



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Análisis de la viabilidad técnico –
económica de la modernización de los
sistemas de alumbrado público en
Colombia.**

Pedro José Teherán Teherán

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Manizales, Colombia.
2020.

Análisis de la viabilidad técnico – económica de la modernización de los sistemas de alumbrado público en Colombia.

Pedro José Teherán Teherán

Trabajo final presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magíster en Ingeniería, Ingeniería eléctrica

Directora:
PhD. Sandra Ximena Carvajal Quintero

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Manizales, Colombia.

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Analysis of the technical-economic
feasibility of the modernization of public
lighting systems in Colombia.**

Pedro José Teherán Teherán

Universidad Nacional de Colombia
Faculty of Engineering and Architecture
Manizales, Colombia.
2020.

Agradecimientos

Quisiera expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que me han colaborado y apoyado en la construcción y elaboración de este documento.

Gracias a mi directoria de tesis, la Profesora Ph.D. Sandra Carvajal Quintero por su dedicación, apoyo incondicional y motivación que ha aportado para la culminación de este trabajo.

Una reminiscencia emocionante para mi novia Daniela Zea de la que siempre he recibido palabras de ánimo y perseverancia, sin su apoyo hubiera sido imposible seguir adelante.

Y para finalizar, una memoria agradecida para mi familia, en especial para mis padres, Pedro Teherán y Herminia Teherán, que me enseñaron el valor del esfuerzo, la disciplina del trabajo y la tenacidad para enfrentar los problemas, a ellos les dedico este título de Posgrado.

RESUMEN

En este documento se realiza un análisis de viabilidad técnico-económica que inicia con la contextualización de las condiciones de operación de los sistemas de alumbrado público SALP en Colombia. De dicha contextualización se caracteriza un municipio típico en términos de alumbrado público y se avala la viabilidad técnica de modernizar su parque lumínico, teniendo en cuenta la normatividad vigente y fomentado el uso racional y eficiente de energía eléctrica. Paralelamente a partir de la propuesta técnica de modernización se analiza el costo máximo a remunerar al operador del SALP por las actividades de Inversión, Administración, Operación y Mantenimiento. Para finalmente establecer la inviabilidad económica de modernizar el SALP en el Municipio escogido, teniendo en cuenta los costos anteriores analizados en el flujo financiero modelado y el esquema de prestación de servicio propuesto.

Palabras clave: Administración, demanda energética, eficiencia energética, Flujo Financiero, Inversión, Mantenimiento, Modernización, Operación, Sistema de alumbrado público.

Abstract

In this document, an analysis of technical-economic viability is carried out that begins with the contextualization of the operating conditions of the SALP public lighting systems in Colombia. This contextualization characterizes a typical municipality in terms of public lighting and endorses the technical feasibility of modernizing its light park, taking into account current regulations and promoting the rational and efficient use of electrical energy. In parallel with the technical modernization proposal, the maximum cost to remunerate the SALP operator for the Investment, Administration, Operation and Maintenance activities is analyzed. To finally establish the economic infeasibility of modernizing the SALP in the chosen Municipality, taking into account the previous costs analyzed in the modeled financial flow and the proposed service provision scheme.

Keywords: Administration, energy demand, energy efficiency, Financial Flow, Investment, Maintenance, Modernization, Operation, Public lighting system.

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Objetivos de la tesis	18
1.1.1. Objetivo general	18
1.1.2. Objetivos específicos	18
1.2. Estructura del documento	19
2. MARCO GENERAL DE SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	20
2.1. Marco Técnico	20
2.2. Marco Social.	21
2.3. Marco Normativo.....	21
2.4. Experiencias Internacionales en modernización de SALP.	26
2.4.1. México	26
2.4.2. Argentina	27
2.5. Análisis de las debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas DOFA de la regulación colombiana en términos de alumbrado público.	28
2.5.1. Estrategias matriz DOFA	31
2.5.1.1. Estrategia FO (Fortaleza – Oportunidad).....	31
2.5.1.2. Estrategia DO (Debilidad – Oportunidad).....	31
2.5.1.3. Estrategia FA (Fortaleza – Amenaza).....	32
2.5.1.4. Estrategia DA (Debilidad – Amenaza).....	32
3. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE MODERNIZAR UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN MUNICIPIO TÍPICO DE COLOMBIA.....	34
3.1. Caracterización del municipio típico	34
3.2. Selección de municipio típico: Pitalito, Huila.....	38
3.2.1. Marco regulatorio municipal sobre alumbrado público.	39
3.2.2. Facturación y recaudo del impuesto de alumbrado público en el Municipio de Pitalito.	41

3.2.3. Diagnóstico y Situación actual de la infraestructura y del servicio de alumbrado público en el Municipio de Pitalito.	43
3.2.4. Análisis y clasificación vial en el Municipio de Pitalito.....	47
3.2.4.1. Identificación tipos de vía	47
3.2.5. Requisitos de iluminación mínimos para vías vehiculares	50
3.2.5.1. Medición Fotométrica	51
3.3. Propuesta de iluminación pública con diodos emisores de luz o LED	56
3.3.1. Luminarias LED tipo alumbrado público.....	57
3.3.2. Beneficios de las luminarias LED tipo alumbrado público	58
3.3.3. Criterios de selección de luminaria LED para SALP.....	59
3.3.4. Esquema de mantenimiento.....	62
3.3.5. Presentación Software de Iluminación.....	68
3.3.6. Diseño lumínico para vías Municipio de Pitalito.....	69
3.3.7. Análisis técnico de la migración de tecnología de alumbrado público en Pitalito Huila.....	74
4. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE MODERNIZAR UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN MUNICIPIO TIPICO DE COLOMBIA.....	76
4.1. Fórmula general de costos máximos para remunerar a los prestadores del servicio y el uso de los activos vinculados al servicio de alumbrado público – CREG 123 de 2011.	79
4.1.1. Costo por el suministro de energía eléctrica destinada al servicio de alumbrado público.....	80
4.1.2. Costo máximo de la actividad de inversión del sistema de alumbrado público calculado en el Municipio de Pitalito.	81
4.1.3. Costo anual equivalente de los activos del sistema de alumbrado público calculado en el Municipio de Pitalito.....	81
4.1.3.1. Índice de disponibilidad de la infraestructura instalada.....	84
4.1.3.2. Modelado financiero: Costo máximo de la actividad de inversión	85
4.1.4. Costo máximo de la actividad de AOM del sistema de alumbrado público calculado en el Municipio de Pitalito.....	88

4.1.4.1. Valor del consumo de energía eléctrica por indisponibilidad de luminarias.	89
4.1.4.2. Modelado financiero: costo máximo de la actividad de AOM 90	
4.2. Alternativas de prestación del servicio de alumbrado público en el Municipio de Pitalito.....	94
4.3. Flujo financiero del proyecto	97
4.4. Análisis económico de la migración de tecnología de alumbrado público en Pitalito Huila.	98
5. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS.....	99
5.1. Conclusiones generales.....	99
5.2. Desarrollos Futuros.....	103
5.3. Discusión académica	104
6. ANEXOS	105
6.1. Anexo 01: Mediciones en campo Municipio de Pitalito.....	105
6.2. Anexo 02: Diseños lumínicos vías Pitalito.....	114
6.3. Anexo 03: Costos de Montaje de Luminaria	185
6.4. Anexo 04: Costo Máximos de la Actividad de Inversión del Sistema de Alumbrado Público	187
6.5. Anexo 05: Costo Montaje UCAP	189
6.6. Anexo 06: Costo Máximo de la Actividad de Administración, Operación y Mantenimiento del Sistema de Alumbrado Público.	191
6.7. Anexo 07: Flujo Financiero	193
7. REFERENCIAS.....	207

