipos o dispositivo, que ayuden a que con el paso del tiempo no afecte la vida útil de los equipos y a su vez también se vea involucrado el rendimiento monetario de la empresa. [17]

La realización de un adecuado mantenimiento es de vital importancia en todas las zonas del área contable, debido a que exige una serie de gastos por parte de la organización. [17]

El mantenimiento es necesario para prevenir futuras complicaciones en el proceso productivo que ocasionen gastos numerosos. Por tal motivo, a continuación, se exponen los tipos de mantenimientos que se deben realizar para poder actuar antes, durante y después de que suceda algún tipo de desperfecto. [17]

7.6.1 Tipos de mantenimiento

Los mantenimientos se dividen en conservación y actualización, dentro de los de conservación encontramos los que se mencionan con más periodicidad:

- **Mantenimiento de conservación:** Consiste en reponer el desgaste sufrido por el transcurso del tiempo. A su vez, este se puede dividir en los siguientes tipos: [17]
 - **Correctivo:** Consiste en arreglar un desperfecto y tenemos dos variaciones:
 - **Inmediato:** Es aquel que se realiza en el mismo momento en el que se identifica el daño. [17]
 - **Diferido:** Cuando se detiene la actividad del elemento afectado, pudiendo luego efectuarse la reparación correspondiente. [17]
 - **Preventivo:** Su objetivo es anticiparse a futuros desperfectos del equipo en cuestión. Podemos encontrar, dentro de esta categoría, tres tipos:
 - **Programado:** Cuando el mantenimiento se efectúa automáticamente, en función del tiempo de vida transcurrido. [17]
 - **Predictivo:** Es aquel que se realiza cuando se ha ido revisando periódicamente el equipo, de manera que se puede anticipar cuando va a ocurrir un fallo, haciendo en ese momento la respectiva reparación. [17]
 - **De oportunidad:** Es el mantenimiento que se desarrolla aprovechando que el equipo no está siendo utilizado, por ejemplo, cuando se para la actividad en una temporada de baja demanda. De ese modo, se evita que se tenga que detener la producción en momentos donde sería inoportuno y más costoso. Si el equipo dejara de funcionar en una coyuntura de alta demanda, la empresa tendría que alquilar otra maquinaria o perdería ventas. [17]
- **Mantenimiento de actualización:** se refiere a las inversiones necesarias frente a la obsolescencia tecnológica. Por ejemplo, puede tratarse de la instalación de un software que potencia el rendimiento de los ordenadores. [17]

8. RECOLECCION DE INFORMACIÓN ACTUAL

En este apartado se dará a conocer el estado actual de las zonas del municipio de Bochalema en donde se va a desarrollar el diseño de iluminación, este proceso se realizó mediante una visita al territorio para evidenciar cuantas luminarias hay presentes y de que tipo son.

8.1 Determinación del territorio

- Campo: Alumbrado público
- Delimitación geográfica espacial: Al norte con San Cayetano y Cúcuta, por el oriente con Los Patios y Chinácota, por el sur con Pamplonita, por el sur-oriente con Cucutilla y por el occidente con Arboledas y Durania.
- Coordenadas: Latitud 7°36'41"N Longitud 72°38'50"O
- Tiempo: octubre 2021 – marzo 2022

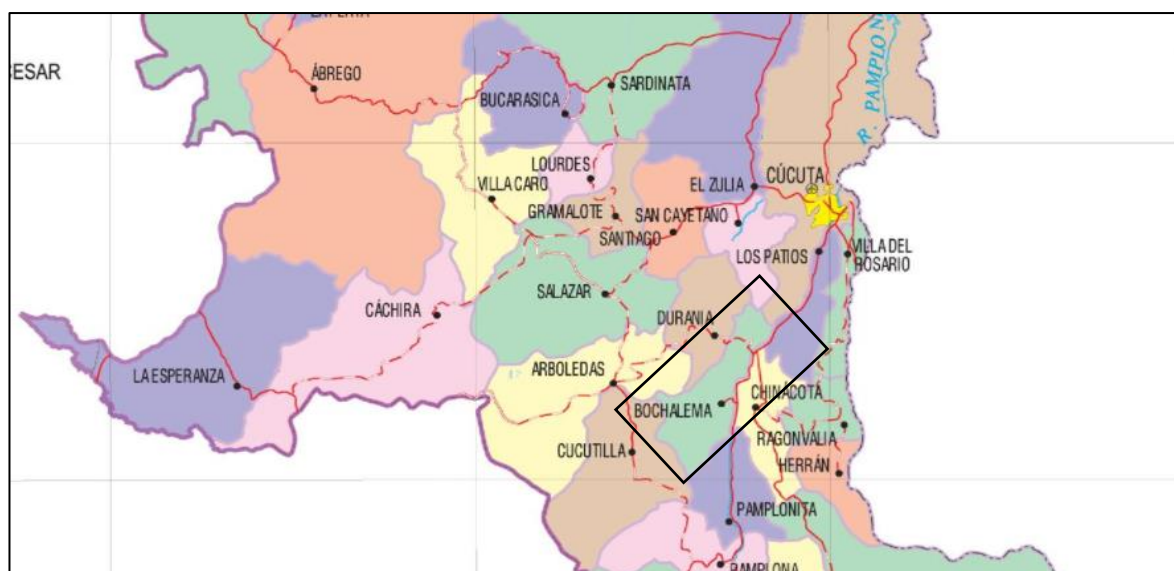


Ilustración 2 Ubicación de Bochalema

Fuente: Fundación Progresar [18]

8.2 Metodología para la toma de datos

El municipio de Bochalema lo componen diversos barrios, además de contener gran parte de su territorio como zona de montaña, en el presente trabajo se va a diseñar el sistema de iluminación en dos zonas específicas:

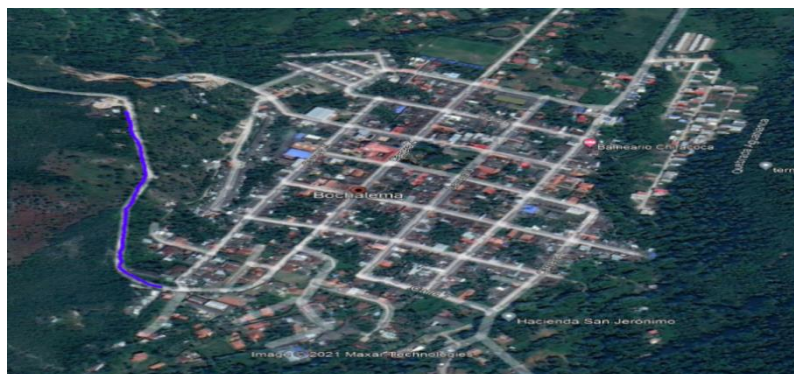


Ilustración 3 Señalización de la Vía al Mirador Cristo Rey

En el parque de la DonJuana se va a diseñar el sistema interno del parque, para que pueda tener una mejor luminosidad.

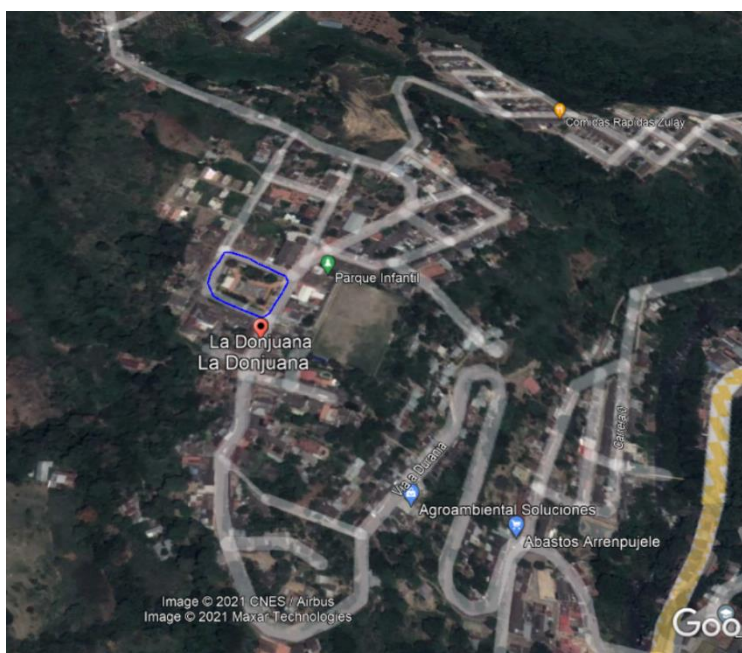


Ilustración 4 Parque de La DonJuana

Posteriormente de tener identificadas las áreas de trabajo se empieza a crear nuestras bases de datos donde se va a contextualizar la situación actual del alumbrado público, para esto se va a tener en cuenta la información obtenida por el comercializador de energía CENS.

9. CREACION DE LAS BASES DE DATOS

Para realizar la base de datos de las luminarias ubicadas se tendrá en cuenta los siguientes datos:

- Numero de 1T: Es el código asignado por el operador de energía para los centros de distribución.
- Potencia del TF (KVA): Es la potencia suministrada por el transformador del circuito.
- Rotulo de luminarias: Es la identificación de cada luminaria para su ubicación
- Potencia de la luminaria: Es la potencia que nos ofrece la luminaria actual.
- Tipo de Luminaria: Nos indica que tecnología está presente.
- Ancho de la Calzada: Es el espacio por donde transita los vehículos (motos, carros, camiones, etc.) su unidad es en metros (m).
- Anden Peatonal: Es el espacio por donde circulan las personas, pueden estar presentes 1 o 2 andenes, su unidad está dada en metros (m).
- Altura de apoyo: Es la longitud del poste existente.
- Coordenadas GPS: Es la ubicación en la tierra, la componen longitud y latitud Con la finalidad de recolectar la información adecuada para el parque La DonJuana, se realizó una tabla para consolidar los datos obtenidos:

Tabla 2 Consolidado de Datos Obtenidos

NUMERO DE 1T	POTENCIA TF (KVA)	ROTULO LUMINARIAS (Código)	POTENCIA LUMINARIA (w)	TECNOLOGIA LUMINARIA	ANCHO DE CALZADA (m)	ANDENES (m)		ALTURA APOYO (m)	COORDENADAS GPS		BARRIO
						1	2		Latitud	Longitud	

Fuente: Autor

10. RESULTADOS DE LA RECOLECCION DE DATOS

Durante las visitas realizadas a los lugares donde se va a realizar el diseño de iluminación, mediante inspección visual, se logró evidenciar que por parte de la vía del mirador de cristo rey no hay iluminación presente, en cambio por el lado del parque de la DonJuana se pudo detectar un total de dieciséis (16) luminarias con una tecnología de VAPOR DE SODIO. Estas Luminarias están dentro de un circuito de distribución.

Tabla 3 Puntos Lumínicos según su tecnología

SECTOR	TECNOLOGIA	CANTIDAD
Vía Mirador Cristo Rey	N/A	0
Parque La DonJuana	SODIO 70W	16
TOTAL		16

Autor.

Fuente: EMSAP S.A.S

A continuación, se muestra la informacion actual del sistema de alumbrado público en el parque de La DonJuana en relación a lo anteriormente nombrado, aclarando que en la vía no se encuentra presente líneas de alumbrado público:

Tabla 4 Informacion actual de las zonas de trabajo

NUMERO DE IT	POTENCIA TF (KVA)	ROTULO LUMINARIAS (Código)	POTENCIA LUMINARIA (w)	TECNOLOGIA LUMINARIA	ANCHO DE CALZADA (m)	ANDENES (m)		ALTURA APOYO (m)	COORDENADAS GPS		BARRIO
						1	2		Latitud	Longitud	
1T06682	45	N/A	70	NA	INTERIOR DEL PARQUE	0	0	6	7.690	-72.607	PARQUE LA DONJUANA - CENTRO
		N/A	70	NA		0	0	6	7.6909722	-72.60799	
		N/A	70	NA		0	0	6	7.6911111	-72.60808	
		N/A	70	NA		0	0	6	7.6911111	-72.60808	
		N/A	70	NA		0	0	6	7.6910278	-72.60816	
		N/A	70	NA		0	0	6	7.6910278	-72.60816	
		N/A	70	NA		0	0	6	7.6909167	-72.60822	
		N/A	70	NA		0	0	6	7.6909167	-72.60822	
		N/A	70	NA		0	0	6	7.6908611	-72.60813	
		N/A	70	NA		0	0	6	7.6908611	-72.60813	
		N/A	70	NA		0	0	5.5	7.6908333	-72.60805	
		N/A	70	NA		0	0	5.5	7.6908333	-72.60805	

		N/A	70	NA		0	0	5.5	7.6909 722	- 72.60788	
		N/A	70	NA		0	0	5.5	7.6911 389	- 72.60822	
		N/A	70	NA		0	0	5.5	7.6908 889	- 72.60833	
		N/A	70	NA		0	0	5.5	7.6907 222	- 72.60802	
1T038 38	30	N/A	N/A	N/A	5	0	0	7.5	N/A	N/A	CRIST O REY

Autor

Fuente: EMSAP S.A.S

10.1 Análisis técnico de los datos obtenidos del alumbrado público

10.1.1 Instalación y mantenimiento

De acuerdo a los visualizado en las zonas de diseño se presentó, que la vía al mirador no cuenta con el servicio de alumbrado público, y que se requiere de urgencia; por parte del parque se pudo evidenciar que cuenta con un tipo de luminarias desactualizadas, las cuales son de sodio y todas llevan una misma potencia en este caso de 70W.

10.1.2 Altura de postes

En este apartado no presenta fallas, por razón de que las luminarias van a estar ubicadas en postes de la misma longitud en este caso para la parte de la vía al mirador de cristo rey se implementaran postes de 8 m a 750 kg y para el espacio deportivo postes metálicos de 6 m y sus instalaciones va a ser por vía subterránea con cajas de inspecciones con conectares en gel para los empalmes.

10.1.3 Tipo de luminaria

Este si es un inciso importante para la zona del parque debido que están presente luminarias de alto consumo.

10.1.4 Limpieza

Debido a que estas luminarias se encuentran en espacio exteriores, requiere una serie de mantenimientos correctivo y preventivo para ofrecer un servicio de calidad para la comunidad, en este momento el municipio de Bochalema cuenta con un servicio poco estable, generando que las lámparas pierdan sus características iniciales.

10.1.5 Redes de BT

De acuerdo a que el alumbrado público es conectado directamente a las líneas de BT, cabe aclarar que el municipio en este sentido si esta actualizado, porque la mayor parte del municipio ya cuenta con redes de cable trenzado.

11. DISEÑO DE ILUMINACIÓN

11.1 Diseño de iluminación de la vía al mirador Cristo Rey

Esta vía cuenta con una longitud de 650 m con una anchura de 6 m, lo que se busca con la realización de este diseño de iluminación es la generar una mejor visibilidad en la vía.

11.1.1 Visita de la zona

Antes de realizar cualquier tipo de diseño se debe realizar una visita en terreno, para conocer los parámetros o dimensiones, además de cuáles pueden ser los posibles obstáculos que presente al momento de dar inicio del proyecto, en este caso se debe tener en cuenta que hay parte de bastante vegetación y por otro lado la ubicación de la posteria solo puede ir por un solo lado.



Ilustración 5 Visita a terreno de la vía

Fuente: Autor

11.1.2 Propósito del diseño

El municipio de Bochalema cuenta con un sistema de alumbrado público desactualizado, además tiene sectores donde no está presente el servicio como lo es caso de la vía al mirador, lugar por donde se transita tanto vehículos como peatones, por tal motivo se requiere que esta vía quede bien iluminada, considerando lo estipulado en el RETILAP.

11.1.3 Selección de la vía adecuada

Para poder seleccionar la vía esta es clasificado de acuerdo a sus características, una de ella es la velocidad de circulación de los vehículos, así como el número que transita por ella. Una vez categorizada, de acuerdo a sus variables se le asigna un tipo de iluminación en relación a la siguiente tabla:

Tabla 5 Clases de Iluminación para Vías Vehiculares (Tabla 510.1.1 a del RETILAP)

Clase de Iluminación	Descripción Vía	Velocidad de Circulación (Km/h)		Tránsito de Vehículos T (ve/h)	
M1	Autopista y carreteras	Extra Alta	V>80	Muy importante	T>1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1000
M3	Vías principales y eje viales	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías principales y eje viales	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías Secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

Autor

Fuente: RETILAP TABLA 510.1.1 a [19]

En relación a la información obtenida, con los entes territoriales a pesar de que es una vía sin asfalto, los vehículos circulan a una velocidad menor de 30Km/h, además por ser un poseer sitios turísticos el tránsito de vehículos alberga los 150, por tal razón se ve la necesidad de optar por una **clase de iluminación M4**.