Índice de Tablas

Tabla 1 Desarrollo Marco normativo Alumbrado Público de Colombia. Fuente: Elaboración propia	24
Tabla 2 Análisis de las debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas DOFA de la regulación colombiana en términos de alumbrado público. Fuente: Elaboración propia.	34
Tabla 3 Variables incluidas en cada componente. Fuente: Adaptación Tabla 3. Variables incluidas en cada componente. Tipologías Departamentales y Municipales: una propuesta para comprender las entidades territoriales colombianas Departamento Nacional de Planeación [48].	36
Tabla 4 Tipologías municipales. Fuente: Adaptación Tabla 6. Tipologías Municipales, Tipologías Departamentales y Municipales: una propuesta para comprender las entidades territoriales colombianas. Departamento Nacional de Planeación [48].....	36
Tabla 5 Tarifa contribuyentes sector urbano. Fuente: Capítulo IX. Acuerdo Municipal de Pitalito 033 de 2015.	39
Tabla 6 Tarifa contribuyentes centros poblados. Fuente: Capítulo IX. Acuerdo Municipal de Pitalito 033 de 2015	40
Tabla 7 Tarifa contribuyentes sector rural. Fuente: Capítulo IX. Acuerdo Municipal de Pitalito 033 de 2015.	40
Tabla 8 Impuesto de A.P. en la vigencia 2018. Fuente: Elaboración propia ..	42
Tabla 9 Relación de luminarias de A.P. vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia.....	43
Tabla 10 Relación de luminarias conectadas a redes eléctricas exclusivas o domiciliarias. Fuente: Elaboración propia	44
Tabla 11 Cuadro de Carga de alumbrado Público de Pitalito Vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia	45
Tabla 12 Clases de iluminación para vías vehiculares. Fuente: Adaptación Tabla 510.3.1. Art.510.3.1 Clases de iluminación según las características de las vías. RETILAP [9].....	48
Tabla 13 Tipos de vías Municipio de Pitalito. Fuente: Elaboración propia	48
Tabla 14 Clases de iluminación vías peatonales. Fuente: Adaptación Tabla 510.3.2. Art.510.3.1 Clases de iluminación según las características de las vías. RETILAP [9].....	49

Tabla 15 Valor promedio de iluminación. Fuente: Tabla 510.4.1.B) Art.510.4.1 Clases de iluminación para vías vehiculares. RETILAP [9].	50
Tabla 16 Designación aproximada de superficies en las clases típicas. Fuente: Adaptación Tabla 535.2 b. Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público [9].	51
Tabla 17 Mediciones por tipos de vías. Fuente: Adaptación Tabla 540.3 Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP [9].	52
Tabla 18 Datos obtenidos en campo de iluminación de vías principales en Pitalito Vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia.	55
Tabla 19 Valor promedio de iluminancia existente en Pitalito. Fuente: Elaboración propia.	55
Tabla 20 Criterios de Selección de luminaria LED de 50W a 55W. Fuente: Elaboración propia.	60
Tabla 21 Criterios de Selección de luminaria LED de 120W. Fuente: Elaboración propia.	61
Tabla 22 Clasificación de los niveles de contaminación. Fuente: Adaptación Tabla 580.2.3 b - Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP [9].	64
Tabla 23 Periodos máximos para realizar limpieza del conjunto óptico de luminarias. Fuente: Adaptación Tabla 580.2.3 C- Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público [9].	65
Tabla 24 Factores de ensuciamiento de las Luminarias, Según el nivel de polución, índice de hermeticidad y el período de limpieza utilizado. Fuente: Adaptación Tabla 580.2.3 e. - Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público [9].	66
Tabla 25 Factores de ensuciamiento para la propuesta lumínica en el Municipio de Pitalito, Fuente: Elaboración propia	67
Tabla 26 Factores de Mantenimiento para propuesta lumínica en el Municipio de Pitalito, Fuente: Elaboración propia.	68
Tabla 27 Niveles de Iluminación con Iluminación LED para el Municipio de Pitalito, Fuente: Elaboración propia.	73
Tabla 28 Cuadro de Carga de alumbrado Público con iluminación LED para el Municipio de Pitalito, Fuente: Elaboración propia.	74
Tabla 29 Estimación costo Unidad Constructiva Luminaria SALP. Fuente: Elaboración propia.	86
Tabla 30 Estimación costo Financiero Luminaria SALP. Fuente: Elaboración propia.	86

Tabla 31 Inversión para modernización parque lumínico del SALP Pitalito Huila. Fuente: Elaboración propia.	87
Tabla 32 Transformadores pertenecientes al SALP Pitalito Huila Vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia.	90
Tabla 33 Postes y mástiles pertenecientes al SALP Pitalito Huila Vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia.	90
Tabla 34 Redes de alumbrado público Pitalito Huila Vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia.	90
Tabla 35 Sistema de medición perteneciente al SALP Pitalito Huila Vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia.	91
Tabla 36 Estimación costo Unidad Constructiva SALP. Fuente: Elaboración propia.....	91
Tabla 37 Estimación costo Financiero Unidades Constructivas SALP. Fuente: Elaboración propia.	92
Tabla 38 Esquemas de prestación del Servicio de Alumbrado Público. Fuente: Adaptación Tabla No. 1.3. DOCUMENTO CREG-002 [61].....	94
Tabla 39 Ventajas y Desventajas de los Esquemas de prestación del Servicio de Alumbrado Público en Colombia. Fuente: Adaptación INFORME FINAL CONTRATO 382 DE 2016. Pág. 38-43 [51].....	96
Tabla 40 Parámetros de entrada para flujo financiero. Fuente: Elaboración Propia.....	97

Índice de figuras

Figura 1 Composición del parque luminarias por tecnología. Fuente: Evaluación de operaciones de la Política de prestación de servicio de alumbrado público. Departamento Nacional de Planeación. 2017.	16
Figura 2 Tipologías municipales. Fuente: Tipologías Departamentales y Municipales: una propuesta para comprender las entidades territoriales colombianas. Departamento Nacional de Planeación [48].	37
Figura 3 Composición de luminarias – Por entorno de desarrollo. Fuente: Evaluación de operaciones de la Política de prestación de servicio de alumbrado público. Departamento Nacional de Planeación. 2017 [4].	38
Figura 4 Relación de luminarias de A.P. vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia.....	43
Figura 5 Método de los nueve puntos. Fuente: Figura 530.1.b) Cálculo de la iluminancia promedio método europeo de los 9 puntos. RETILAP	53
Figura 6 Ubicación de los nueve puntos según disposición de las luminarias. Fuente: Figura 530.1.c) Selección de los 9 puntos según disposición de las luminarias. RETILAP [9].....	54
Figura 7 Luminaria LED tipo alumbrado público. Fuente: Forjas Lighting & Urban Equipment.....	57
Figura 8 Luminaria PHILIPS Luma BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 de 53W. Fuente: Philips.....	61
Figura 9 Luminaria Philips LUMA BGP625 T25 DW10 LED160 de 120W. Fuente: Philips.....	62
Figura 10 Interfaz de diseño Lumínico para vías. Fuente: Software DiaLux ...	68
Figura 11 Resultados lumínicos en colores falso y ubicación de luminarias del diseño de iluminación vial. Fuente: Software DiaLux	69
Figura 12 Remuneración del Servicio de Alumbrado Público. Fuente: Adaptación CREG 123 de 2011 [34]	77
Figura 13 Carrera 5ta Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View....	106
Figura 14 Carrera 4ta Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View....	107
Figura 15 Carrera 3ta Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View....	108
Figura 16 Carrera 2da Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View ...	109
Figura 17 Carrera 1era Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View..	110
Figura 18 Calle 10 Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View	111

Figura 19 Av. Circunvalar Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View 112

Figura 20 Av. Pastrana Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View .. 113

Lista de símbolos y abreviaturas

Abreviatura	Término
SALP	Sistema de Alumbrado Público
CREG	Comisión Reguladora de Energía y Gas
RETILAP	Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
DSEPP	Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas
DNP	Departamento Nacional de Planeación
DIES	Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible
LED	Light-Emitting Diode
INEA	Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas
URE	Uso Racional de Energía
AOM	Administración, Operación y Mantenimiento
DOFA	Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas
MMyE	Ministerio de Minas y Energías
NTC	Norma Técnica Colombiana
PLAE	Plan Alumbrado Eficiente
NOM	Norma Oficial Mexicana
UCAP	Unidad Constructiva de Alumbrado Público

1. INTRODUCCIÓN

El alumbrado público es el servicio público no domiciliario que se presta con el objeto de proporcionar exclusivamente la iluminación de los bienes de uso público y demás espacios de libre circulación con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o Distrito. El servicio de alumbrado público comprende las actividades de suministro de energía al sistema de alumbrado público, la administración, la operación, el mantenimiento, la modernización, la reposición y la expansión del sistema de alumbrado público [1].

En Colombia, dicho servicio tiene origen legal en la Ley 97 de 1913, en virtud de la cual el legislador, en ejercicio de su facultad constitucional, autorizó al Distrito Capital de Bogotá para establecer un impuesto “sobre el servicio de alumbrado público”, organizar su cobro y darle el destino más conveniente para atender los servicios municipales. La facultad conferida al Concejo de Bogotá por la Ley 97 de 1913 fue extendida por la Ley 84 de 1915 a las demás entidades territoriales del nivel municipal. Esta normativa constituye el marco de la facultad impositiva de los municipios para establecer el impuesto de alumbrado público, la cual determinó los sujetos activos, algunos sujetos pasivos y los hechos gravables, dejando a los concejos municipales la determinación de los demás elementos del tributo, facultad que se encuentra conforme con los artículos 313-4 y 338 de la Constitución Política [2].

A partir de lo anterior, son los municipios o distritos los encargados de la administración, operación, mantenimiento, inversión, expansión y desarrollo tecnológico asociado a los sistemas de alumbrado público, por lo tanto, todos los contratos relacionados con dicha prestación, se regirán por las disposiciones contenidas en el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública y demás normas que lo modifiquen, adicionen o complementen, según reza el artículo 29 de la Ley 1150 de 2007 [3].

Considerando lo anterior, la Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas -DSEPP- del Departamento Nacional de Planeación DNP, en coordinación con la Dirección de Infraestructura y Energía Sostenible –DIES- del DNP y el apoyo de la CREG, realizó en el año 2017 un estudio técnico del diagnóstico de la actual política en materia de la prestación del servicio de alumbrado público a nivel nacional, con el fin de establecer las recomendaciones orientadas a generar lineamientos de política que permitan la estandarización del mismo, teniendo en cuenta las diferencias que pueden existir entre los municipios de diferentes categorías y entornos de desarrollo [4].

Del estudio en mención, se evidencia que, la tecnología que más utilizan los municipios es la de Sodio con el 85,1% del total de luminarias, seguida por la tecnología de Haluro Metálico (o halogenuro) con el 7,1% del total de luminarias. La tecnología LED tiene una participación del 3,7% de las luminarias y las luminarias de mercurio tienen una participación del 0,19% del total de los inventarios [4]. (Ver Figura 1).

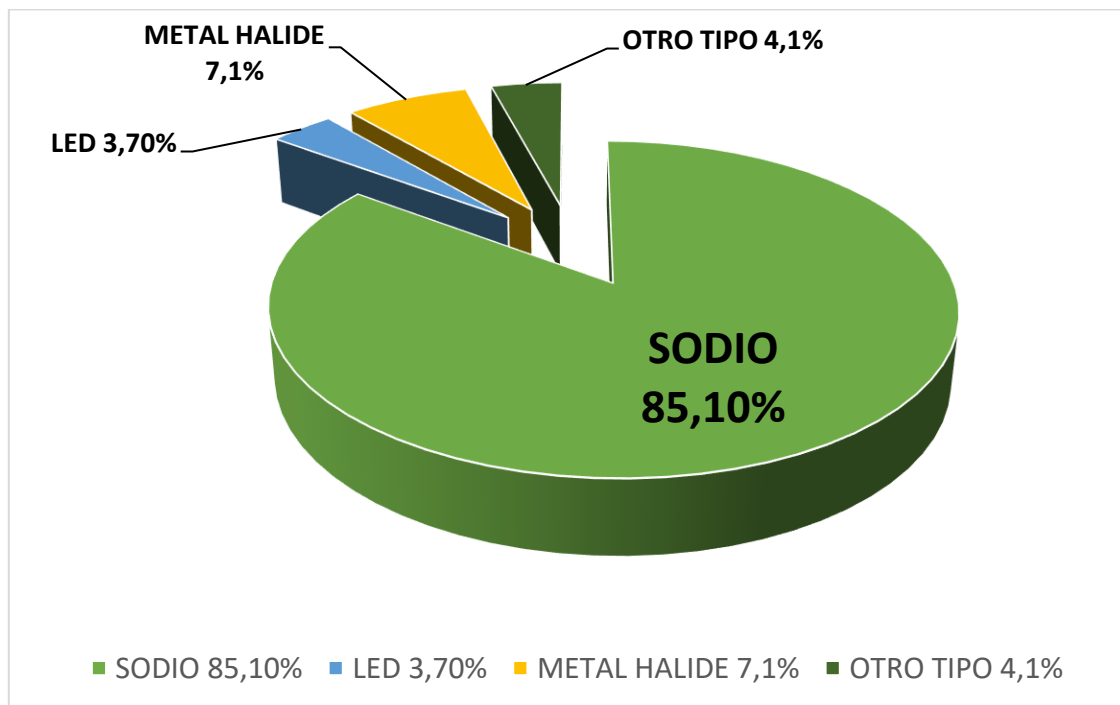


Figura 1 Composición del parque luminarias por tecnología. Fuente: Evaluación de operaciones de la Política de prestación de servicio de alumbrado público. Departamento Nacional de Planeación. 2017.

Dichas luminarias de sodio son las más utilizadas actualmente en el país en virtud a la directiva nacional “PLAN DE REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ALUMBRADO PÚBLICO” de marzo 1995 del Ministerio de Minas y Energía y el Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA-, donde se estipula que las bombillas incandescentes y de mercurio producen menos luz por cada unidad de energía consumida en relación con la bombillas de sodio de baja presión, por lo que se fijó como propósito el 30 de Junio de 1998, sustituir el 100% de este tipo de bombillas, por las nuevas bombillas de sodio [5].

De otro modo, de conformidad a la Ley 697 de 2001 se declaró, el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales [6].

Por lo anterior, los procesos asociados a los sistemas de alumbrado público SALP, deberán garantizar los conceptos de uso racional y eficiente de energía establecidos en la Ley 697 de 2001 y en el numeral 210.3.3 del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP. Con lo cual, el presente trabajo tiene contemplado dentro de sus alcances proponer la alternativa tecnológica de diodos emisores de luz o LED (Light Emitting Diode), como eje técnico para la modernización del parque lumínico del SALP de un municipio típico en Colombia.

Cabe resaltar, que la iluminación LED es tendencia a nivel mundial para lograr el uso racional y eficiente de energía en el sistema de Alumbrado Público, debido a los múltiples beneficios que tiene asociados esta tecnología[7]. Dentro de los cuales se destaca el alto rendimiento desde el punto de vista del ahorro energético eliminando costos de mantenimiento y ofreciendo un sistema duradero en el tiempo, lo cual ha convertido la tecnología LED en uno de los motores tecnológicos más competitivos y con mayor proyección de futuro en el sector de la iluminación. De esta manera, la eficiencia energética

se concibe como una metodología para el análisis y tratamiento de los problemas del creciente consumo [8].

Finalmente, para este trabajo se caracterizará un municipio de típico en términos de SALP; dicho municipio será objeto de análisis a partir de la inclusión de criterios tecnoeconómicos para modernizar su SALP y determinar su viabilidad, con lo cual dentro de los alcances del análisis técnico para la modernización se propondrá la alternativa tecnológica de diodos emisores de luz o LED (Light Emitting Diode), cumpliendo la normatividad vigente y fomentando el uso racional de la energía, así mismo, se tendrá en cuenta el cálculo de los costos máximos de remuneración por Administración, Operación, Mantenimiento (AOM) y Retorno de la Inversión de dicha modernización.