11.1.4 Límites de iluminación

De acuerdo a la selección anterior de la clase de iluminación, el proceso a seguir es establecer cuáles son los parámetros fotométricos mínimos mantenidos a través del tiempo, dichos valores se estableces en la tabla 5, la cual fue tomada del RETILAP.

Tabla 6 Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclo rutas y andenes adyacentes (Tabla 510.2.1 a del RETILAP)

Tipo de Vía	Calzadas vehiculares				Ciclo-Rutas adyacentes		Ciclo-rutas adyacentes		
							En andenes adyacentes	Alrededor sin andenes	
CLASE DE ILUMINACION	Lprom Cd/m2	Uo ≥%	UI ≥%	TI ≤%	Eprom luxes	Uo ≥%	Eprom Luxes	Uo ≥%	SR %
M1	2,0	40	50	10	20	40	13	33	50
M2	1,5	40	50	10	20	40	10	33	50
M3	1,2	40	50	10	15	40	9	33	50
M4	0,8	40	N. R	15	10	40	6	33	N. R

M5	0,6	40	N. R	15	7,5	40	5	33	N. R
-----------	-----	----	------	----	-----	----	---	----	------

Autor

Fuente: RETILAP TABLA 510.2.1 a [19]

Considerando que la vía ha sido clasificada como M4, el nivel de iluminancia establecido por el RETILAP tiene como parámetro de diseño es de **0,8 cd/m²**, con una uniformidad mínima de la iluminancia de 40%.

Adicionalmente, se observa en el reglamento la tabla 510.2.1.b, en la cual están presentes los valores mínimos mantenidos para iluminancia según el tipo de superficie de la vía. En la tabla 6 se presentan los parámetros mínimos.

Tabla 7 Valores Mínimos Mantenidos de Iluminancias Promedio (lx) en vías motorizados (Tabla 510.2.1.b del RETILAP)

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	Emin/Eprom (%)
M3	12	17	15	34
M4	8	12	10	25
M5	6	9	8	18

Autor

Fuente: RETILAP TABLA 510.2.1 b [19]

El parámetro anterior se seleccionó como **R1 “Superficies de calzada de hormigón de concreto”**, acuerdo al proyecto de mejoramiento vial que va a realizarse, en este caso placa-huella para la vía, esto nos da un valor promedio mantenido de 8 Luxes y una uniformidad del 25%.

11.1.5 Localización de las lámparas LED

En este apartado es una vía sencilla de un solo carril, con sentido doble y en relación a las características fotométricas de las luminarias, se escoge una localización unilateral, esto también es seleccionado en base a la clase de iluminación seleccionada, en este tipo de distribución las lámparas se instalan en un solo lado de la vía. Para la ubicación de las luminarias se tiene en cuenta lo estipulado en la tabla 510.15.1 del RETILAP:

Tabla 8 Recomendaciones para Disposición de Luminarias (Tabla 510.5.1 del RETILAP)

Clase de iluminación	Altura (m)	Relación (M)	Disposición de las Luminarias	
			Criterio	Disposición
M1	12-14	3.5-4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M2	10-12	3.5-4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M3	8.5-10	3.5-4	Ancho de calzada menor	Unilateral
M4	7-9	3.5-4	Unilateral	
M5	6	3.5-4	A criterio del diseñador	

Autor

Fuente: RETILAP TABLA 510.5.1 [19]

Para esta clase de iluminación se seleccionaron postes de concreto con una altura de 10 m, esto con el fin de mejorar el espectro lumínico de las luminarias.

De acuerdo a los parámetros establecidos por la tabla 7 y teniendo en cuenta la altura de los postes seleccionados, podemos establecer la distancia máxima entre postes, esto por medio de la ecuación (1).

$$S = H * (3.5) \quad (1)$$

Por lo tanto, la separación de las luminarias (S) será de máximo 28 m.

El desgaste de los conductores viales incrementa en el momento en que tiene que tomar una curva, por tal razón, en las curvas pronunciadas a (30° y 90° con un radio inferior a 300m) la inter distancia se reduce hasta el 70% de la separación de las luminarias en este caso sería de (19.6m). Observar la siguiente figura tomada del RETILAP.

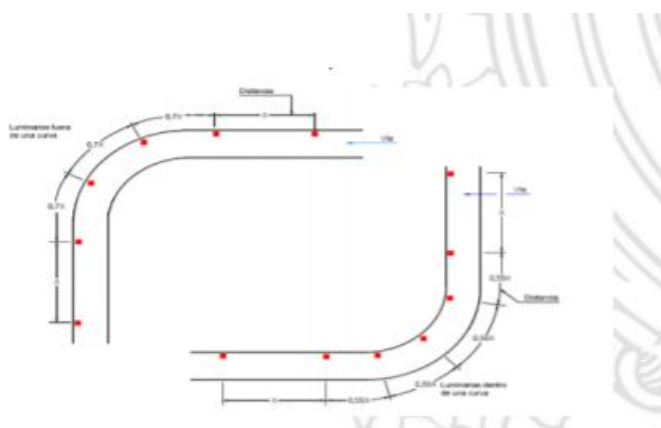


Ilustración 6 Disposición de luminarias en trayectos curvos (Imagen 510.5.2a RETILAP) [19]

11.1.6 Elección de lámpara

La luminaria a implementar en la vía es una lámpara Celsa tipo LED, Sepia LED ICMA0AC_1_1, con difusor tipo lente fabricados en vidrio templado y liso de alta transmitancia y resistencia con una potencia de 41W, flujo luminoso de 6500(lm), tensión de alimentación 120-277 Vac, frecuencia de 60-50Hz, grado de protección IP 66, protección mecánica IK08, sus dimensiones son: 538 mm de largo, 186 mm de ancho y 95 mm de alto, peso de 6Kg, como se muestra en la siguiente figura:



Ilustración 7 Luminaria Celsa Sepia LED
Fuente: CELSA

DIMENSIONES GENERALES

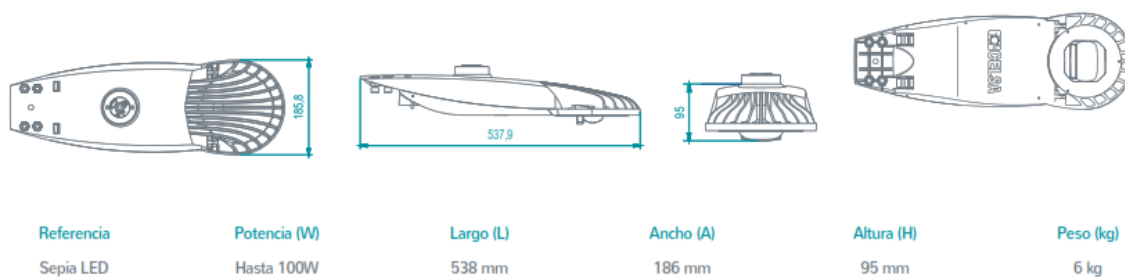


Ilustración 8 Dimensiones de la SEPIALED

Fuente: CELSA

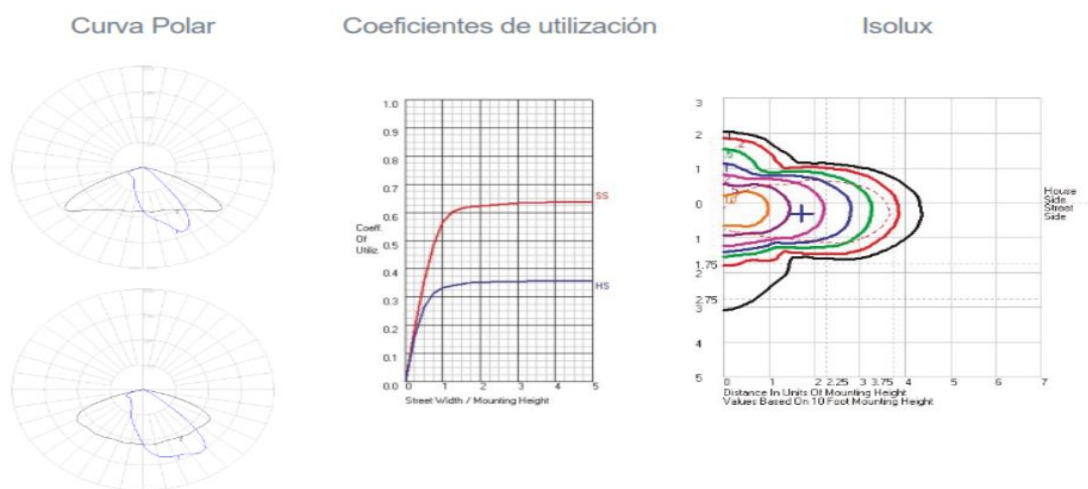


Ilustración 9 Características fotométricas de la Sepia LED

Fuente: CELSA

11.1.7 Selección del tipo de brazo

El brazo implementando en el presente diseño es un BRAZO (1 1/2") con ángulo 52°/0°, que fue tomado de las normas estipulados en la NTC 2050, con este tipo de brazo se espera obtener el mejor alcance en la vía, y evitar que lo arboles interrumpan el flujo lumínico, generan sombra. En la siguiente figura se observa el tipo de tubo a usar.

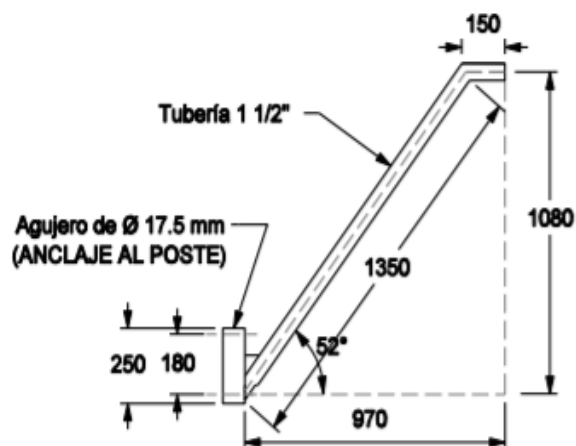


Ilustración 10 Brazo de 1 ½" < de 52°/0°
Fuente: NTC 2050 DE 2020 [20]

11.1.8 Requisitos básicos de diseño

Para poder realizar los cálculos de los niveles de iluminación adecuados se tuvieron en cuenta una serie de requisitos:

- Debido a que el diseño es para una vía vehicular del tipo lineal, se escogieron espectros fotométricos muy amplios para que abarquen en gran cantidad de la longitud vial.
- Se emplea un factor de operación del 100% debido a que se espera que todas las luminarias operen de forma conjunta.
- De acuerdo con lo estipulado en el RETILAP, en el apartado 430.5.1 todo diseño de iluminación debe considerar un factor de mantenimiento, solamente desde el punto de vista de diseño de iluminación, además se puede tomar el valor en sobredimensionamiento que deber ser tenido en cuenta para los valores iniciales de iluminancia horizontal, esto es para tener en cuenta los valores de iluminancia promedio mínimo mantenido durante su funcionamiento, este parámetro es establecido mediante la ecuación (2).

$$FM = FE * DLB * Fb \quad (2)$$

Donde:

FM: Factor de Mantenimiento

FE: Depreciación de la luminaria por ensuciamiento

DLB: Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla

Fb: Factor de Balasto

Para el presente diseño de iluminación, se considera un factor de ensuciamiento y depreciación del flujo luminoso de 0,9, este valor fue tomado del manual de procedimientos de recepción de proyectos de alumbrado público de la empresa EMSAP S.A.S. Al tratarse de luminaria de tecnología tipo LED, su factor de balasto es considera igual a 1. Por tal motivo y de acuerdo a la ecuación (2), el factor de mantenimiento del presente diseño dio un valor del **FM=0,9**.

11.1.9 Simulación en software DiaLux EVO

Para la realización de la simulación y así poder visualizar los resultados esperados en el diseño de iluminación se procede a realizar un bosquejo tridimensional del espacio en cuestión, empleando el software DiaLux EVO 5.91.1.51242. Los parámetros de iluminancia mínimos seleccionados como referencia y como objeto de diseño son los presentados en la tabla 5. En ningún instante de la vida útil de las luminarias del proyecto podrán ser inferior a los valores mínimos establecido. En la figura siguiente:



Ilustración 11 Dimensiones de la vía vista superior

Fuente: DiaLux EVO

En la ilustración 11 se identifica el tipo de pavimento y la distancia que llevara entre postes en este caso entre un rango de 28 – 33 metros de separación, estos parámetros son debidos a que la forma de la vía no es en su totalidad recta, además en la ilustración 5 podemos observar cómo es la vía en realidad, pero se tuvo en cuenta el desarrollo vial que va a realizar la alcaldía municipal para el mejoramiento de las vías de acceso.

Distancia entre mástiles	[m]		30.000
Altura del punto de luz	[m]		7.500
Inclinación del brazo	[°]		8.2
Saliente del punto de luz	[m]		0.900
Rotación de mástil	[°]		0.0
Luminarias por mástil			1
Distancia mástil-calzada	[m]	☐	0.700
Longitud del brazo	[m]	☒	1.200

Ilustración 12 Parametros de Diseño para la vía

Fuente: DiaLux EVO

En la ilustración 12 se observa que la distancia mínima estipulada para la instalación de postera para alumbrado público es de 30 m de distancia uno de ellos, pero la distancia puede ser cambiada de acuerdo a la forma en que se encuentra el terreno, la altura de instalación queda a 8m, porque se implementa postes de 10 m a 750 kg-f, las luminarias quedan ubicadas a una distancia de 7.5 m de altura esto es debido a la cantidad de lúmenes que tiene las lámparas entre 3000 a 9000 lúmenes se puede instalar lámparas de 6.5 a 7.5.

Recuadro de evaluación (M4)		CRISTO REY (M4)	
Lm	[cd/m²]	✓ ≥ 0.80	1.19 ✓
Uo		✓ ≥ 0.40	0.73 ✓
UI		✓ ≥ 0.00	0.59 ✓
TI		✓ ≤ 15	8 ✓
EIR		✓ ≥ 0.30	0.31 ✓

Ilustración 13 Parametros de iluminación según el RETILAP

Fuente: DiaLux EVO

En la ilustración 13 nos muestran los datos requeridos para realizar el diseño de iluminación en la vida de categoría M4, estipulados en el RETILAP, se observa que antes de realizada la simulación ya se entrega una versión previa de los resultados, donde el posible resultado es adecuado para la instalación de este tipo de luminaria seleccionada.

Distancia entre mástiles	30.000 m
(1) Altura de punto de luz	7.500 m
(2) Saliente del punto de luz	0.900 m
(3) Inclinación del brazo	8.2°
(4) Longitud del brazo	1.200 m
Horas de trabajo anuales	4000 h: 100.0 %, 41.5 W
Consumo	1369.5 W/km

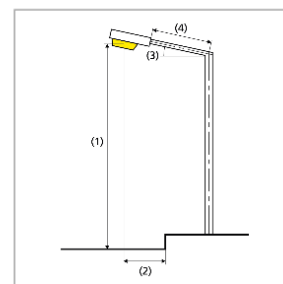


Ilustración 14 Distancia entre mástiles

Fuente: DiaLux EVO

En la ilustración 14 se selección que tipo de ubicación de las luminarias se va a ejecutar el diseño en este caso seria “unilateral abajo”, además de las diferentes medidas previas para el diseño de iluminación, la imagen nos entrega el consumo que se va a genera con un total de 22 luminarias en la vía, el consumo por kilómetro promedio de ella es de 1369.5 W/Km.