1.1. Objetivos de la tesis

1.1.1. Objetivo general

Analizar la viabilidad técnico – económica de modernizar el sistema de alumbrado público en un municipio típico de Colombia a partir de la inclusión de criterios de eficiencia energética y económicos.

1.1.2. Objetivos específicos

- Analizar las condiciones actuales del sistema de alumbrado público de un municipio típico de Colombia, con el fin de proponer la alternativa tecnológica de diodos emisores de luz o LED (Light Emitting Diode, para la modernización de la infraestructura, a partir del cumplimiento de la normatividad vigente y el uso eficiente de la energía eléctrica.

- Analizar los costos máximos de retorno de la Inversión de la modernización y la remuneración por Administración, Operación y Mantenimiento (AOM), a partir de la propuesta técnica de modernización del alumbrado público en un municipio típico de Colombia

1.2. Estructura del documento

El presente documento está separado en cinco capítulos, en la primera parte se presenta la parte introductoria y antecedentes del problema a desarrollar, en los siguientes tres capítulos se presenta el desarrollo de cada uno de los objetivos específicos y en la parte final se realizan las conclusiones generales del trabajo, de la siguiente forma:

Capítulo 1: Introducción al termino de alumbrado público en Colombia e identificación del problema.

Capítulo 2: Contextualización de las condiciones de operación de los sistemas de alumbrado público en Colombia.

Capítulo 3: Caracterización de un municipio de típico en Colombia en términos de sistemas de alumbrado público y análisis de la viabilidad técnica de modernizar su SALP.

Capítulo 4: Análisis de la viabilidad económica de modernizar el SALP en el municipio típico escogido, considerando los costos máximos de retorno de la Inversión de la modernización y la remuneración por AOM.

Capítulo 5: Conclusiones y trabajos futuros.

2. MARCO GENERAL DE SISTEMAS DE ALUMBRADO PÚBLICO

Con el fin de contextualizar las condiciones de operación de los sistemas de alumbrado público en el país, se presentan a continuación, algunos conceptos fundamentales de la temática para posteriormente describir algunos casos internacionales de modernización del SALP y analizar la regulación actual de Colombia mediante una matriz de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas DOFA.

2.1. Marco Técnico

En relación al área técnica, el Ministerio de Minas y Energía, mediante la resolución 181331 de agosto 6 de 2009, expidió el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, RETILAP, que posteriormente se modificó en las resoluciones 180265, 180540, 181568 y 182544 de 2010, la resolución 91872 de 2012, la resolución 90980 de 2013 y la resolución 40122 de 2016 [9]. Dicho reglamento establece las reglas generales para garantizar que las instalaciones de alumbrado interior y exterior y dentro de estos últimos el alumbrado público, gocen de niveles de iluminación óptimos para ofrecer seguridad y confort, además de un aprovechamiento adecuado de la energía en conformidad con el URE de la Ley 697 de 2001. Adicionalmente, establece los requisitos mínimos que deben cumplir los productos empleados en las instalaciones de iluminación.

Es importante anotar que el RETILAP surgió de la motivación de unificar múltiples normas usadas en Colombia en materia de iluminación, así como una mejora de la NTC 900 de tal manera que toda instalación de iluminación realizada en Colombia se rigiera bajo este reglamento [7].

2.2. Marco Social.

Actualmente, la iluminación pública es vital para el desarrollo y planificación de las ciudades modernas. Una mejor iluminación reduce la inseguridad y los accidentes de tránsito y embellece edificios y monumentos importantes [10].

Este componente social, asociado al efecto positivo que tiene en la seguridad de los ciudadanos, no se considera en muchos casos en la evaluación económica de un proyecto de alumbrado público por la dificultad que representa su cuantificación. Sin embargo, la sola evaluación de impacto que tiene en factores como el área iluminada respecto del costo del equipamiento y el consumo de electricidad justifican su adopción. En el caso de ciudades y comunidades previamente iluminadas, el cambio de sistemas de iluminación más eficientes se justifica fundamentalmente por el ahorro en el consumo de energía de las nuevas luminarias [11].

Por lo tanto, la prestación del servicio de alumbrado público constituye en un indicador de desarrollo del Municipio con un gran impacto social favorable, puesto que implica un sin número de beneficios dentro de los cuales se puede mencionar, el desarrollo, el confort, bienestar, la confiabilidad, la estética, el embellecimiento urbano, la seguridad, la prevención hurtos, delitos, y accidentes [12].

2.3. Marco Normativo.

En relación al marco normativo que regula la prestación del servicio de alumbrado público en Colombia, se describe a continuación en la Tabla. No 01 el desarrollo regulatorio que ha tenido dicho servicio en el transcurrir del tiempo, analizando de igual manera, las normas que promueven el URE y la sostenibilidad económica de los SALP en el país.

MARCO NORMATIVO DEL SERVICIO ALUMBRADO PÚBLICO EN COLOMBIA	
LEYES	
Ley 97 de 1913 [13]	Asigna la facultad para crear un impuesto sobre el alumbrado público para Bogotá [13].
Ley 84 de 1915 [14]	Amplia la facultad asignada a Bogotá para todos los municipios del país [14].
Ley 142 de 1994 [15]	Establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios [15].
Ley 136 de 1994 [16]	Establece en el numeral 1 del artículo 3 que le corresponde al municipio prestar los servicios públicos que determine la ley [16].
Ley 697 de 2001 [6]	Fomenta el uso racional y eficiente de la Energía URE, en todos los aspectos de la economía nacional [6].
Ley 1150 de 2007 [17]	Art. 29 reglamenta el contrato de concesión de alumbrado público [17].
Ley 1819 de 2016 [18]	Art. 351 se establece el límite del impuesto sobre el servicio de alumbrado público [18]
DIRECTIVAS NACIONALES	
D.N. del 31 de marzo de 1995 [5]	Plan de reducción de consumo de energía eléctrica en alumbrado público [5].
DECRETOS	
Decreto 2424 de 2006 [1]	Reglamenta la prestación del servicio de alumbrado público [1].
Decreto 943 de 2018 [19]	Se modifica y adiciona la Sección 1, Capítulo 6 del Título III del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, relacionado con la prestación del servicio de alumbrado público [19].
NORMAS TÉCNICAS COLOMBIANAS	
NTC 900 [20]	REGLAS GENERALES Y ESPECIFICACIONES PARA EL ALUMBRADO PÚBLICO [20].
RESOLUCIONES	
Ministerio de Minas y Energía R. 181331 de 2009 [9]	Se expide el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, RETILAP [9].
Ministerio de Minas y Energía R. 180265 de 2010 [21].	Modifica Resolución MMyE. 181331 de 2009 y se aplaza la entrada en vigencia del reglamento hasta el 1º de abril de 2010 [21].

Ministerio de Minas y Energía R. 180540 de 2010 [22]	Modifica Resolución MMyE. 181331 de 2009 y se aclara el ANEXO GENERAL DEL RETILAP y se establecieron requisitos de eficacia mínima y vida útil de fuentes lumínicas, además de otras disposiciones transitorias para facilitar su implementación [22].
Ministerio de Minas y Energía R. 181568 de 2010 [23]	Modifica Resolución MMyE. 181331 de 2009, se aclara y modifica el RETILAP en relación con el alcance a productos destinados a iluminación decorativa y eficacias lumínicas de algunas fuentes [23].
Ministerio de Minas y Energía R. 182544 de 2010 [24]	Modifica Resolución MMyE. 181331 de 2009, se modifica el RETILAP con relación a ampliar la transitoriedad sobre requisitos para bombillas incandescentes y la eficacia mínima para tubos fluorescentes T8 [24]
Ministerio de Minas y Energía R. 91872 de 2012 [25]	Modifica Resolución MMyE. 181331 de 2009, con relación al requisito de máximo contenido de mercurio y plomo en fuentes de iluminación y se aclaran algunos requisitos generales de balastos [25].
Ministerio de Minas y Energía R. 90980 de 2013 [26]	Modifica Resolución MMyE. 181331 de 2009, se aclara y adiciona el RETILAP en relación a incluir aspectos relevantes del Estatuto del Consumidor, así como de precisar los requisitos aplicables a luminarias decorativas y de balastos [26].
Ministerio de Minas y Energía R. 40122 de 2016 [27]	Modifica Resolución MMyE. 181331 de 2009, se adiciona y modifica en definiciones aplicables a lámparas y luminarias que usan tecnología LED, disponibilidad y acceso a información mínima de productos [27].
DESARROLLO REGULATORIO	
Resolución CREG 043 DE 1995 [28]	Regula el suministro y el cobro, que efectúan las empresas de servicios públicos domiciliarios a los municipios, por el servicio de energía eléctrica que se destina para el alumbrado público [28].
Resolución CREG 043 DE 1996 [29]	Regula la metodología que se debe aplicar, cuando no exista medida de consumo del servicio de alumbrado público [29].
Resolución CREG 089 DE 1996 [30]	Fija el régimen de libertad de tarifas, para la venta de energía eléctrica con destino a alumbrado público [30].
Resolución CREG 076 DE 1997 [31]	Complementa las normas sobre el suministro y cobro que efectúan las empresas de energía eléctrica por el servicio de electricidad que destinan para alumbrado público [31].