Resultados para campos de evaluación

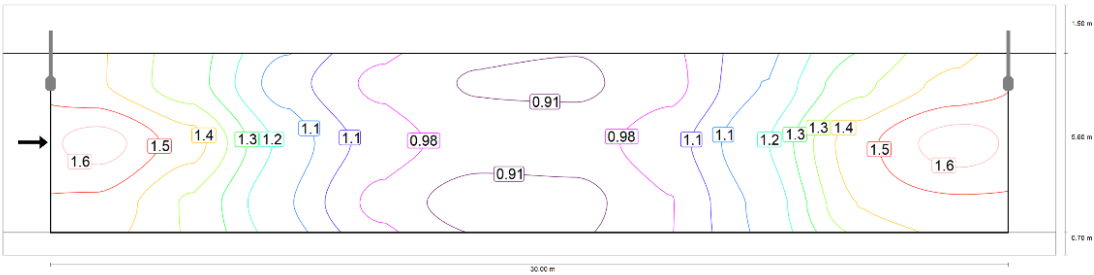
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
CRISTO REY (M4)	$L_m^{(2)}$	1.19 cd/m ²	≥ 0.80 cd/m ²	✓
	U_o	0.73	≥ 0.40	✓
	$U_l^{(2)}$	0.59	≥ 0.00	✓
	TI	8 %	≤ 15 %	✓
	R_{EI}	0.31	≥ 0.30	✓

(2) Valor nominal modificado por el proyectista, difiere de la norma

Para la instalación se ha calculado con un factor de mantenimiento de 0.90.

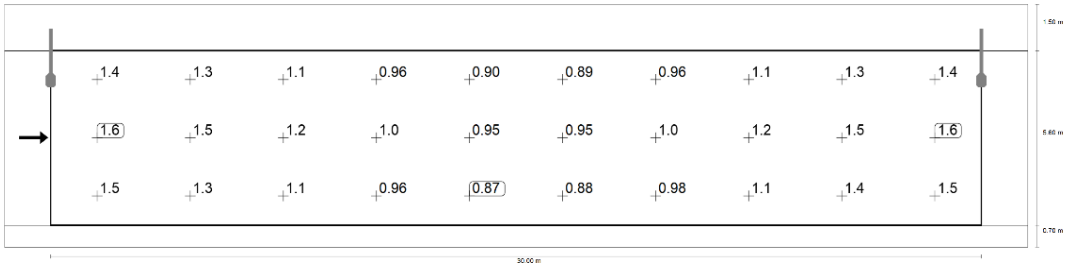
Ilustración 15 Parametros adecuados para la iluminación
Fuente: Dialux EVO

Generados los resultados otorgados por Dialux podemos observar que cada uno de los parámetros requeridos por el tipo de vía seleccionados, entre ellos luminancia con un valor de 1.19cd/m², uniformidad general 0.73, uniformidad longitud 0.59, incremento de umbral de 8% y relación de alrededores del 0.31, aunque este valor no se tiene en cuenta para vías M4. todas con su respectiva aprobación por parte del software.



Observador 1: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca [cd/m²] (Líneas Isolux)

Ilustración 16 Espectro Fotometrico
Fuente: Dialux EVO



Observador 1: Valor de mantenimiento luminancia en calzada seca [cd/m²] (Sistema de valores)

Ilustración 17 Sistemas de Valores en Cd/m2
Fuente: Dialux EVO

Al seleccionar una calzada tipo M4 por RETILAP se conoce que esta vía debe de cumplir con ciertos parámetros, como observamos en la ilustración 13, software DIALUX nos entrega como

resultados que todos los parámetros establecidos cumplen con las luminarias seleccionadas y se procede a observar el espectro Fotometrico en la ilustración 16 se puede observar las ondas generadas por los diferentes rayos de luz y la ilustración 18 se observa los mismos rayos emitido, pero desde una perspectiva 3D.

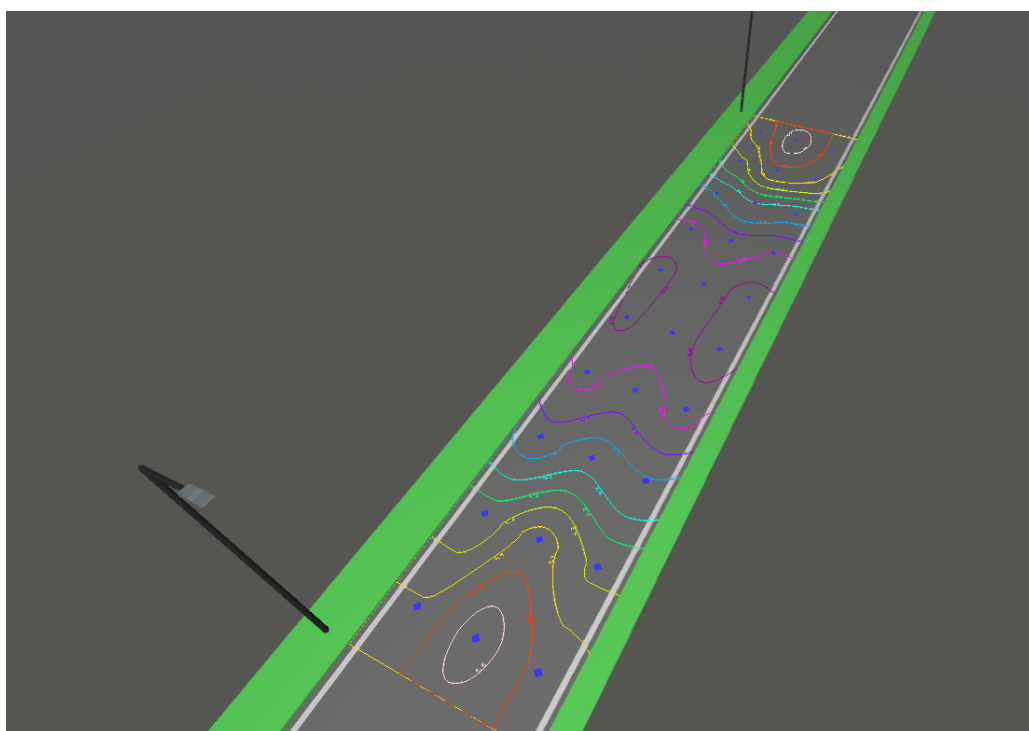


Ilustración 18 Espectro Fotometrico en 3D

Fuente: Dialux EVO

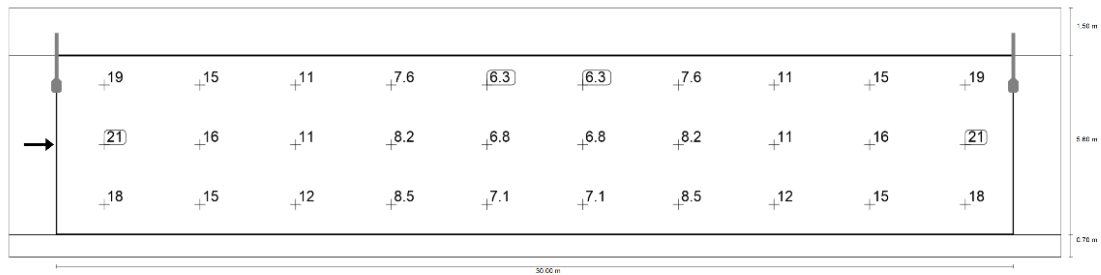
Para poder entender a más profundidad el cumplimiento de diseño de iluminación para vías, los luxes mínimos de iluminación para las vías públicas está dentro de un rango de 3 a 5 luxes.



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Líneas Isolux)

Ilustración 19 Curva Isolux en Lux

Fuente: Dialux EVO



Valor de mantenimiento iluminancia horizontal [lx] (Sistema de valores)

Ilustración 20 Sistema de Valores en Lux

Fuente: DiaLux EVO

11.1.10 Ubicación de las luminarias

Se realizó la simulación en DiaLux para una distribución adecuada en la vía, donde se considera toda la superficie del espacio de trabajo, en la siguiente imagen se observa la distribución de luminaria para la vía del mirador a Cristo Rey:

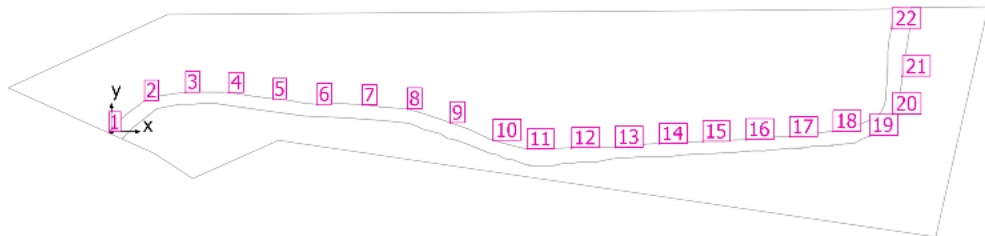


Ilustración 21 Distribucion de Luminarias

Fuente: DiaLux EVO

De acuerdo a la selección anterior de unilateral arriba se observa que a partir de la luminaria numero 21 pasan a hacer unilateral abajo, esto es debido a que el terreno en la parte de encima donde se presenta la curva no puede ser colocados postes por inestabilidad del terreno, además se tuvo en consideración lo estipulado en la ilustración 6.

11.1.11 Plan de Mantenimiento

Para ejecutar el pleno funcionamiento de las luminarias se debe diseñar un mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas con el propósito de que los niveles de iluminancia no disminuyan a valores fuera de rango. Para esto se debe gestionar un adecuado sistema de limpieza a las luminarias y el seguimiento de los niveles de iluminación adecuados con el fin de verificar que se cumplan los parámetros mínimos de instalación y de reemplazar las luminarias defectuosas en caso de ser necesarias.

11.1.12 Cálculos Eléctricos

Para mejorar el sistema y no saturarlo se recomienda realizar una distribución de luminaria en diferentes fases, para dar claridad en esta parte se procede a calcular los dichos valores:

Tabla 9 Cuadro de Distribucion

Carga	P(W)	Fp	S(VA)	I(A)	CONDUC.
Luminarias Celsa de 41.5 W	913	0.9	821.7	1.87	4 AAC
TOTAL	913	0.9	821.7	1.87	

Fuente: Autor

El cable seleccionado es de aluminio Trenzado ACC de calibre 2x4+4, de acuerdo a la norma CNS-NT-09 y de acuerdo a los factores de correccion del capítulo 2 sección 2.4.2 de las normas CENS las líneas de alumbrado público debe tener por lo mínimo este calibre de tipo aérea deben contener como mínimo este tipo de calibre.

Según la normatividad del RETILAP la caída de tensión de las líneas eléctricas de alumbrado público. Las distancias de los circuitos y la impedancia que suministra el conductor determinasen cual es el valor en que disminuirá en el cable. Se debe revisar que esta instalación sea capaz de transportar la energía sin generar una caída de tensión inmensa, y debido a esto se pueden ocasionar que lo equipo o cargas instaladas trabajen de forma incorrecta y por tal motivo la norma nos exige que el valor de caída de tensión debe estar en un rango del +5% al -10% de la tensión nominal (Norma NTC 1340).

Tabla 10 Cálculos de Regulación para caída de tensión

CALCULOS DE REGULACIÓN DEL ALUMBRADO PUBLICO													
Transformador de 45 KVA													
Vía Mirador a Cristo Rey (650m)													
TRAMO	LONGITUD	USUARIO	CARGA	MOMENTO ELECTRICO	FAS	TIPO DE RED	CONDUC	FP	PESO COND.	VOLT.	FC	K	REG.
	Metros	S	KVA	KVA*m	ES	RED	ACC		KG	V			%
1	650	1	0.913	296.4	2	FF	4	0.9	131.78	220	1.73	4.7E-03	2.79

Autor

Como se puede observar en la tabla 10 la regulación de caída de tensión tiene un valor del 2.79% lo cual la ubica dentro del rango, mencionado en el párrafo anterior por tal motivo puede operar en buenas condiciones.

11.2 Diseño de iluminación de la unidad de recreación (Parque La DONJUANA)

El presente diseño de iluminación para el alumbrado público para el centro deportivo de La DonJuana, se realizó teniendo en cuentas las exigencias entabladas en el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP, de acuerdo a la clasificación general, de lo que está incluido en el parque (vías de acceso y andenes peatonales adyacentes a la misma; para lo cual se implementó el software de diseño de iluminación DiaLux para los cálculos luminotécnicos.

11.2.1 Propósito de diseño del parque

Para el diseño de iluminación se va a reemplazar las luminarias de Sodio que están presentes en el parque y se van a cambiar por luminarias tipo LED, y de detalle, con el análisis de cargas necesario para el adecuado funcionamiento de todo el sistema, de manera que se cumplan las exigencias establecidas por las normativas RETIE y RETILAP y demas normas con vigencia aplicables.

11.2.2 Identificación de las zonas de diseño

Para el desarrollo del diseño de iluminación se tuvo en cuenta los datos obtenidos en las visitas técnicas realizadas por mi persona, la cual constaba las medidas del área a iluminar, entre ellas encontramos, el espacio deportivo (cancha de fútbol) y el área de estar (espacios de descanso), para este caso no se tiene en cuenta la altura debido a que no se encuentra con cobertura, las luminarias van a quedar instaladas en postera de tubo soporte de acero con una altura de 6m. Atendiendo lo necesario para las medidas de las áreas deportivas. Es de bastante importancia conocer estos parámetros para que el sistema de alumbrado público brinde los adecuados niveles de iluminación en el área evaluada.

11.2.3 Estándares de iluminancia según RETILAP

En relación a lo anteriormente descrito, en la siguiente tabla se muestra las clases estipuladas por el RETILAP para aplicar a los escenarios en cuestión y su tipo de iluminación.

Tabla 11 Parametros fotométricos en áreas críticas (Tabla 510.3.b del RETILAP)

Clasificación	Clase de Iluminación	Iluminancia promedio (luxes)	Uniformidad General $U_0 \geq \%$
Canchas múltiples recreativas	C0	50	40
Plazas y plazoletas	C1	30	33
Pasos peatonales subterráneos	C1	30	33
Puentes peatonales	C2	20	33
Zonas peatonales bajas y aledañas a puentes peatonales y vehiculares.	C2	20	33
Andenes, senderos, paseos y alamedas a peatonales en parques	C3	15	33
Ciclo-rutas en parques	C2	20	40
Ciclo-rutas, senderos, paseos, alamedas y demás peatonales adyacentes a rondas de ríos, quebradas, humedales, canales y demás áreas distintas de vías vehiculares iluminadas u otro tipo de áreas iluminadas.	C4	10	40

Fuente: RETILAP TABLA 510.3.1 b

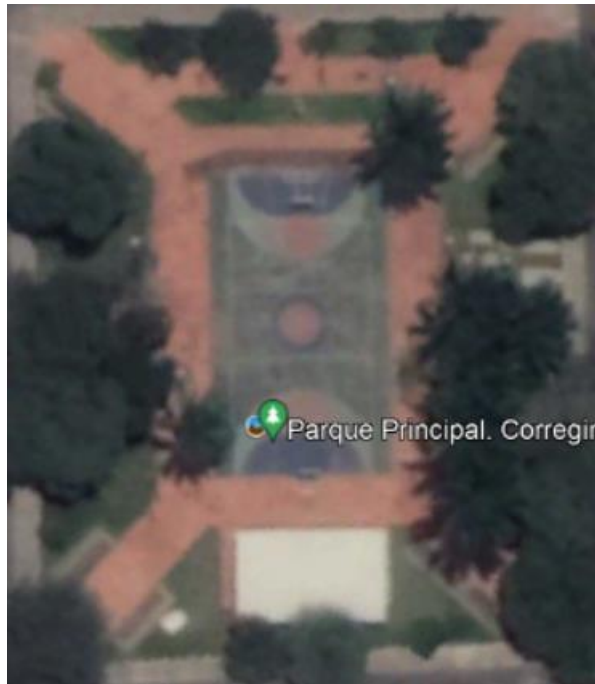


Ilustración 22 Parque Principal La DonJuana

Fuente: Google Earth

Como se logra evidenciar en la ilustración anterior se logra 6 senderos peatonales y un centro deportivo por tal razón se obtiene la siguiente tabla indicando la clase de iluminación y su clasificación:

Tabla 12 Selección del tipo de iluminación

Zona	Clase de iluminación	Iluminancia promedio (luxes)	Uniformidad general $U_0 \geq \%$	Medidas	
				Ancho (m)	Largo (m)
Peatonal 1,3,4 y 6	C3	15	33	4	13
Peatonal 2 y 5	C3	15	33	4	30
Zona deportiva	C0	50	40	16	27

Fuente: Autor

11.2.4 Tipo iluminación a utilizar

Debido a que el espacio deportivo del parque La DonJuana se encuentra a la intemperie los equipos para el sistema de iluminación, son luminaria de la marca CELSA con una referencia de MICROLED SMD, equipada con chips LED de alta calidad, además de que su lente está diseñado en resina siliconada o policarbonato, de alta resistencia al impacto, es seleccionada por su alta capacidad en parques, senderos y alamedas, en los senderos peatonales se escogió una luminaria de 45W y en la zona deportiva luminarias de 70W, para así mantener un buen nivel de iluminación a los momentos de juego, en la siguiente imagen se observa el tipo de luminaria a implementar.



Ilustración 23 Luminaria MICROLED SMD
Fuente: Celsa

DIMENSIONES GENERALES

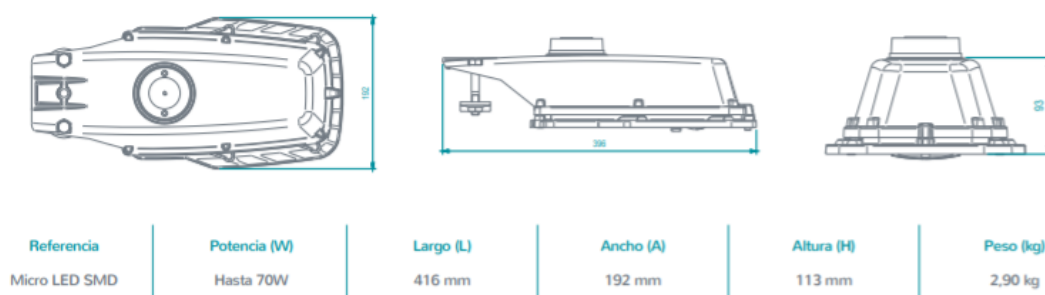


Ilustración 24 Dimensiones de MICROLED SMD
Fuente: Celsa

CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS

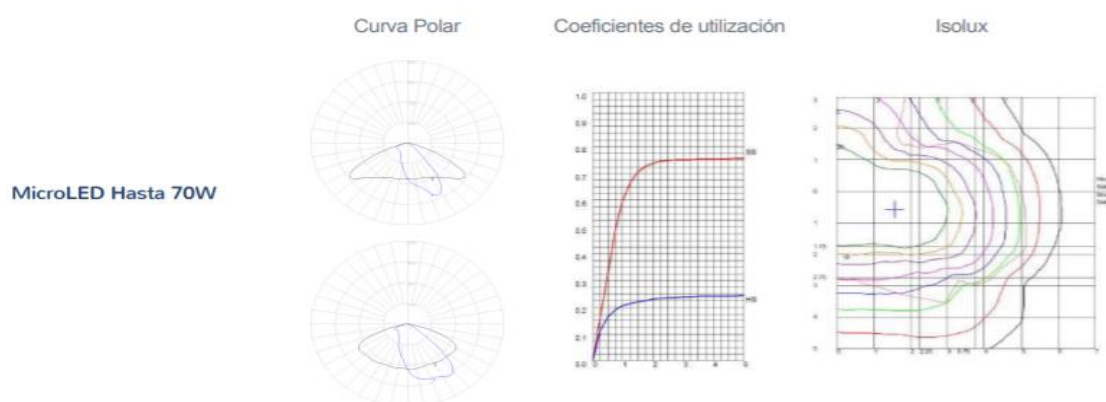


Ilustración 25 Características de MICROLED SMD
Fuente: Celsa

11.2.5 Cálculos de Iluminación

11.2.5.1 Perfil vial sendero 1,3,4 y 6

Resultados para campos de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (C3)	E_m	28.43 lx	≥ 15.00 lx	✓
	U_o	0.73	≥ 0.40	✓
	$TI^{(1)}$	11 %	-	-

(1) Informativo, no es parte de la evaluación

Para la instalación se ha calculado con un factor de mantenimiento de 0.90.

Ilustración 26 Parametros adecuados para los senderos 1,3,4 y 6

Fuente: Dialux EVO

Dentro del diseño e iluminación del parque del don Juana se separó en tres secciones que son los senderos de uso peatonal y la cancha como espacio deportivo, como se puede observar en la ilustración 26 los senderos 1,3,4,6 tiene las mismas características por eso se realizó un solo calculo y como resultado se observa una iluminancia de 28.43 luxes en contra de 15 luxes que es la nominal y la uniformidad general está 27.4% por encima de lo establecido, se obtuvo un 11% de incremento en umbral pero para este tipo de vía no se considera el umbral.

Debido a que los senderos son de una distancia baja se decidio colocar una sola luminaria en cada uno, como se ilustra en la figura 22 el espectro Fotometrico.

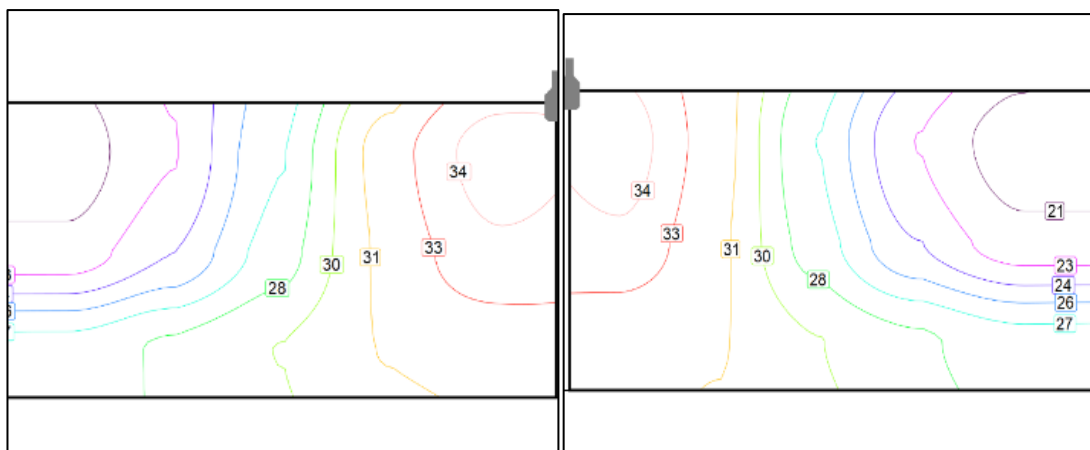


Ilustración 27 Imagen Fotométrica Senderos 1,3,4 y 6

Como se puede observar en la ilustración 27 para los senderos señalados, la luminaria seleccionada cumple con los requisitos mínimos de iluminación, debido a que el tramo de los senderos es de 15m, por tal motivo solo se deja una luminaria en cada sendero.

11.2.5.2 Perfil vial sendero 2 y 5

Senderos 2-5 · Alternativa 1

Calzada 1 (C3)

Resultados para campo de evaluación

	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación
Calzada 1 (C3)	E_m	22.13 lx	≥ 15.00 lx	✓
	U_0	0.49	≥ 0.40	✓
	$TI^{(1)}$	15 %	-	-

Ilustración 28 Parametros adecuados para los senderos 2-5

Continuando con los senderos de uso peatonal, como se puede observar en la ilustración 28 los senderos 2,5 tiene las mismas características por eso se realizó un solo calculo y como resultado se observa una iluminancia de 22.13 luxes en contra de 15 luxes que es la nominal y la uniformidad general está 22.5% por encima de lo establecido, se obtuvo un 15% de incremento en umbral, pero para este tipo de vía no se considera el umbral.

Este sendero es de mayor distancia por eso se emplean más luminarias para una mejor distribución de luxes.

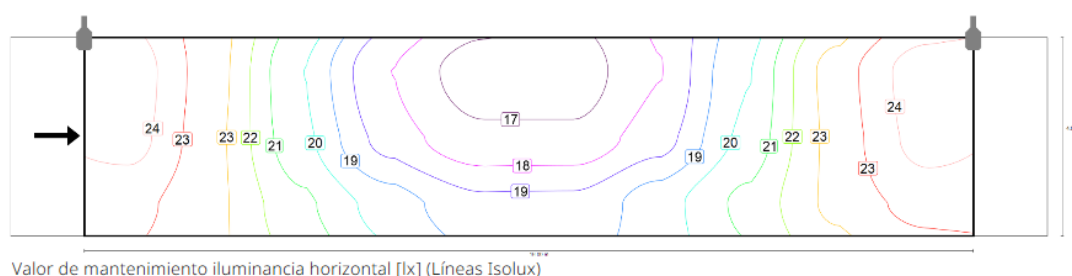


Ilustración 29 Imagen fotométrica Senderos 2-5

Los valores obtenidos están dentro los parámetros establecidos por el RETILAP, además la imagen fotométrica se tuvo en consideración que los postes metálicos donde van ubicadas las luminarias anteriormente nombradas, también serán los apoyos para las luminarias que se colocaran en el centro deportivo, dejando como claridad que las luminarias de los senderos son de 41.5W y las de la cancha son de 70W.

11.2.5.3 Perfil de iluminación cancha la DonJuana

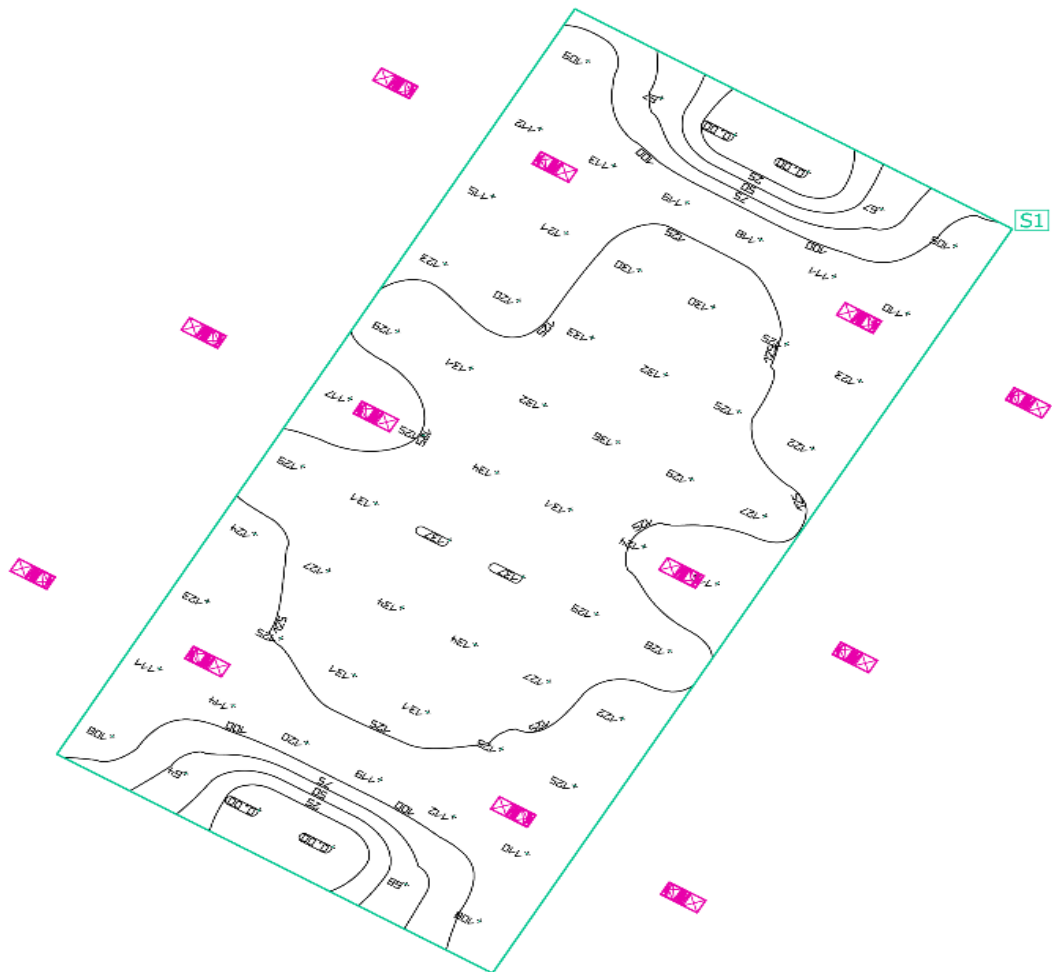


Ilustración 30 Fotometrica del Parque La DonJuana (Ver Anexo 3.)

En la ilustración 30 se puede observar que fuera de la cancha, se encuentran ubicadas otro conjunto de luminaria esto es debido a que en los postes metálicos van a ser ubicadas dos luminarias, una más alta que la otra.

Propiedades	E	E _{min}	E _{máx}	g ₁	g ₂
Superficie de cálculo 5	112 lx	0.00 lx	137 lx	0.00	0.00
Iluminancia perpendicular					
Altura: 0.000 m					

Perfil de uso: Configuración DIALux predeterminada, Estándar (área de tránsito al aire libre)

Ilustración 31 Luxes Obtenidos para la cancha

En relación a las luminarias seleccionadas se puede observar que en la ilustración 31 este cumple a cabalidad con los parámetros mínimos colocados por el RETILAP que son de 50 luxes para zonas deportivas, con un valor promedio de 112 luxes

11.2.6 Diseño Detallado del parque

En la siguiente imagen se observa la ubicación de las luminarias totales del parque La DonJuana:

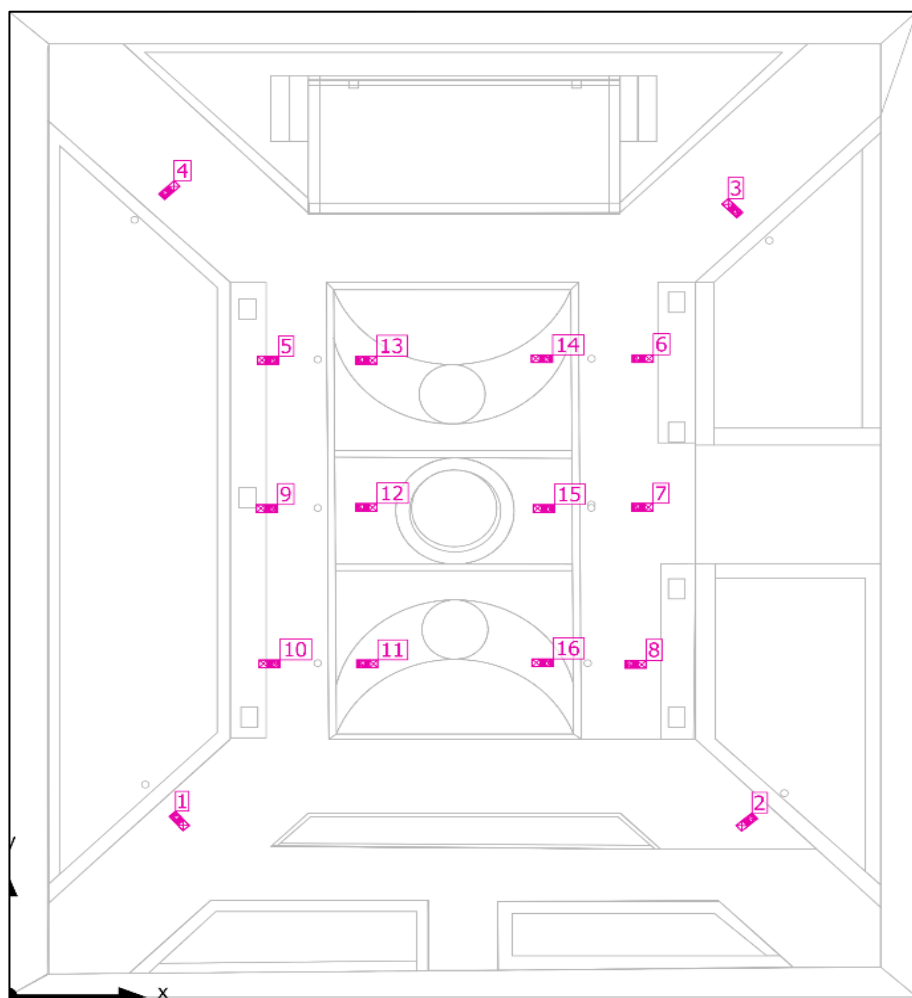


Ilustración 32 Ubicación de las Luminarias

En la ilustración 32 se observa la posición final de cada luminaria tanto en los senderos, como en el campo deportivo de futbol, como se hizo mención anteriormente en cada sendero por lo que son de distancia corta se coloca una luminaria las cuales sería 1,2,3,4 y en los senderos más largos que será la parte de las graderías se coloca una disposición de 3 lámparas en la parte izquierda lámparas 5,9,10 y en la derecha 6,7,8. El resto de luminarias apunta al interior de la cancha (11,12,13,14,15,16).

Para una mejor visualización del diseño de iluminación de la cancha se realizó un renderizado en 3D, como se muestra en la ilustración 33 donde se puede observar la misma distribución anterior.