Resolución CREG 070 DE 1998 [32]	Establece el reglamento de distribución de energía eléctrica, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional [32].
Resolución CREG 122 de 2011 [33]	Se regula el contrato y el costo de facturación y recaudo conjunto con el servicio de energía del impuesto con destino a la financiación del servicio de alumbrado público [33].
Resolución CREG 123 de 2011 [34]	Aprueba la metodología para la determinación de los costos máximos que deberán aplicar los municipios o distritos, para remunerar a los prestadores del servicio, así como el uso de los activos vinculados al sistema de alumbrado público [34].
Resolución CREG 005 de 2012 [35]	Modifica la Resolución CREG 122 de 2011 con respecto a la fórmula del costo de facturación y recaudo [35].
EN CONSTRUCCIÓN CREG	
CIRCULAR 008 DE 2020 [36]	Solicitud de información a los prestadores del servicio de alumbrado público del país [36]

Tabla 1 Desarrollo Marco normativo Alumbrado Público de Colombia. Fuente: Elaboración propia

Como se ha mencionado anteriormente en la Introducción y como se evidencia en la Tabla 01, la regulación del servicio del alumbrado público en Colombia se estipuló desde el siglo XX, mediante la expedición de la Ley 97 de 1913, por medio de la cual se le da las facultades al Distrito de Bogotá para la creación del impuesto del alumbrado público, luego mediante la Ley 84 de 1915, se amplía dichas facultades a los demás municipios del país.

Más adelante, en virtud a la crisis energética de 1992 que se presentó durante la administración de César Gaviria, entre el 2 de mayo de 1992 y el 7 de febrero de 1993, provocada por el fenómeno de El Niño [37]. Tuvo que pasar 77 años para que Colombia regulara nuevamente sobre temas de servicios públicos y se estableciera una regulación clara sobre los mismos, con lo cual, se expidieron las Leyes 136 y 142 de 1994, por medio de las cuales se establecen el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan normas tendientes a modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios. Siendo la Ley 136 de 1994 [38], la que establece en el numeral uno del artículo tercero que le corresponde ente municipal proporcionar los servicios públicos que determine la ley.

Luego, a mediados del año 1995 se estimaba que en el país funcionaban aproximadamente 1'500.000 luminarias, de las cuales el 80% eran de mercurio, 15% de sodio a alta presión y el restante 5% incandescentes y otros tipos. Esta situación implicaba una carga de 205 MW y un consumo anual de 898 GWh [5]. Dicho consumo, representaba cerca del 2,70% del consumo total de energía eléctrica del país, que en promedio era de 33.235 GWh en la vigencia de 1.995 [39].

Con lo cual, como se mencionó en el capítulo de la Introducción, el Gobierno Nacional mediante la directiva nacional “PLAN DE REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ALUMBRADO PÚBLICO” de marzo 1995 del Ministerio de Minas y Energía y el Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas INEA-, estableció a fecha de 30 de junio de 1998, la sustitución del 100% de las bombillas de incandescentes y mercurio por bombillas de sodio.

Dicha sustitución tecnológica, disminuyó progresivamente el consumo anual de energía eléctrica en los SALP, evidenciando en el año meta de 1.998 un consumo anual de 532 GWh [5], lo cual representaba cerca del 1,62% del consumo total de energía eléctrica del país, que en promedio era de 32.835 GWh en dicho año [39].

De otro modo, de conformidad a la Ley 697 de 2001 se declaró, el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales [6].

Por lo tanto, el URE en alumbrado público está enfocado en la utilización de luminarias de potencias proporcionadas y en cantidades suficientes para lograr niveles de iluminación adecuados, sin olvidar que la reducción en el

consumo de energía debe ir acompañada de un cambio en la cultura y costumbres respecto al uso de la iluminación [40].

2.4. Experiencias Internacionales en modernización de SALP.

Con el fin de identificar experiencias líderes que puedan ser adaptables a Colombia, se revisan a continuación, casos internacionales sobre la modernización de los Sistemas de Alumbrado Público, enfatizando en las normas y planes nacionales que pueden servir como referente para reforzar el proceso de migración tecnológica en Colombia.

Por lo tanto, para tener información sobre experiencias en la modernización de los SALP en diferentes escenarios, se tomaron referencias de países de Latinoamérica. Resaltando los procesos de modernización de México y Argentina, los cuales se destacan en la región por establecer normas y planes nacionales que promueven el URE y permiten una aplicación eficaz y efectiva de las nuevas tecnologías de iluminación en los procesos del SALP.

2.4.1. México

PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL ALUMBRADO Y APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS INTELIGENTES EN SERVICIOS PÚBLICOS MEDIANTE EL ESQUEMA DE ASOCIACIONES PÚBLICO-PRIVADAS EN EL MUNICIPIO DE CHONTLA MÉXICO.

El proyecto de modernización del SALP en el Municipio de Chontla México, consistió en el retiro, sustitución e instalación de todos los luminarios ineficientes del equipamiento con que cuenta el municipio, de acuerdo al 11 censo municipal de luminarias existentes, sustituyéndolos por luminarios de tecnología de LED, siendo un total de 1,546 piezas, con garantía de funcionamiento durante 15 años, con capacidad de consumo de 35W, 50W,

110W, 180W y 400W; para estar en condiciones de prestar un servicio de alumbrado público de manera eficiente y oportuna; incluyendo en estas la instalación de 15 luminarios de LED, tecnológicamente equipados para que las cámaras sean operadas por el área de seguridad pública, el wifi quede establecido, así como los equipos de optimizadores de voltaje y sistema de telegestión [41].

Siendo el suministro de los nuevos equipos en tecnología de LED, certificados con la Norma Oficial Mexicana 031-ENER-2012 [42], la cual establece la eficiencia energética para luminarios con diodos emisores de luz (leds) destinados a vialidades y áreas exteriores públicas.

Con respecto al proceso de Modernización la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía de México, concluyó que 1.006 sustituciones de luminarias cumplen con los requerimientos y normatividad aplicables al alumbrado público de las 1,546 propuestas, donde se identificó un ahorro potencial de electricidad de alrededor del 54.1% con respecto a la tecnología que fue sustituida, y una reducción de aproximada de 37.5% en la facturación, respecto del consumo total de energía en alumbrado que tenía el municipio de Chontla [43].

2.4.2. Argentina

PLAN DE ALUMBRADO EFICIENTE (PLAE) ARGENTINA

En el año 2017, el Gobierno de Argentina creó el Plan Alumbrado Eficiente (PLAE) mediante Resolución N° 84 del Ministerio de Energía y Minería [44]. Este Plan consistió en la modernización de luminarias de tecnología convencional por luminarias de tecnología LED en la vía pública.