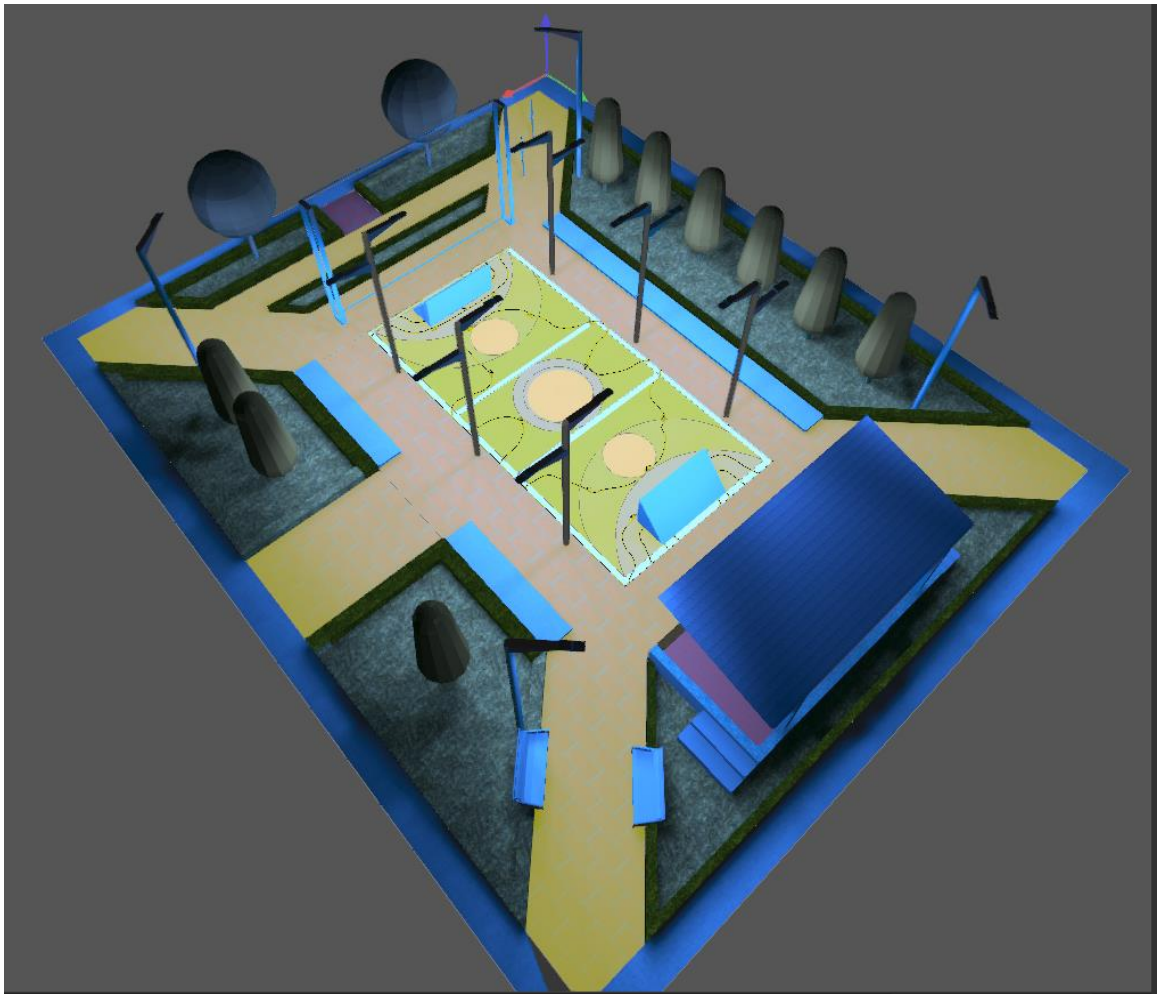


Ilustración 33 Renderizado del Parque La DonJuana

11.2.7 Memoria de Calculos

A continuaciones presentan los cálculos eléctricos para soportar los diseños fotométricos del parque.

11.2.7.1 Balance de Cargas

Para la adecuada instalación eléctrica del sistema se va a hacer uso de un circuito trifásico de 220VAC conectado al transformador existente en la zona, de propiedad de CENS S.A. La carga generada por las nuevas luminarias se incluirá en el circuito de alumbrado público, con un valor de 835 W toda esta conexión se acondicionará a un circuito subterráneo para no afectar el parque, todo esto de acuerdo a la normativa establecida por el RETIE para conexiones subterráneas según la norma técnica de CNS-03-827.

Establecida la cantidad de luminarias y las potencias, además de las zonas a iluminar, el presente circuito se dividirá en dos ramas en la que cada circuito, se interconectará en un barraje de baja tensión de acuerdo a la norma previamente nombradas. Ver Anexo 3

En la siguiente tabla se observa el inventario de las luminarias y sus potencias en el circuito para conocer la carga en watios total.

Tabla 13 Inventario de Luminarias

Potencia de Lum (W)	Cant	Potencia Lum_(W)
41.5	10	415
70	6	420
TOTAL	16	835

Fuente: Autor

11.2.7.2 Cálculo de regulación y caída de tensión

Se debe realizar el cálculo de la carga en KVA con la información del FP de potencia que me indicado en las hojas de características de las luminarias de la marca CELSA S.A de 0.9 y junto con la ecuación (3).

$$Carga\ KVA = \frac{Potencia\ Luminaria\ W}{Factor\ de\ Potencia\ Luminaria} \quad (3)$$

La corriente generada por cada una de las luminarias se calcula de la ecuación (4), teniendo como base una tensión de alimentación de 220VAC.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * \cos\phi * V} \quad (4)$$

I = Intensidad en Amperios

P = Potencia de Luminaria

V = Tension de alimentación

$\cos \phi$ = Factor de potencia (0.90 lumiarias CELSA S.A)

Para las dos ramas de se obtiene los siguientes resultados (Ver tabla 14) en relación a las luminarias instaladas.

Tabla 14 Calculos de Cargas y corriente para cada circuito

CTO	POTENCIA (W)	INTENSIDAD POR LUMINARIA (A)	CANT	POTENCIA TOTAL (W)	CARGA Kva	I(A)	I*1.25
A-B	41.5	0.1146	10	415	0.4611	1.21	1.5125
B-C	70	0.20	6	420	0.467	1.225	1.5312
Totales			16	835	0.9281	2.435	3.0437

Fuente: Autor

En la última columna aparece un factor de corriente del 1.25 esto se realiza debido a los niveles de sobrecarga al momento de iniciar las operaciones. Posteriormente para poder realizar los cálculos de regulación por tensión se debe hallar el valor de impedancia eficaz del conductor a utilizar, en la norma CNS-NT-02 nos indica como se debe efectuar el cálculo para impedancia eficaz con la ecuación (5).

$$K_G = R * \cos \phi + X_L \sin \phi \quad (5)$$

ϕ = Angulo de Factor de potencia

R = Resistencia a CA del conductor $\left[\frac{\text{ohm}}{\text{Km}}\right]$

X_L = Reactancia inductiva $\left[\frac{\text{ohm}}{\text{Km}}\right]$

Los valores anteriormente nombrados se pueden encontradas en las tablas de constantes de regulación indicadas por las normas de CENS S.A, para un factor de potencia del 0,9, la carga instalada es baja se puede utilizar el calibre mínimo establecido por la misma norma en este caso sería para conductor dentro de ducto calibre #6 AWG de cobre, pero debido a que la carga instalada no es tan alta se puede optar por un calibre #12 AWG como se muestra en la ilustración 34:

Constante K_G para distintos factores de potencia									
Tensión	B.T.			13 200 V			34 500 V		
Calibre (AWG)	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95
14	810,898	909,657	957,655						
12	513,258	574,514	604,060						
10	326,049	363,807	381,808						
8	211,282	234,644	245,572						
6	135,591	149,580	155,924						
4	87,889	96,036	99,536						
2	57,557	62,040	63,765	60,627	64,263	65,357			
1/0	38,702	40,833	41,404	41,573	42,912	42,893	42,493	43,579	43,370
2/0	31,918	33,275	33,479	34,614	35,227	34,877	35,511	35,877	35,342
3/0	26,522	27,264	27,177	29,056	29,099	28,492	29,934	29,736	28,947

Ilustración 34 Constantes de regulación K_G para cobre THW en ducto. Fuente: Norma Cens CNS-NT-02. Sección 2.4.3.2 Conductores para ducto Tabla 19.

Para poder seguir con el cálculo de la regulación tan se debe tomar en cuenta un factor de corrección, que nos entrega la norma de CENS, que se observa en la ilustración 35:

Tipo de Subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica.	8,00	2,00	2,00
Trifásica	6,00	1,732	2,25

Ilustración 35 Factores de Correccion

A continuación, se va a realizar el cálculo del porcentaje de la regulación de la tensión de acuerdo con la sección 2.4, de la norma de CNS-NT-02 indica que para circuito de alumbrado público en los que temas de distancia no deben superar el 3%.

La regulación de tensión (R%) se calcula mediante la siguiente ecuación (6) tomada de la norma CNS-NT-02.

$$R\% = F_c \frac{K_G}{V_L^2} M \quad (6)$$

F_c = Factor de corrección

M = Momento Eléctrico. (kVA * m)

V_L = Voltaje de Línea

K_G = Constante de regulación generalizada del conductor

Para el cálculo de la regulación de tensión en sistema trifásicos, se seleccionó un factor de corrección del **1.732**, como se indica en la ilustración 35.

En la parte de constante de regulación o en otro libro se encuentra como impedancia efectiva del conductor, la norma CENS nos otorga un parámetro de acuerdo a el factor de potencia de las luminarias en este caso es de **363.807** para un FP=0.9.

$$R\% = 1.732 * \frac{574.514}{(\sqrt{3} * 220)^2} (0.4611 * 101)$$

$$R\% = 0.319$$

Con el valor del porcentaje de la regulación de tensión se puede calcular cuantos es la caída de tensión del ramal, con la ecuación (7)

$$\Delta V = \frac{R\%}{100} * V \quad (7)$$

De lo anterior se puede obtener que la caída de tensión del circuito es de 0.7018V

En la tabla 15 se realiza el cálculo con los cálculos anteriormente realizados, pero para los dos ramales existentes de acuerdo al balance del circuito realizado en el diagrama unifilar de la instalación.

El cálculo de la regulación de tensión tiene como variable la longitud del circuito, está presente al momento de hallar el momento eléctrico, lo que garantiza esta regulación es que el voltaje de alimentación 220Vac sea el mismo en cada una de las luminarias del circuito, por tal motivo en el cálculo se tomaron valores ya establecidos por la diferentes normas implementadas, además de las características entregadas por el fabricante, dejando como resultando que la regulación está dentro del rango establecido por CENS que en este caso cabe resaltar que los valores hallados son menores al 3%.

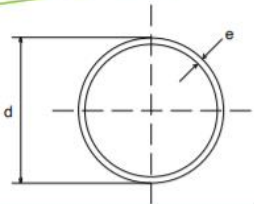
Tabla 15 Cálculo de regulación y caída de tensión

Circuito	Longitud (m)	Material	Calibre [Awg]	Kg	Fc	Momento	Tensión	Regulación	Caída de tensión
A-B	101	COBRE	12	574.514	1.732	46.5711	220	0.319	0.7018
B-C	83	COBRE	12	574.514	1.732	38.761	220	0.2656	0.5843

Fuente: Autor

11.2.7.3 Cálculo de canalizaciones

Para el cálculo de la canalización se va a tener los criterios del capítulo 3 de las normas de CENS “Estructuras en redes subterráneas” donde nos indica que el tipo de tubo para redes de alumbrado público debe ser de tubería tipo doble pared de PVC diámetro (Φ de 1,1/4”) con banco de dos conductores, dejando un espacio para futuras expansiones o mejoras en la red para esto se debe considerar un porcentaje de ocupación del 40% como lo establece la norma técnica colombiana NTC 2050.








Tuberías Conduit SCH 40

La longitud de los tubos es de 3 mts. con campana.

Diámetro Nominal mm	pulg	Referencia	Diámetro Exterior Prom mm	pulg	Espesor de pared mínimo *	mm	pulg
21	1/2	2907718	21.34	0.840	2.77	0.10	
26	3/4	2907720	26.67	1.050	2.87	0.11	
33	1	2907715	33.40	1.315	3.38	0.13	
42	1.1/4	2907717	42.16	1.660	3.56	0.14	
48	1.1/2	2907716	48.26	1.900	3.68	0.14	
60	2	2907719	60.32	2.375	3.91	0.15	

Las tuberías PVC CONDUIT SCH 40 marca PAVCO WAVIN cumplen con la Resolución 90708 de agosto 30/2013 RETIE y son empleadas con conductores con temperaturas menores a 90°C e instaladas en interiores.
 ★ Estos espesores cumplen con lo establecido en la tabla 20.10 del RETIE.

Ilustración 36 Tabla de espesores para tuberías PVC Tomada de: Manual PVC Pavco

De acuerdo a la ilustración siguiente se indican las dimensiones de la tubería TDP PCV CONDUIT utilizada en las canalizaciones de los circuitos de alumbrado público, para dicho cálculo de porcentaje de emplea la ecuación (8).

$$\%Ocupación = \frac{Area\ mm^2\ Cables}{Area\ mm^2\ Tuberías} \quad (8)$$

De acuerdo al calibre de conductor seleccionado en la tabla 15, se procede a realizar el cálculo de las áreas del cable AWG en calibre #12 para los circuitos, para redes subterráneas se instala tubería de 1”, pero como el conductor es de bajo calibre se propone instalar tubería de ¾” obteniendo un porcentaje de ocupación del 0.69%

En el parque el conductor cambia debido a que todas las instalaciones dentro del parque van a ser subterráneas por tal motivo se debe realizar las cajas de inspección o de paso necesarias para aso poder resolver con facilidad cualquier falla que se presente a futuro.

11.2.8 Plan de mantenimiento y Guía de Instalación

11.2.8.1 Mantenimiento Preventivo.

1. Realizar limpieza sobre el lente de la luminaria de forma periódica con un paño blando y húmedo en agua.
2. Verificar que en el sitio de instalación no haya equipos o maquinas eléctricas que puedan generar calor y afecte de manera directa o indirecta las luminarias.
3. Desenergizar la luminaria.
4. Retirar los 3 tornillos de 3/16" que aseguran la tapa.
5. Realice una limpieza general del recinto que alberga el conjunto eléctrico, para realizar esta limpieza utilice un paño húmedo en agua.
6. Revise todos los puntos de contacto como los conectores y borneras. Al finalizar apretar los tornillos de la tapa con torque de 4.5 N-m para que cierre bien y asegurar la hermeticidad.

11.2.8.2 Mantenimiento Correctivo

En campo es posible reemplazar el driver y shorting cap o sistemas de telegestión. Los módulos de LED solo pueden ser reemplazados en fabrica.

1. Para retirar el para shorting cap o sistemas de telegestión, gírelo en sentido contrario a las manecillas de reloj y retírelo.
2. Para reemplazar el driver abra la tapa de la luminaria como se indica en el paso 4 del mantenimiento preventivo.
3. Usar el siguiente diagrama de conexiones como guía para realizar el conexionado de la luminaria.

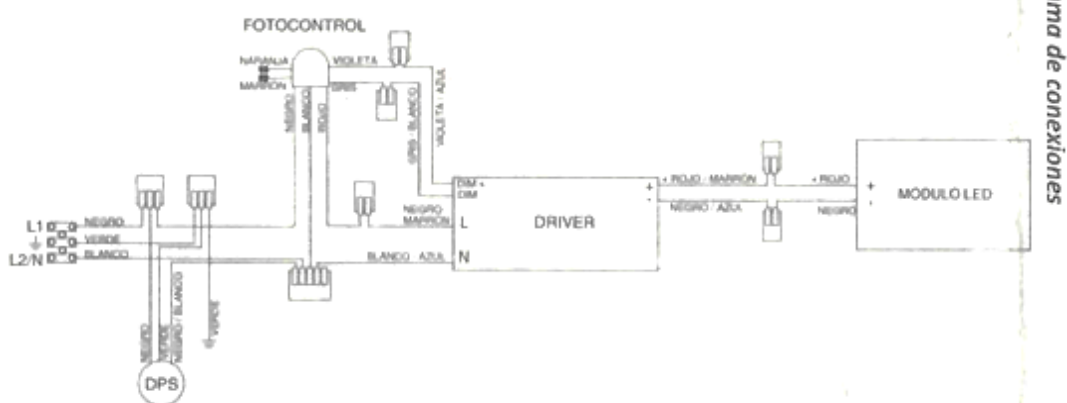


Ilustración 37 Diagrama de Conexión luminaria MICROLED SMD

Para la instalación adecuada de las luminarias leer el **anexo 1**, en la guía se describen los procedimientos que se deben seguir para la realizar la instalación y el mantenimiento de la luminaria MICROLED para el alumbrado público.

11.2.9 Diseño detallado del parque la DonJuana

Para poder entender con mayor facilidad el diseño siguiente se debe considerar las siguientes convenciones, como se muestra en la siguiente imagen:

CONVENCIONES:	
	Tablero de distribución
	Caja de inspección
	Ducto por piso
	Ducto que sube
	Conductor de fase
	Conductor de neutro

Ilustración 38 Convenciones eléctricas

Para la representación de un plano detallado del parque, se implementó el software AUTOCAD 2D, en el cual se pueden observar las especificaciones técnicas de las luminarias, además de su altura de montaje y su capacidad, junto con el tipo de cableado que se va a utilizar, todo lo anteriormente nombrado se observa en la ilustración 39, en ella se observó el tipo de conductores de que calibre adema de la posición de las cajas de inspección de puesta a tierra, además de la ubicación del tablero de distribución.



11.2.10 Diagrama unifilar general

La conexión del circuito de alumbrado público descrito en el diagrama unifilar descrito en la ilustración 40, se realizó implementando la infraestructura eléctrica de BT existente en el municipio de Bochalema desde el punto de conexión más cercano, todo para realizar la transición de la red área a subterránea, las conexiones de BT son suministradas por el transformador que administrada las redes de la zona, siendo administrado directamente por el comercializador de energía CENS S.A con una capacidad de 45 KVA con una relación de transformación de 13800 / 380-220 VA, identificado como 1T06682, ubicado a un distancia adecuada de los puntos de conexión, dicho transformador cuenta con protección de MT. La conexión se realiza mediante 4 conductores (3 fases y 1 neutro).

Posteriormente de la conexión se encuentra un medidor bifásico de uso exclusivo para el alumbrado público, este cuenta con sus respectivas protecciones, después según el diagrama utilizado el circuito es dividido en dos ramas, una que es la encargado de suministrar las luminarias de 70W que son las que se encuentran apuntando directamente a la zona deportiva “Cancha” y el otro que contiene luminarias de 41,5W que iluminan los alrededores del parque o zonas peatonales, cada rama contiene una protección tipo breaker enchufable de 30 A, estas luminarias van a ser controladas mediante sistemas de fotoceldas.

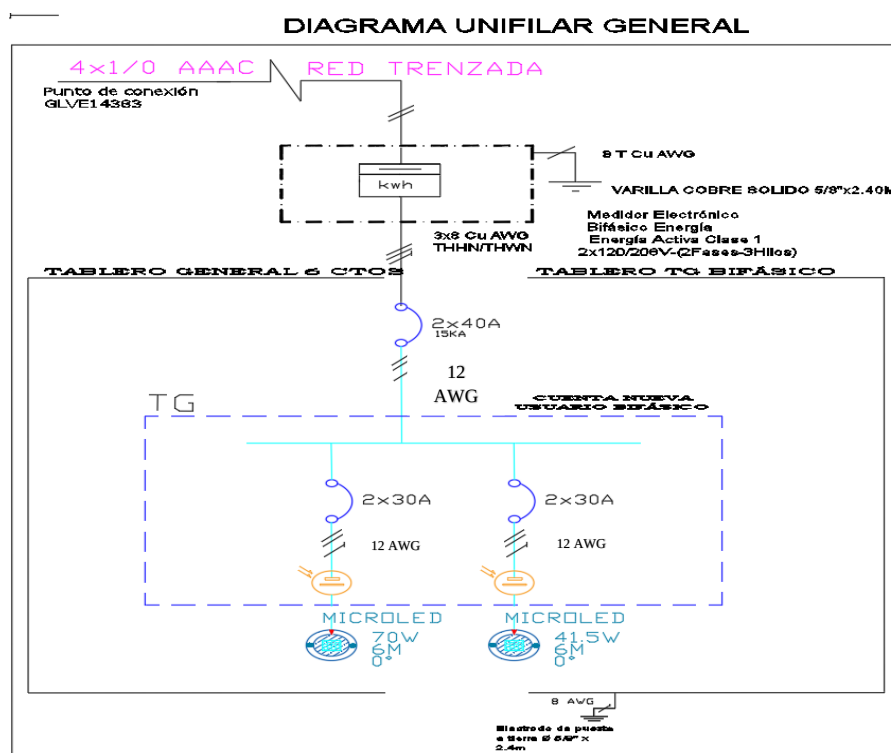


Ilustración 40 Diagrama Unifilar del Parque

11.3 Recopilación del diseño de iluminación LED

Tabla 16 Listado de luminarias LED del diseño

NUMERO DE IT	POTENCIA TF (KVA)	ROTULO (Código)	POTENCIA (w)	TECNOLOGÍA	ANCH O DE CALZADA (m)	ANDENES (m)		ALTURA APOYO (m)	COORDENADAS GPS		BARRIO
						1	2		Latitud	Longitud	
1T06682	45	10145	41.5	LED	SENDEROS DEL PARQUE (5m)	0	0	6	7.6909722	-72.60799	PARQUE LA DONJUANA - CENTRO
		10146	41.5			0	0	6	7.6909722	-72.60799	
		10147	41.5			0	0	6	7.69111111	-72.60808	
		10148	41.5			0	0	6	7.69111111	-72.60808	
		10149	41.5			0	0	5.5	7.6910278	-72.60816	
		10150	41.5			0	0	5.5	7.6910278	-72.60816	
		10151	41.5			0	0	5.5	7.6909167	-72.608223	
		10152	41.5			0	0	5.5	7.6909167	-72.608223	
		10153	41.5			0	0	5.5	7.6908611	-72.60813	
		10154	41.5			0	0	5.5	7.6908611	-72.608138	
		20555	70		CANCHA DE FUTBOL	0	0	6	7.6908333	-72.60805	
		20556	70			0	0	6	7.6908333	-72.608055	
		20557	70			0	0	6	7.6909722	-72.60788	
		20558	70			0	0	6	7.6911389	-72.608222	
		20559	70			0	0	6	7.6908889	-72.60833	
		20560	70			0	0	6	7.6907222	-72.60802	
1T03838	30	10200	41.5	LED	VIA CRISTO REY (6m)	0.7	0.3	7.5	7.612118	, -72.650452	CRISTO REY
		10201	41.5			0.7	0.3	7.5	7.612498	, -72.650487	
		10202	41.5			0.7	0.3	7.5	7.612705	, -72.650527	

1T03838		10203	41.5			0.7	0.3	7.5	7.612945	, -72.650548	
		10204	41.5			0.7	0.3	7.5	7.613297	, -72.650517	
	30	10205	41.5	LED	VIA CRISTO REY (6m)	0.7	0.3	7.5	7.613580	, -72.650585	CRISTO REY
		10206	41.5			0.7	0.3	7.5	7.613855	, -72.650677	
		10207	41.5			0.7	0.3	7.5	7.614010	, -72.650970	
		10208	41.5			0.7	0.3	7.5	7.612718	, -72.649350	
		10209	41.5			0.7	0.3	7.5	7.612720	, -72.649355	
		10210	41.5			0.7	0.3	7.5	7.613080	, -72.649207	
		10211	41.5			0.7	0.3	7.5	7.613037	, -72.649223	
		10212	41.5			0.7	0.3	7.5	7.613425	, -72.649120	
		10213	41.5			0.7	0.3	7.5	7.613395	, -72.649142	
		10214	41.5			0.7	0.3	7.5	7.609363	, -72.650450	
		10215	41.5			0.7	0.3	7.5	7.609445	, -72.650682	
		10216	41.5			0.7	0.3	7.5	7.609655	, -72.650765	
		10217	41.5			0.7	0.3	7.5	7.609877	, -72.650763	
		10218	41.5			0.7	0.3	7.5	7.610233	, -72.650693	
		10219	41.5			0.7	0.3	7.5	7.610502	, -72.650705	
		10220	41.5			0.7	0.3	7.5	7.610813	, -72.650672	
		10221	41.5			0.7	0.3	7.5	7.611045	, -72.650687	

Autor

12. ANALISIS FINANCIERO DE LA MODERNIZACIÓN

Para la realización del análisis financiero se tomaron en cuenta los costos de inversión junto con los costos de mantenimiento en la instalación de nuevas luminarias, además se realizó la comparación de las ambas tecnologías para poder conocer si la factibilidad de esta mejora es beneficiosa para el municipio de Bochalema.

Es de gran importancia tener en cuenta que el diseño de iluminación del municipio de Bochalema se realizó en base a datos estadísticos y los requerimientos que presentaba el municipio.

12.1 Presupuesto de inversión inicial

Los precios establecidos en las unidades constructivas de alumbrado público, son valores estimados, dichos valores pueden variar de acuerdo a los estudios fotométricos o también por los proveedores, los valores siguientes corresponden únicamente a las zonas de estudios.

MUNICIPIO DE BOCHALEMA - RESUMEN DE INVERSION				
UCAP	UNIDAD	CANTIDAD	VR UCAP	TOTAL
PRESUPUESTO PARA MATERIALES				
LUMINARIA LED DE 41.5 W	UND	30	\$ 404.235	\$ 12.127.050
LUMINARIA LED DE 70 W	UND	8	\$ 499.000	\$ 3.994.000
POSTE DE CONCRETO 10 MTS-750KG-F	UND	22	\$ 1.207.850	\$ 26.572.700
BRAZO METALICO GALVANIZADO 1 1/2" X 1.2m CON COLLARIN 6-8" PARA ALUMBRADO PUBLICO	UND	22	\$ 101.913	\$ 2.242.086
FOTOCELDA AZUL CON BASE	UND	22	\$29.800	\$ 655.600
RED TRENZADA 2X4+4	MTS	650	\$ 8.367	\$ 5.438.550
PERCHA GALVANIZADA DE 1P	UND	22	\$ 14.927	\$ 328.394
CONECTOR DE PENETRACION DE 2-2/0	UND	44	\$11.034	\$485.496
CABLE ENCAUCHETADO # 3X14 AWG	MTS	75	\$ 8.926	\$ 642.672
CABLE Cu AISLADO THHN No. 12 NEGRO	MTS	550	\$ 3.500	\$ 1.925.000
TOTAL				\$ 55.411.548

PRESUPUESTO PARA MANO DE OBRA				
INSTALACION DE POSTES	UND	22	\$ 470.000	\$ 10.340.000
INSTALACION RED TRENZADA	MTS	650	\$ 18.000	\$ 11.700.000
INSTALACION RED SUBTERRANEA	MTS	550	\$ 22.000	\$ 12.100.000
TOTAL				\$ 34.140.000
PRESUPUESTO PARA VIATICOS Y EQUIPOS				
ALQUILER DE CARRO CANASTA 9 HORAS X 3 DIA	HORA	27	\$ 50.000	\$ 1.350.000
TRANSPORTE CAMIONETA X 3 DIAS	HORA	27	\$ 20.000	\$ 540.000
IMPREVISTOS TECNICOS	UND	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
TOTAL				\$ 2.890.000
TOTALES				\$ 90.516.548

Autor

Para la inversión inicial se tendría un gasto de \$ 90.516.548 con la posibilidad de realizar la expansión adecuada para la zona de la vía el mirador de Cristo Rey, al no realizar esta mejora en la vía, el presupuesto establecido para los materiales, disminuye de manera considerable.

12.2 Costos de operación

Para conocer los costos de operación de las luminarias se implementó la siguiente formula:

$$Q = N * PE \quad (9)$$

Q = Carga Instalada

N = Numero de luminarias

PE = Potencia eléctrica de cada luminaria

A continuación, se muestra la carga total de las luminarias en las dos tecnologías, además de la cantidad de luminarias existentes en contra de la tecnología led propuesta:

Tabla 17 Carga útil del sistema actual

SISTEMA ACTUAL			
TIPO	POTENCIA (W)	CANTIDAD	FORMULA CARGA UTIL
HPS	70	16	1120
LED	41.5	0	0
LED	70	0	0
TOTALES		16	1120

Autor

Tabla 18 Carga útil del sistema LED

SISTEMA NUEVO			
TIPO	POTENCIA (W)	CANTIDAD	FORMULA CARGA UTIL
HPS	70	0	0
LED	41.5	32	1328
LED	70	6	420
TOTALES		38	1748

Autor

De acuerdo, a la carga útil hallada en el apartado anterior se procede a hallar el consumo total de energía de cada sistema, para poder encontrar dicho valor se utilizó la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Q * Nd * Fm * Fu * 24}{1 - PR} \quad (10)$$

C = Consumo mensual

Q = Carga Instalada

Nd = Número de días al mes

Fm = Factor de mantenimiento

Fu = Factor de utilización

1-PR = Eficiencia

Tabla 19 Consumo de Energía Mensual

DATOS	HPS ACTUAL	LED CON EXPANSION	LED SIN EXPANSION
Carga Instalada	1120	1748	835
Número de días	30	30	30
Factor de mantenimiento	0.91	0.91	0.91
Factor de Utilización	0.5	0.5	0.5
Eficiencia	0.98	0.98	0.98
Consumo (KWh)	15.6	24.347	11.63

Autor

Para el año 2021 el promedio registrado por la comercializadora de energía CENS fue de: 495.842317 COP, con este valor se puede conocer cuánto es el costo mensual de consumo de energía en ambas tecnologías.

Tabla 20 Costo Mensual de energía

	POTENCIA (W)	CONSUMO (\$)
SISTEMA ACTUAL	15600	\$ 7.753.140
SISTEMA NUEVO CON EXPANSION	24347	\$ 12.072.272
SISTEMA NUEVO SIN EXPANSION	11630	\$ 5.766.646

Autor

Tabla 21 Costo de energía anual de las zonas de estudio

CONSUMO MENSUAL			CONSUMO ANUAL		
HPS	LED CON EXPANSION	LED SIN EXPANSION	HPS	LED CON EXPANSION	LED SIN EXPANSION
\$ 7.753.140	\$ 12.072.272	\$ 5.766.646	\$ 93.037.680	\$ 144.867.264	\$ 69.199.752

Autor

Como se puede observar en la tabla 21, se encuentra los costos que se deben pagar por el consumo de energía en estas zonas sufren cambios en comparación, las luminarias convencionales (HPS) al ser reemplazadas por nuevas tecnologías van a generar una diferencia económica de \$ 1.986.494, anualmente de \$ 23.838.228, cuando se realiza la expansión del municipio el incremento de consumo es considerado, porque se eleva un 36% de las luminarias convencionales.

12.3 Costo de mantenimiento

Para la realización del mantenimiento tanto preventivo como correctivo quedará a cargo de la concesión, donde está obligado a disponer de una cuadrilla; la cual está conformada por un técnico liniero, un auxiliar y el coordinador de cuadrilla, el costo del mantenimiento lo cubre en su totalidad la empresa por el periodo en que se encuentre vigente el contrato.

Para conocer el costo de AOM “administrar, operar y mantener”, según la CREG 123 del 2011 la ecuación suministrada es la siguiente: [21]

$$CAOM = \sum_{N=1}^2 [(CRTAn * (FAOM + FAOMS) * ID) - VCEEIn] \quad (11)$$

Donde:

CAOM = Costo de administración, operación y mantenimiento de la infraestructura en pesos.

N = nivel de tensión 1 o 2

CRTAn = Costo de reposición a nuevo de todos los activos del SALP del nivel de tensión n. Incluye el costo de la infraestructura entregada por el municipio y/o distrito y aquel resultado de la expansión modernización y reposición en pesos constantes del mes de prestación de la oferta por parte del prestador del servicio de alumbrado público, o del mes de actualización de precios.

FAOM = Fracción máxima del costo de reposición a nuevo CRTAn que reconoce los gastos del AOM. Su valor es de 0.103.

FAOMS = Fracción máxima del costo de reposición a nuevo CRTAn que reconoce los gastos AOM adicionales en zonas de contaminación salina. Su valor es de 0.005.

ID = Índice de indisponibilidad de las luminarias del SALP. Solo se considera la indisponibilidad de aquellas luminarias reportadas por el SIAP como prendidas cuando deben estar apagadas.