Para el proceso de adquisición de luminarias LED, se aprobó la Disposición 1-2018 del Ministerio de Energía y Minería [45], con la establece las

especificaciones técnicas de las luminarias tipo LED destinadas para el Alumbrado Público, impulsando el reordenamiento del mercado de luminarias LED en conformidad con los estándares de eficiencia, calidad y seguridad establecidos en ellas.

El recambio e instalación de luminaria LED por implementación del PLAE, superó en un 14% la cantidad de luminaria que se estimó adquirir de acuerdo a los convenios. De 75.212 unidades estimadas, se adquirieron 86.098 luminarias LED. Esto se logró por una mejora de los precios ofertados en los distintos procesos de compra. A diciembre de 2018 se ejecutaron en forma completa 65 proyectos de recambio de luminarias de Alumbrado Público, en localidades correspondientes a 17 provincias del país. Los mismos han finalizado con la instalación y los pasos necesarios para obtener el reintegro correspondiente [44]. Logrando así, un ahorro de energía eléctrica, el cual asciende a 12 MW (Ahorro: 60 GWh/año equivalente al consumo promedio de 16.000 hogares).

2.5. Análisis de las debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas DOFA de la regulación colombiana en términos de alumbrado público.

Los procesos de modernización, innovación e implementación de nuevas tecnologías aplicados a los sistemas convencionales de cualquier índole, en algunos casos particulares dependiendo de la tecnología a utilizar, presentan dificultades al momento de su aplicación y/o financiación efectiva, todo en virtud del rezago existente en la regulación actual que rige dicho sistema, frente a los avances tecnológicos utilizados en el componente técnico.

Así las cosas, se destaca dentro de las fortalezas de la regulación aplicada a los sistemas de alumbrado público en Colombia, el objetivo de promover la implementación eficaz y efectiva de nuevas tecnologías que permitan la eficiencia energética y el uso racional de la energía (Ley 697 de 2001), así como la creación de entes especializados como lo son el Ministerio de Minas y Energías y la Comisión Reguladora de Energía y Gas CREG, los cuales tienen dentro de sus funciones la creación de estrategias regulatorias que permitan

la mitigación de la brecha existente entre avances tecnológicos y alcances normativos en la aplicación de dichos avances.

Por lo tanto, las experiencias internacionales en modernización de SALP, pueden ofrecer la ruta eficaz para superar la dificultad del acople regulatorio y tecnológico anteriormente mencionado, y así mismo, brindar la guía para lograr un proceso de modernización masiva en todo el territorio Nacional, destacando el caso de modernización del SALP del Municipio de Chontla México, el cual logró reemplazar 1.006 luminarias de alumbrado público de las 1,546 propuestas, ciñéndose a la Norma Oficial Mexicana NOM-031-ENER-2012 [42], alcanzado un ahorro potencial de electricidad de alrededor del 54.1% con respecto a la tecnología que fue sustituida, y una reducción de aproximada de 37.5% en la facturación, respecto del consumo total de energía en alumbrado que tenía el municipio de Chontla.

De igual manera, se destaca el Plan Alumbrado Eficiente (PLAE) de Argentina, el cual, a diciembre de 2018 se ejecutaron en forma completa 65 proyectos de recambio de luminarias de Alumbrado Público, en localidades correspondientes a 17 provincias del país. Los mismos han finalizado con la instalación y los pasos necesarios para obtener el reintegro correspondiente. [44]. Dicho PLAE fue también en virtud a la estandarización de las especificaciones técnicas de las luminarias tipo LED destinadas al alumbrado público en Argentina, la cual mediante la Disposición 01 de 2018 [45], impulsó el reordenamiento del mercado de luminarias LED en conformidad con los estándares de eficiencia, calidad y seguridad establecidos en ellas.

Por lo anterior, a fecha actual del presente documento, el Operador de Red de Distribución Enel Codensa S.A. E.S.P., ha sido el único ente que mediante la norma técnica propia ENEL-CODENSA ET808 [46], ha establecido las condiciones que deben satisfacer las luminarias LED para alumbrado público, las cuales deben poseer excelentes características técnicas de desempeño fotométrico, durabilidad y calidad para cumplir las condiciones actuales de desempeño en los sistemas de distribución de energía de Baja tensión, con cual se evidencia el poco desarrollo regulatorio por parte de las Instituciones

Oficiales al momento de reglamentar las nuevas tecnologías de iluminación en los procesos de modernización e innovación en los SALP.

Así mismo, desde hace más de 25 años no se implementa en el País, un Plan de reducción energética referida a los SALP, evidenciando el poco interés de los Entes Gubernamentales en aplicar de manera efectiva y eficaz las nuevas tecnologías de iluminación como lo son los diodos emisores de luz LED.

Finalmente, de conformidad con las conclusiones de la Evaluación de operaciones de la actual política en la prestación del servicio de alumbrado público en Colombia del Departamento Nacional de Planeación, se puede concluir que en algunos municipios del país no existe un conocimiento amplio de las normas y regulaciones del alumbrado público y es posible que no se esté dando aplicación a la normatividad aplicable. El desconocimiento es más pronunciado en los municipios en un entorno menos desarrollado [4].

Por lo tanto, algunos municipios del país que operan directamente el SALP no estarían aplicando la regulación vigente de iluminación pública en los procesos de alumbrado público, generando un elemento crítico que afecta la aplicación eficaz de la normatividad actual, con lo cual, no se podría contemplar la posibilidad de modernización del mismo, sino se garantiza como primera medida la vigilancia y control nacional de los SALP convencionales existentes.

2.5.1. Estrategias matriz DOFA

Una vez identificadas las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas de la regulación vigente en iluminación pública de Colombia, se describe a continuación en la Tabla No. 2, las estrategias que permitirían aprovechar las fortalezas de la regulación actual y las oportunidades de las experiencias internacionales, como también mejorar las debilidades de la normatividad referida a los SALP y mitigar las amenazas identificadas en la prestación del servicio de alumbrado público en Colombia.

2.5.1.1. Estrategia FO (Fortaleza – Oportunidad)

De conformidad a la Norma Oficial Mexicana NOM-031-ENER-2012 y Disposición 01 de 2018 de Argentina, se sugiere como estrategia FO la expedición mediante Reglamento Técnico del MMyE y/o Norma Técnica Colombiana, las especificaciones de eficiencia y luminosidad para luz LED destinados a iluminación pública en Colombia, con el fin de estandarizar su uso y establecer las especificaciones de eficacia luminosa para las luminarias LED, destinadas a vialidades y áreas exteriores públicas de Colombia.

Así mismo, se sugiere implementar un Plan de Reducción de energía en los sistemas de alumbrado público, expedido por el MMyE y utilizando tecnologías LED, logrando así, la eficiencia energética establecida en la Ley 697 de 2001.

2.5.1.2. Estrategia DO (Debilidad – Oportunidad)

Como estrategia DO se sugiere incrementar la implementación eficaz y efectiva de normas técnicas expedidas por el MMyE y/o quien haga función de regulador, con el fin de mitigar del rezago regulatorio frente a los avances tecnológicos en los sistemas de alumbrado público en Colombia.

Así mismo, se requiere organizar una consulta entre representantes de las entidades públicas y privadas del sector eléctrico, para lograr la estandarización de las Especificaciones Técnicas de las luminarias LED tipo alumbrado público.

2.5.1.3. Estrategia FA (Fortaleza – Amenaza)

La no aplicación de las normas vigentes de iluminación por parte de algunos municipios del país genera un elemento crítico que puede ser superado con la creación de un sistema de información nacional de alumbrado público (SINAP) elaborado por el MMyE o quien este designe [47]; dicha estrategia FA, permitiría la elaboración de índices e indicadores que ejercerían mayor vigilancia y control a nivel nacional de los Sistemas de Alumbrado Público en Colombia.

2.5.1.4. Estrategia DA (Debilidad – Amenaza)

Como estrategia DA se sugiere exigir la planeación eficaz de la prestación del servicio de alumbrado público en los Municipios de Colombia [47], la cual debe estar ligada con el cumplimiento de los indicadores de calidad, cobertura y eficiencia de prestación del servicio obtenidos de la implementación del SINAP anteriormente propuesto.

MATRIZ DOFA		
REGULACIÓN ALUMBRADO PÚBLICO EN COLOMBIA	FORTALEZAS (F)	DEBILIDADES (D)
	<ul style="list-style-type: none"> - Promueve la implementación eficaz y efectiva de nuevas tecnologías que permitan la eficiencia energética y el uso racional de la energía. Ley 697 de 2001. - Creación de entes especializados como lo son el Ministerio de Minas y Energías y la Comisión Reguladora de Energía y Gas CREG. 	<ul style="list-style-type: none"> - Poco desarrollo regulatorio por parte de las Instituciones Oficiales al momento de reglamentar las nuevas tecnologías de iluminación en los procesos de modernización e innovación en los SALP. - Poco interés por parte de las Instituciones Oficiales para aplicar Planes de Reducción de energía referida a los SALP.
OPORTUNIDADES (O)	ESTRATEGIA FO (Fortaleza – Oportunidad)	ESTRATEGIA DO (Debilidad – Oportunidad)
<ul style="list-style-type: none"> - Norma Oficial Mexicana NOM-031-ENER-2012, por la cual se establece las especificaciones de eficacia luminosa para los luminarios con diodos emisores de luz (leds), destinados a vialidades y áreas exteriores públicas. - Disposición 01 de 2018, por la cual se establece las especificaciones técnicas de las luminarias tipo LED destinadas al alumbrado público en Argentina. - Plan Alumbrado Eficiente (PLAE) de Argentina, consiste en el recambio de luminarias por equipos más eficientes de tecnología LED en la vía pública, tanto en Municipios como en Rutas Provinciales del país a través de transferencia de fondos no reintegrables [44]. 	<ul style="list-style-type: none"> - Expedición mediante Reglamento Técnico del MMyE y/o Norma Técnica Colombiana, las especificaciones de eficiencia y luminosidad para luz LED destinados a iluminación pública en Colombia. - Implementación de un Plan de Reducción de energía en los sistemas de alumbrado público, expedido por el MMyE, utilizando tecnologías LED. 	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementar la implementación eficaz y efectiva de normas técnicas que permitan la mitigación del regazo regulatorio frente a los avances tecnológicos. - Organizar una consulta entre representantes de las entidades públicas y privadas del sector eléctrico, para lograr la estandarización de las Especificaciones Técnicas de las luminarias LED tipo alumbrado público.

<p style="text-align: center;">AMENAZAS (A)</p> <p>- Municipios del país que operan directamente el SALP y no aplican la regulación vigente de iluminación pública en los procesos de alumbrado público.</p>	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIA FA (Fortaleza – Amenaza)</p> <p>- Establecer un sistema de información nacional de alumbrado público (SINAP) para elaborar índices e indicadores y ejercer vigilancia y control a nivel nacional.</p>	<p style="text-align: center;">ESTRATEGIA DA (Debilidad - Amenaza)</p> <p>-Exigir la planeación eficaz de la prestación del servicio, la cual debe estar ligada con el cumplimiento de los indicadores de calidad, cobertura y eficiencia de prestación del servicio.</p>
---	--	--

Tabla 2 Análisis de las debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas DOFA de la regulación colombiana en términos de alumbrado público. Fuente: Elaboración propia.

3. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE MODERNIZAR UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN MUNICIPIO TÍPICO DE COLOMBIA

En el presente capítulo se caracterizará un municipio de típico en Colombia en términos de sistemas de alumbrado público, analizando la viabilidad técnica de modernizar su SALP, incluyendo criterios técnicos para la selección objetiva de la alternativa tecnológica de diodos emisores de luz o LED (Light Emitting Diode) a utilizar en el proceso de modernización, garantizando el cumplimiento de la normatividad vigente y fomentando el uso racional de la energía.

3.1. Caracterización del municipio típico

La prestación del servicio de alumbrado público en Colombia no puede ser generalizada. En este sentido, no hay una manera genérica de caracterizar a los municipios, dado que existen combinaciones singulares de la forma en que estos prestan el servicio de alumbrado público desde los puntos de vista contractual, administrativo, técnico y operativo. A su vez, estas diferencias encontradas responden en parte a las distintas condiciones financieras, institucionales y socioeconómicas de los municipios [4].

Por lo tanto, para fines de identificar el municipio que será objeto del presente análisis, se utilizará las Tipologías Departamentales y Municipales realizada por el Departamento Nacional de Planeación, por lo cual, los 1.100 municipios y distritos del país se distribuyen en 7 tipologías con características relativamente homogéneas al interior y heterogéneas entre grupos [48], de dicho análisis, se tuvieron en cuenta factores de Funcionalidad Urbano-regional, Dinámica Económica, Calidad de Vida, Ambiental, Seguridad e Institucional.

Estos componentes abarcan las diferentes dimensiones del desarrollo regional que permiten caracterizar de manera sistémica a los entes territoriales. En total se eligieron 19 variables (algunas compuestas) para incluir en el ejercicio departamental y 18 variables para incluir en el ejercicio municipal [48], como se evidencia en la Tabla 3.

Componente temático	Tipología Municipal
Urbano Regional	Población Municipal Porcentaje de Población rural Promedio de Crecimiento poblacional Densidad Poblacional Pertenenencia a Sistemas de ciudades
Condiciones de Vida	Índice de Pobreza Multidimensional - IPM Municipal
Económico	Valor Agregado Municipal Ingresos Municipales Penetración de Internet Disparidades Económicas
Ambiental	Área de Bosques municipal Inversión per cápita del Sector Ambiental
Institucional	Desempeño Fiscal Municipal Requisitos Legales Municipales
Seguridad	Homicidios por 100 mil habitantes Secuestros por 100 mil habitantes Hurto por 100 mil habitantes Área de cultivo de coca

Tabla 3 Variables incluidas en cada componente. Fuente: Adaptación Tabla 3. Variables incluidas en cada componente. Tipologías Departamentales y Municipales: una propuesta para comprender las entidades territoriales colombianas Departamento Nacional de Planeación [48].

Por lo tanto, se dispone de una escala una clasificación de entorno de desarrollo, en la cual es posible identificar 3 categorías: i) Entorno de Desarrollo Robusto: los municipios pertenecientes a TIP-A y TIP-B, que se encuentran en el tercio más alto de la escala de la valoración de los componentes y representan el 6% del total de los municipios del país. ii) Entorno de Desarrollo Intermedio: los municipios pertenecientes a TIP-C, TIP-D y TIP-E, que se encuentran en el segundo tercio de la escala de la valoración de los componentes, y representan el 65% del total de los municipios, es decir el grueso de los municipios del país. iii) Entorno de Desarrollo Incipiente: los municipios pertenecientes a TIP-F y TIP-G, que se encuentran en el tercio más bajo de la escala de la valoración de los componentes, y representan el 29% del total de los municipios del país [48].

Tipología	Número Municipios	Participación en el total %	Entorno de Desarrollo
A	5	0,5%	Desarrollo Robusto
B	63	5,7%	
C	158	14,4%	Desarrollo Intermedio
D	267	23,7%	
E	293	26,6%	
F	209	19,0%	Desarrollo Incipiente
G	111	10,1%	
TOTAL	1100	100%	

Tabla 4 Tipologías municipales. Fuente: Adaptación Tabla 6. Tipologías Municipales, Tipologías Departamentales y Municipales: una propuesta para comprender las entidades territoriales colombianas. Departamento Nacional de Planeación [48].