VCEEIn = Valor en pesos del consumo de energía eléctrica por indisponibilidad de luminarias en el nivel de tensión n. Solo se considera aquellas luminarias que están reportadas al SIAP como prendidas cuando deben estar apagadas.

Tabla 22 Costo del AOM

	HPS	LED
N	1	1
CARTn	\$ 1.655.380,00	\$ 7.202.490,00
FAOM	0.103	0.103
FAOMS	0.005	0.005
ID	1	1
VCEEIn	0	0
CAOM	\$ 178.782,00	\$ 777.869,00

Autor

Como se puede observar en la tabla 22 el mantenimiento mensual de la tecnología led es mucho mayor que el de tecnología convencional, pero se este nuevo sistema entrega mayor vida útil de las luminarias, el costo anual del mantenimiento tendrá una diferencia del \$ 5.547.110,00; dentro de este costo se encuentran los dos tipos de mantenimiento realizados tanto el correctivo, como el preventivo.

12.3.1 Costo de Inversión

Para conocer cuanto la remuneración del costo máximo de la actividad de inversión de un sistema de alumbrado público se aplica la siguiente expresión:

$$CINV = \sum_{n=1}^2 (CAAn * ID) \quad (12)$$

Donde:

n: Nivel de tensión 1 o 2.

CINV: Costo máximo de la Actividad de Inversión del SALP en pesos constantes.

CAAn: Costos anual equivalente de los activos del SALP del nivel de tensión n en pesos constantes.

ID: Índice de disponibilidad de las luminarias del SALP, calculado de acuerdo con el artículo 22 de la CREG 123 DEL 2011. [21]

12.4 Flujo del proyecto en pesos corrientes (COP)

12.4.1 Índice de precios del consumidor

En la tabla 23 se conocen los aumentos y disminución que posiblemente tendrá el índice en los años en los cuales va a estar vigente la concesión en el municipio de Bochalema, esto se realizó en base lo suministrado por la página oficial del DANE. [22]

El DANE nos entrega un índice anual del 3% actual, para poder hallar la aproximación de los años posteriores, se halla primero el índice mensual con la siguiente formula:

$$IPP_m \text{ ó } IPC_m = ((IPC_a + 1)^{1/12} - 1) * 100 \quad (13)$$

Después de hallados los índices mensuales, se suman los meses de cada año como se muestra en la tabla 23, cabe destacar que los cambios anuales no son tan notorios. Y se observa que la moda aritmética es del 2.71%.

Tabla 23 índice anual de precios para los consumidores

AÑO	IPC
2021	2.71%
2022	2.58%
2023	2.70%
2024	2.71%
2025	2.71%
2026	2.71%
2027	2.71%
2028	2.75%
2029	2.75%
2030	2.75%
2031	2.80%
2032	2.50%
2033	2.67%
2034	2.71%
2035	2.71%
2036	2.89%
2037	2.95%
2038	2.71%
2039	2.71%
2040	2.71%
2041	2.71%

Autor

Para poder conocer el flujo se debe tener en consideración el crecimiento de la población que se tiene anualmente en el municipio Bochalema de acuerdo al esquema de ordenamiento territorial es del 0.35%. [23]

De la tabla 24 se deduce los posibles incrementos y decrementos que puede tener el índice de precios en los productos el último dato registro ante el DANE fue el del 2021 donde se obtuvo un índice del 3.13%, y con la ecuación 12 se obtuvieron los posibles resultados.

Tabla 24 Índices de precios de productos

AÑO	IPP
2021	3.13%
2022	2.83%
2023	2.53%
2024	2.76%
2025	3.10%
2026	3.44%
2027	2.83%
2028	2.83%

2029	2.83%
2030	2.83%
2031	3.13%
2032	2.83%
2033	2.83%
2034	2.83%
2035	3.13%
2036	3.10%
2037	3.13%
2038	2.83%
2039	2.83%
2040	2.83%
2041	3.13%

Autor

En la tabla 25 se observa detalladamente los ingresos y egresos que genera la modernización del alumbrado público de las dos zonas de estudio, se logra determina que la inversión se ve reflejada o recuperada en el primer año de iniciada la concesión, esto es a causa de que el cobro de alumbrado público, es un impuesto que debe pagar cada persona que haga uso del servicio de energía eléctrica, para el año 2021 se obtuvo una recaudación municipal aproximada de \$422.506.109,00, y de la cual se generan unos egresos de \$ 61.950.556,85, obteniendo un restante de \$ 353.930.712,15. Lo cual indica que el municipio a aparte de recuperar la inversión inicial de estas zonas, es propenso a desarrollar una modernización del resto del municipio, tanto asi que puede hasta implementar tecnologías como la telegestión.

Tabla 25 Flujo financiero

0. Inversion Inicial (Inversionista - Operador)	\$ 90.51 6.548																				
ESQUEMA FINANCIERO No.1	AÑO 2021	AÑO 2022	AÑO 2023	AÑO 2024	AÑO 2025	AÑO 2026	AÑO 2027	AÑO 2028	AÑO 2029	AÑO 2030	AÑO 2031	AÑO 2032	AÑO 2033	AÑO 2034	AÑO 2035	AÑO 2036	AÑO 2037	AÑO 2038	AÑO 2039	AÑO 2040	AÑO 2041
DESCRIPCION																					
1. INGRESOS DE IMPUESTO DE ALUMBRADO PUBLICO																					
1.1 Recaudo de Impuesto de alumbrado público (Operador de Red - CENS)	\$ 422,506 ,109.00	\$ 435,487 ,590.19	\$ 448,282, 330.99	\$ 461,997, 304.77	\$ 476,178, 242.74	\$ 490,808, 797.82	\$ 505,888, 876.04	\$ 521,432, 288.99	\$ 537,662, 575.53	\$ 554,398, 051.73	\$ 571,654, 442.29	\$ 589,717, 579.36	\$ 606,576, 130.66	\$ 624,951, 414.35	\$ 644,134, 204.27	\$ 663,925, 198.71	\$ 685,503, 531.18	\$ 708,195, 925.95	\$ 729,955, 213.91	\$ 752,383, 055.00	\$ 775,499, 990.51
TOTAL INGRESO	\$ 422,506 ,109.00	\$ 435,487 ,590.19	\$ 448,282, 330.99	\$ 461,997, 304.77	\$ 476,178, 242.74	\$ 490,808, 797.82	\$ 505,888, 876.04	\$ 521,432, 288.99	\$ 537,662, 575.53	\$ 554,398, 051.73	\$ 571,654, 442.29	\$ 589,717, 579.36	\$ 606,576, 130.66	\$ 624,951, 414.35	\$ 644,134, 204.27	\$ 663,925, 198.71	\$ 685,503, 531.18	\$ 708,195, 925.95	\$ 729,955, 213.91	\$ 752,383, 055.00	\$ 775,499, 990.51
2. EGRESOS																					
2.1 Contrato suscritos con el municipio																					
2.1.1 Costo de suministro de energía eléctrica <u>CSEE</u>	\$ 52,725, 413.67	\$ 56,272, 420.59	\$ 59,136,9 35.83	\$ 62,489,1 05.00	\$ 65,472,0 93.89	\$ 68,696,8 20.91	\$ 71,759,1 72.03	\$ 74,958,9 53.65	\$ 78,058,5 95.51	\$ 81,206,3 66.88	\$ 84,360,6 21.11	\$ 87,243,7 84.18	\$ 90,508,7 73.41	\$ 93,675,0 47.06	\$ 96,802,5 50.92	\$ 100,103, 749.09	\$ 103,295, 512.55	\$ 106,185, 769.67	\$ 109,312, 570.11	\$ 112,440, 205.62	\$ 115,567, 284.41
2.1.2 Contrato de Interventoria	\$ 3,137,1 62.11	\$ 3,348,2 09.02	\$ 3,518,64 7.68	\$ 3,718,10 1.75	\$ 3,895,58 9.59	\$ 4,087,46 0.84	\$ 4,269,67 0.74	\$ 4,460,05 7.74	\$ 4,644,48 6.43	\$ 4,831,77 8.83	\$ 5,019,45 6.96	\$ 5,191,00 5.16	\$ 5,385,27 2.02	\$ 5,573,66 5.30	\$ 5,759,75 1.78	\$ 5,956,17 3.07	\$ 6,146,08 3.00	\$ 6,318,05 3.30	\$ 6,504,09 7.92	\$ 6,690,19 2.23	\$ 6,876,25 3.42
2.2 Remuneracion al inversionista																					
2.2.1 Remuneración por inversión realizada <u>CINV</u>	\$ 1,943,5 41.13	\$ 1,937,8 64.85	\$ 1,932,18 8.57	\$ 1,936,64 3.66	\$ 1,942,97 5.76	\$ 1,949,30 7.87	\$ 1,937,88 7.47	\$ 1,937,88 7.47	\$ 1,937,88 7.47	\$ 1,937,88 7.47	\$ 1,937,88 7.47	\$ 1,943,54 1.13	\$ 1,937,88 7.47	\$ 1,937,88 7.47	\$ 1,937,86 4.85	\$ 1,943,54 1.13	\$ 1,942,97 5.76	\$ 1,943,54 1.13	\$ 1,937,86 4.85	\$ 1,937,86 4.85	\$ 1,937,86 4.85
2.2.2 Remuneracion por Administración, Operación y Mantenimiento <u>CAOM</u>	\$ 777,869 .00	\$ 799,873 .36	\$ 820,090. 96	\$ 842,758. 27	\$ 868,883. 78	\$ 898,738. 62	\$ 924,172. 93	\$ 950,327. 02	\$ 977,221. 28	\$ 1,004,87 6.64	\$ 1,036,32 9.28	\$ 1,065,65 7.40	\$ 1,095,81 5.50	\$ 1,126,81 3.93	\$ 1,162,08 3.20	\$ 1,198,10 7.78	\$ 1,235,60 8.56	\$ 1,270,56 1.45	\$ 1,306,50 3.09	\$ 1,343,46 1.45	\$ 1,385,51 1.80
2.2.3 IVA a la actividad del AOM	\$ 147,795 .11	\$ 151,975 .94	\$ 155,817. 28	\$ 160,124. 07	\$ 165,087. 92	\$ 170,760. 34	\$ 175,592. 86	\$ 180,562. 13	\$ 185,672. 04	\$ 190,926. 56	\$ 196,902. 56	\$ 202,474. 91	\$ 208,204. 94	\$ 214,094. 65	\$ 220,795. 81	\$ 227,640. 48	\$ 234,765. 63	\$ 241,406. 68	\$ 248,235. 59	\$ 255,257. 68	\$ 263,247. 24
3. INVERSIONES A REALIZAR EN EL MUNICIPIO																					
3.1 Expansión Vegetativa	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

TOTAL, EGRESOS OPERACIÓN DE AP	\$ 58,731, 781.02	\$ 62,510, 343.76	\$ 65,563,6 80.33	\$ 69,146,7 32.75	\$ 72,344,6 30.93	\$ 75,803,0 88.58	\$ 79,066,4 96.01	\$ 82,487,7 88.01	\$ 85,803,8 62.73	\$ 89,171,8 36.37	\$ 92,551,1 97.37	\$ 95,646,4 62.76	\$ 99,135,9 53.34	\$ 102,527, 508.40	\$ 105,883, 046.56	\$ 109,429, 211.55	\$ 112,854, 945.50	\$ 115,959, 332.22	\$ 119,309, 271.57	\$ 122,666, 981.83	\$ 126,030, 126.030
4. OTROS EGRESOS																					
4.1 Costos de Fiducia	\$ 3,218,7 75.83	\$ 3,214,5 76.59	\$ 3,218,36 8.44	\$ 3,218,68 1.81	\$ 3,218,77 5.83	\$ 3,218,77 5.83	\$ 3,218,77 5.83	\$ 3,220,02 9.33	\$ 3,220,02 9.33	\$ 3,220,02 9.33	\$ 3,221,50 2.20	\$ 3,212,10 0.93	\$ 3,217,42 8.31	\$ 3,218,68 1.81	\$ 3,218,77 5.83	\$ 3,224,32 2.58	\$ 3,226,20 2.83	\$ 3,218,77 5.83	\$ 3,218,77 5.83	\$ 3,218,77 5.83	\$ 3,218,77 5.83
TOTAL EGRESOS	\$ 61,950, 556.85	\$ 65,724, 920.35	\$ 68,782,0 48.76	\$ 72,365,4 14.56	\$ 75,563,4 06.76	\$ 79,021,8 64.41	\$ 82,285,2 71.84	\$ 85,707,8 17.34	\$ 89,023,8 92.06	\$ 92,391,8 65.70	\$ 95,772,6 99.56	\$ 98,858,5 63.69	\$ 102,353, 381.65	\$ 105,746, 190.22	\$ 109,101, 822.39	\$ 112,653, 534.13	\$ 116,081, 148.33	\$ 119,178, 108.05	\$ 122,528, 047.40	\$ 125,885, 757.66	\$ 129,248, 937.55
SALDO DEL EJERCICIO	\$ 360,555 ,552.15	\$ 369,762 ,669.83	\$ 379,500, 282.23	\$ 389,631, 890.20	\$ 400,614, 835.97	\$ 411,786, 933.41	\$ 423,603, 604.20	\$ 435,724, 471.65	\$ 448,638, 683.47	\$ 462,006, 186.02	\$ 475,881, 742.73	\$ 490,859, 015.67	\$ 504,222, 749.02	\$ 519,205, 224.13	\$ 535,032, 381.88	\$ 551,271, 664.58	\$ 569,422, 382.85	\$ 589,017, 817.90	\$ 607,427, 166.51	\$ 626,497, 297.35	\$ 646,251, 052.96
RENDIMIENTOS FINANCIEROS		\$ 1,479,0 50.68	\$ 1,518,00 1.13	\$ 1,558,52 7.56	\$ 1,602,45 9.34	\$ 1,647,14 7.73	\$ 1,694,41 4.42	\$ 1,742,89 7.89	\$ 1,794,55 4.73	\$ 1,848,02 4.74	\$ 1,903,52 6.97	\$ 1,963,43 6.06	\$ 2,016,89 1.00	\$ 2,076,82 0.90	\$ 2,140,12 9.53	\$ 2,205,08 6.66	\$ 2,277,68 9.53	\$ 2,356,07 1.27	\$ 2,429,70 8.67	\$ 2,505,98 9.19	\$ 2,585,00 4.21
SALDO EN LA FIDUCIA	\$ 360,555 ,552.15	\$ 731,797 ,272.66	\$ 1,112,81 5,556.02	\$ 1,504,00 5,973.78	\$ 1,906,22 3,269.10	\$ 2,319,65 7,350.24	\$ 2,744,95 5,368.86	\$ 3,182,42 2,738.40	\$ 3,632,85 5,976.61	\$ 4,096,71 0,187.37	\$ 4,574,49 5,457.07	\$ 5,067,31 7,908.81	\$ 5,573,55 7,548.82	\$ 6,094,83 9,593.85	\$ 6,632,01 2,105.26	\$ 7,185,48 8,856.50	\$ 7,757,18 8,928.88	\$ 8,348,56 2,818.05	\$ 8,958,41 9,693.23	\$ 9,587,42 2,979.76	\$ 10,236,2 59,036.9 3
RESTA DEUDA DEL MUNICIPIO A CENS	\$ 6,624,8 40.00	\$ 6,624,8 40.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00	\$ 6,624,84 0.00
SALDO EN LA FIDUCIA FINAL	\$ 353,930 ,712.15	\$ 725,172 ,432.66	\$ 1,106,19 0,716.02	\$ 1,497,38 1,133.78	\$ 1,899,59 8,429.10	\$ 2,313,03 2,510.24	\$ 2,738,33 0,528.86	\$ 3,175,79 7,898.40	\$ 3,626,23 1,136.61	\$ 4,090,08 5,347.37	\$ 4,567,87 0,617.07	\$ 5,060,69 3,068.81	\$ 5,566,93 2,708.82	\$ 6,088,21 4,753.85	\$ 6,625,38 7,265.26	\$ 7,178,86 4,016.50	\$ 7,750,56 4,088.88	\$ 8,341,93 7,978.05	\$ 8,951,79 4,853.23	\$ 9,580,79 8,139.76	\$ 10,229,6 34,196.9 3

Autor

Fuente: EMSAP S.A.S

13. IMPACTO DEL PROYECTO

El impacto generado por este proyecto, involucra diversos campos como lo son el social, ambiental, económico.

En la parte social involucra un mejoramiento a la seguridad de las personas por que disminuirá los índices de robos, además mejora considerablemente los accidentes de tránsito, ayuda a la visibilidad de los ciclistas en sus recorridos nocturnos, incrementa la vida deportiva al momento de utilizar la cancha y sus alrededores.

En lo ambiental, a la eliminación adecuada de los gases contaminantes que afectan a la capa de ozono y que son generados por las bombillas de tecnología convencional, por que contiene elemento como el mercurio, que es un gran contaminante que puede afectar al ser humano

En el ámbito económico, produce ahorros energéticos, en la parte de mantenimientos, también disminución en los consumos de energía, lo que conlleva que el cobro de energía se vea afectado y disminuya.

El impacto del presente proyecto otorga soluciones como dar iluminación adecuada a la vía el mirador a Cristo Rey ya que no cuenta con ningún tipo iluminación, mejorando la seguridad de la comunidad bochalemera, igualmente sucede con el parque principal la DonJuana al cambiar las luminarias amarillas por led, mejora la visualización de la gente al momento de presentarse a eventos deportivos.

14. CONCLUSIONES

1. En el transcurso del diseño se evidencia la cantidad mínima de luxes requeridas de acuerdo al RETILAP en los escenarios deportivos es de 50lx. En las luminarias de 70w donde se obtiene un promedio mínimo de 112Lx. Por tal motivo se puede implementar luminarias de menor potencia. Así, lograr obtener un ahorro en costos de inversión.
2. Al comparar los precios de la modernización con la posible expansión, vemos que, de entrada, el costo de inversión incrementa considerablemente en relación, a solo cambiar las luminarias del parque, pero al momento de realizar la remuneración de inversión se logra obtener un resultado favorable debido a que las nuevas formas de ingreso de alumbrado público son considerables y la inversión se ve recuperar en el primer año de iniciado el contrato de licitación.
3. Al momento de realizar un proyecto de alumbrado público se debe tener en consideración cada uno de los parámetros mínimos de operación establecidos por el RETILAP para así poder ofrecer un servicio garantizado.
4. El costo de mantenimiento tanto preventivo como correctivo de las luminarias LED es más elevado que el del sistema convencional, pero se debe tener en cuenta que el nuevo sistema tiene una vida útil más larga en comparación a otras tecnologías que son afectas más periódicamente.
5. Las coordenadas geográficas establecidas para cada luminaria tienen como objetivo al momento de resolver cualquier tipo de queja presentadas por los usuarios para así poder mantener un índice de eficiencia adecuados, y no presentar pérdidas en el sistema.
6. El conductor mínimo para alumbrado público en redes subterráneas es calibre 8 AWG, pero en el presente proyecto se optó por un calibre 12 AWG, porque la corriente es considerablemente baja y el circuito va a ser exclusivo para las 16 luminarias instaladas.
7. El costo-beneficio de este proyecto está por encima de 1 lo que quiere decir es que el municipio puede invertir en otras zonas donde se carece de alumbrado público o donde siguen existiendo luminarias convencionales.
8. Los factores que afectan más el análisis financiero de un proyecto de alumbrado público son: el IPP proyectado, el IPC proyectado, el aumento de la recaudación de impuesto de alumbrado público, el incremento en el costo de energía mensual y las tasas de interés, que con llevan cambios periódicamente.

15. REFERENCIAS

- [1] H. Santos, m. Elena y g. Carlos, «estudio de prefactibilidad para la modernización del sistema de alumbrado público en el municipio de abejorral – antioquia,» 12 febrero 2021. [en línea]. Available: <https://repositorio.esumer.edu.co/handle/esumer/2591>.
- [2] V. G. J. Sebastian, «análisis y diseño del sistema optimizado de alumbrado público con tecnología led para el municipio de nemocón, departamento de cundinamarca,» 22 octubre 2018. [en línea]. Available: <https://repositorio.udistrital.edu.co/handle/11349/13844>.
- [3] P. T. Santiago, «cambio de tecnología del alumbrado público en la ciudad de tunja desde una perspectiva técnica y económica,» 03 marzo 2015. [en línea]. Available: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/17211>.
- [4] E. D. F. R. P. M. P. M. Boyes dh, «street lighting has detrimental impacts on local insect populations,» 25 agosto 2021. [en línea]. Available: <https://eprints.ncl.ac.uk/276723>.
- [5] P. P. Guerron, «análisis de eficiencia energética del alumbrado público en el sector el girón en la ciudad de quito,» 14 octubre 2014. [en línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/313344086_analisis_de_eficiencia_energetica_del_alumbrado_publico_en_el_sector_el_giron_en_la_ciudad_de_quito.
- [6] Comparalux, «magnitudes fundamentales,» 15 julio 2016. [en línea]. Available: <https://www.comparalux.es/www/apuntes/magnitudesfundamentales.php>.
- [7] J. G. Fernandez y o. Boix, «graficos y diagramas,» recursos citcea upc, 15 marzo 2018. [en línea]. Available: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/graficos.html>. [último acceso: 2 febrero 2022].
- [8] W. A. M. Machaca, «análisis y comparación del consumo de energía eléctrica por alumbrado público utilizando luminarias tipo led y luminarias convencionales en el empresa de distribuicon eléctrica electropuno s.a.a",» universidad nacional del altiplano, 15 abril 2018. [en línea]. Available: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/unap/14989/mayta_machaca_wilson_arnaldo.pdf?sequence=1&isallowed=y. [último acceso: 03 febrero 2022].
- [9] I. E. Profesional, «la eficacia y eficiencia en iluminación,» iep , 15 marzo 2019. [en línea]. Available: <https://www.iep-sa.com.ar/index.php/2018/02/01/la-eficacia-y-eficiencia-en-iluminacion/>. [último acceso: 4 febrero 2022].
- [10] E. Rojas y j. Castaño, «inspeccion electrico y de iluminacion a la institucion educativa bosques de la acuarela,» universidad tecnologica de pereria , 18 junio 2011. [en línea]. Available: <https://1library.co/article/depreciaci%C3%B3n-fuentes-luminosas-inspecci%C3%B3n-el%C3%A9ctrica-iluminaci%C3%B3n-instituci%C3%B3n-educ.zkwov38z>. [último acceso: 03 febrero 2022].
- [11] J. O. G. Marquez, «diseño luminotécnico de vías públicas y zonas deportiva del municipio de rionegro, antioquia,» universidad de antioquia, 16 octubre 2020. [en línea]. Available: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15265/1/garciajulio_2020_dise%C3%B1oluminotecnicovias.pdf. [último acceso: 03 febrero 2022].
- [12] M. D. M. Y. Energia, «decreto 2424 de 2006,» 18 julio 2006. [en línea]. Available: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewdocument.asp?id=1449077>. [último acceso: 25 mayo 2022].
- [13] M. D. M. Y. Energia, decreto 943 de 2018, bogota: diario oficial del 2018, 2018.
- [14] J. Electricos, «el alumbrado público y su papel en nuestra calidad de vida,» suministro de materiales electricos, 12 agosto 2021. [en línea]. Available: <https://jdelectricos.com.co/alumbrado-publico-lamparas/#:~:text=frecuentemente%2c%20para%20el%20alumbrado%20p%C3%ABlico,incandescente%2c%20por%20sus%20mejores%20prestaciones..> [último acceso: 03 febrero 2022].
- [15] DUMALUX, «Alumbrado Público LED: Todo lo que Debes Saber,» DUMALUX, 24 Julio 2021. [En línea]. Available: <https://dumalux.com/blog-alumbrado-publico-led-debes-saber>. [Último acceso: 03 Febrero 2022].

- [16] AHT, «Comparación de diferentes tecnologías de iluminación vial,» Efecto LED, 24 Octubre 2019. [En línea]. Available: <https://www.efectoled.com/blog/es/tecnologias-iluminacion-vial/>. [Último acceso: 05 Febrero 2022].
- [17] G. Westreicher, «mantenimiento,» economipedia, 14 diciembre 2020. [en línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/mantenimiento.html#:~:text=mantenimiento%20de%20conservaci%C3%B3n%3A%20consiste%20en,que%20se%20identifica%20el%20da%C3%B1o..> [último acceso: 05 febrero 2022].
- [18] F. Progresar, «el departamento norte de santander,» gobernacion de norte de santander, 24 julio 2021. [en línea]. Available: <http://www.funprogresar.org/abc-de-norte-de-santander.html>. [último acceso: 15 febrero 2022].
- [19] M. D. M. Y. Energía, «reglamento tecnico de iluminacion y alumbrado publico,» 30 marzo 2010. [en línea]. Available: <https://www.minenergia.gov.co/retilap>. [último acceso: 25 febrero 2022].
- [20] M. D. M. Y. Energia, norma tecnica colombiana 2050, bogota: icontec, 1998.
- [21] M. D. M. Y. Energia, «resolucion 123 del 2011,» 08 septiembre 2011. [en línea]. Available: [http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/c2081b22df5fd51e0525791e007d7ba9/\\$file/creg123-2011.pdf](http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/c2081b22df5fd51e0525791e007d7ba9/$file/creg123-2011.pdf).
- [22] Dane, «indice de precios al consumidor,» dane, 12 junio 2022. [en línea]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/precios-y-costos/indice-de-precios-al-consumidor-ipc>. [último acceso: 2022 12 2022].
- [23] A. D. Bochalem, «esquema de ordenamiento territorial,» alcaldia de bochalema, 20 marzo 2020. [en línea]. Available: <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/123456789/10700/5392-2.pdf?sequence=2&isawed=y>. [último acceso: 12 junio 2022].

16. ANEXOS

16.1 Anexo 1. Guía de instalación y mantenimiento de luminarias MicroLed SMD

GUÍA DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO MICROLED



ICMA0BV_4_1

DESCRIPCIÓN

En esta guía se describen los procedimientos que se deben seguir para realizar la instalación y el mantenimiento de la luminaria MicroLed para alumbrado público.



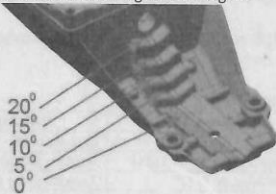
Procedimiento de instalación

El tubo donde se desea instalar la luminaria debe tener un diámetro desde 1.00" (33.4 mm de diámetro exterior) hasta 2.0" (60.30mm de diámetro exterior).

- Retirar los tornillos antes de insertar el brazo. Afloje los dos tornillos de 3/8" e inserte el tubo en el soporte de la luminaria.
- Apretar los dos tornillos con un torque de 15 N-m para asegurar la luminaria.
- Verificar que la luminaria quede paralela al piso.

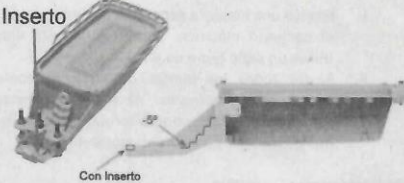
Ajustar un ángulo en brazo

- Para la instalación en brazo la luminaria cuenta con un mecanismo que permite un ángulo de inclinación de 0°, +5°, +10°, +15° y +20°, para realizar dicho ajuste apoye el brazo en el escalón que corresponda con el ángulo deseado tomando como referencia la siguiente imagen:



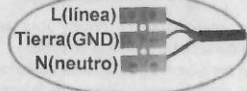
- Para el modelo de luminaria que tiene inserto la instalación en brazo permite ajustar un ángulo desde -5° hasta +15° en paso de 5°

Inserto



Con Inserto

- Esta luminaria es apta para shorting cap o sistemas de telegestión que cumplen con las normas ANSI C136.41 (7 pines). Para instalar el Shorting cap o sistema de telegestión en la luminaria se deberá de conectar en los pines correspondientes, hacer presión hacia abajo y girar en sentido de las manecillas del reloj.
- Realizar el conexionado del cable teniendo en cuenta la siguiente distribución eléctrica. Una vez realizado el empalme se recomienda cubrir la bornera y los cables con cinta aislante o caja hermética.



L(línea)
Tierra(GND)
N(neutro)

Posibles puntos de falla y periodos de mantenimiento

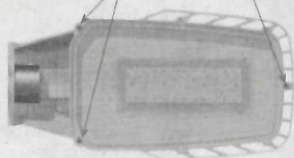
Los periodos de mantenimiento de la luminaria varían dependiendo de las condiciones ambientales (polución, ambiente salino, etc...) del sitio de instalación, se recomienda realizar el procedimiento de mantenimiento preventivo por lo menos una vez al año. Para reemplazar el driver se debe realizar el procedimiento descrito en el ítem "Mantenimiento correctivo".

- Verificar que la luminaria quede correctamente conectada a la red eléctrica de acuerdo a la distribución que se mostró en el paso (E).
- Verificar que el voltaje de alimentación de la red eléctrica está en el rango especificado en la etiqueta de la luminaria

Mantenimiento Preventivo

- Realizar limpieza sobre el lente de la luminaria de forma periódica con un paño blando y húmedo en agua.
- Verificar que en el sitio de instalación no haya equipos o máquinas eléctricas que puedan generar calor y afecte de manera directa o indirecta las luminarias.
- Desenergizar la luminaria.
- Retirar los 3 tornillos de 3/16" que aseguran la tapa.

Tornillos



Autopista Medellín – Bogotá, km 26 (PIC) Guarne (Sede Principal, Antioquia) • www.celsa.com.co • Conmutador: (574)-3755500

1

GUÍA DE INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO MICROLED



- J. Realice una limpieza general del recinto que alberga el conjunto eléctrico, para realizar esta limpieza utilice un paño húmedo en agua.
- K. Revise todos los puntos de contacto como los conectores y borneras. Al finalizar apretar los tornillos de la tapa con un torque de 4.5 N-m para que cierre bien y asegurar la hermeticidad.

Mantenimiento Correctivo

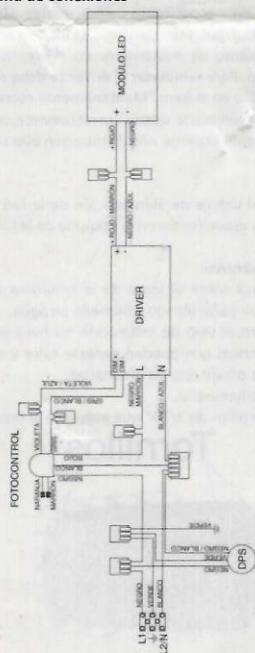
En campo es posible reemplazar el Driver y shorting cap o sistemas de telegestión. Los módulos de LED sólo pueden ser reemplazados en fábrica.

- L. Para retirar el para shorting cap o sistemas de telegestión, gírelo en sentido contrario a las manecillas del reloj y retírelo.



- M. Para reemplazar el driver abra la tapa de la luminaria como se indica en el paso I.
- N. Usar el siguiente diagrama de conexiones como guía para realizar el conexionado de la luminaria.

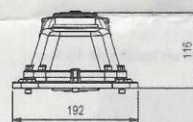
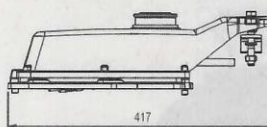
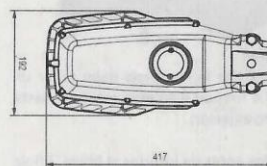
Diagrama de conexiones



- O. Para empalmar o soltar abra la (o las) palanca(s) hasta que quede en posición vertical e inserte o retire el (o los) cable(s) o alambre(s) luego gire la palanca nuevamente para cerrar, verifique que quede en posición horizontal.



Dimensiones y peso



Dimensiones y peso

Ancho	192 mm
Largo	417 mm
Alto	116 mm
Peso	3kg

- P. Aflojar los tornillos de la bandeja para retirar el Driver. Repita los pasos descritos en este procedimiento de forma inversa para instalar el Driver y/o el fotocontrol. Se debe apretar muy bien los tornillos de la tapa para asegurar la hermeticidad de la luminaria.

Nota: Consultar con el fabricante las referencias exactas de las partes, antes de hacer un reemplazo.

LISTA DE HERRAMIENTAS

PASO	DESCRIPCIÓN	UTILIZADO EN
A,B	Llave boca fija 9/16"	Soporte brazo
E	Destornillador Plano 1/8X4"	Bornera de conexión.
I	Llave Allen de 5/32"	Tapa conjunto eléctrico
P	Destornillador Philips 1/4"X4	Bandeja Driver

NOTA: CELSA Se reserva el derecho de alterar cualquier información contenida en el presente documento sin previo aviso.

16.3 Anexo 3. Colores falsos de iluminación del parque la DonJuana