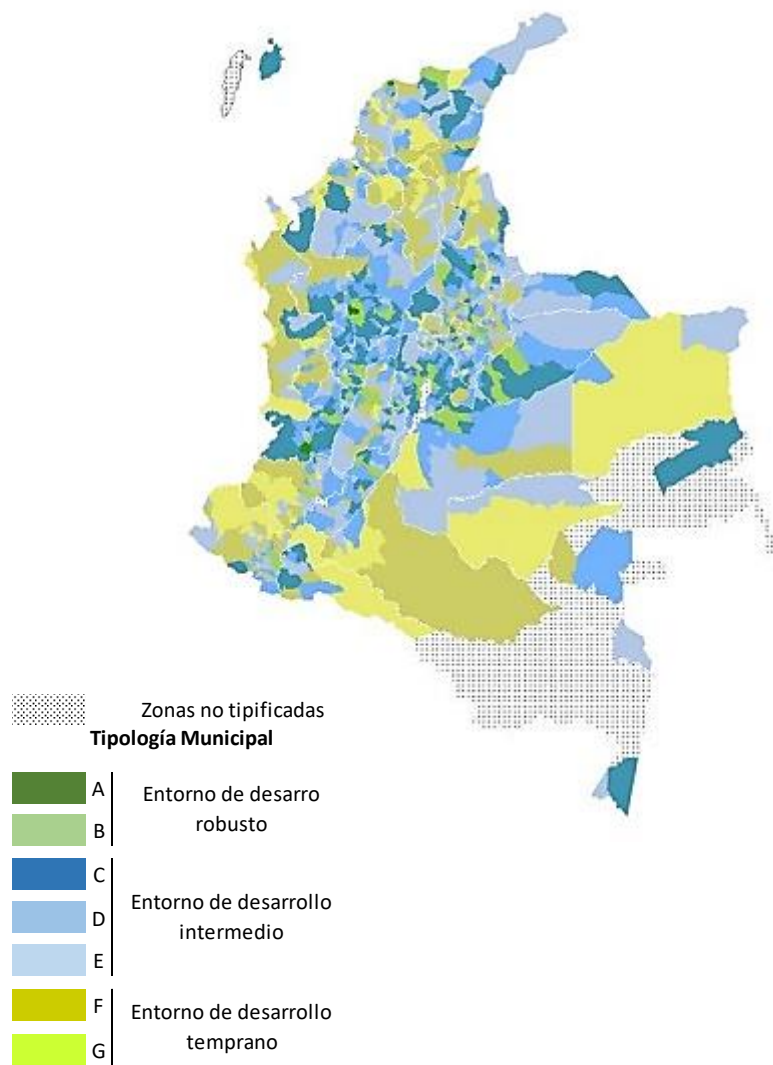


Figura 2 Tipologías municipales. Fuente: *Tipologías Departamentales y Municipales: una propuesta para comprender las entidades territoriales colombianas*. Departamento Nacional de Planeación [48].

En términos de composición de infraestructura de alumbrado público en los municipios de Colombia, en la Tabla 4 y la Figura 2 se observa que, según su región o estado de desarrollo, que en todas las categorías más del 80% de las luminarias son de tecnología sodio [4], así mismo, se evidencia que, en los municipios con un entorno de desarrollo más avanzado, se observa una mayor proporción de luminarias LED y Haluro Metálico en los inventarios agregados [4]. De igual manera, en los municipios en entorno de desarrollo robusto no se observaron luminarias de tecnología de mercurio, mientras que en los

municipios de entorno de desarrollo intermedio esta tecnología representa el 2,3% y en los municipios de entorno de desarrollo temprano representan el 3,0% del inventario [4].

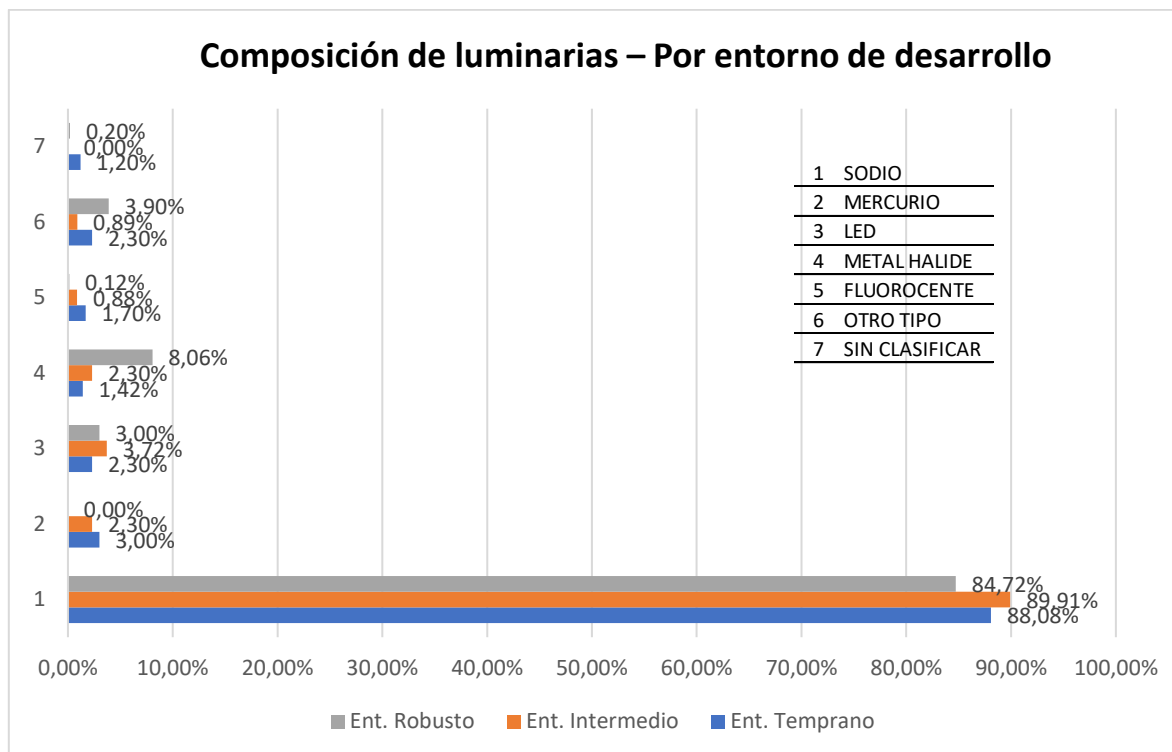


Figura 3 Composición de luminarias – Por entorno de desarrollo. Fuente: Evaluación de operaciones de la Política de prestación de servicio de alumbrado público. Departamento Nacional de Planeación. 2017 [4].

Según muestra la Figura 3, para lograr la tipificación del municipio objeto de análisis, éste debe encontrarse en un entorno de desarrollo intermedio y su parque lumínico debe estar conformado en un porcentaje mayor o igual al 80% de luminarias de tipo Sodio.

3.2. Selección de municipio típico: Pitalito, Huila

Se tiene como caso de estudio al Municipio de Pitalito Huila, el cual según el Departamento Nacional de Planeación se encuentra clasificado en la Tipología

D y un Desarrollo Intermedio, así mismo posee un sistema de alumbrado público conformado en su mayoría por luminarias tipo sodio y mercurio.

3.2.1. Marco regulatorio municipal sobre alumbrado público.

Actualmente el servicio de alumbrado público Municipal es regulado por medio del Acuerdo Municipal No. 033 del 2015 [49], por el cual se establecen los porcentajes, el ente generador y el ente pasivo del Impuesto de Alumbrado Público.

Las Tablas a continuación describen el valor porcentual a los diferentes tipos de contribuyentes dependiendo el tipo de sector:

SECTOR URBANO	TARIFA
RESIDENCIALES	16%
OFICIALES	16%
INDUSTRIALES	16%
COMERCIALES	16%
SERVICIOS/PROVISIONALES	16%
USUARIOS NO REGULADOS	16%
RÉGIMEN ESPECIAL	16%
OTROS	16%

Tabla 5 Tarifa contribuyentes sector urbano. Fuente: Capítulo IX. Acuerdo Municipal de Pitalito 033 de 2015.

CENTRO POBLADOS	TARIFA
RESIDENCIALES	8%
OFICIALES	8%

INDUSTRIALES	8%
COMERCIALES	8%
SERVICIOS/PROVISIONALES	8%
USUARIOS NO REGULADOS	8%
RÉGIMEN ESPECIAL	8%
OTROS	8%

Tabla 6 Tarifa contribuyentes centros poblados. Fuente: Capítulo IX. Acuerdo Municipal de Pitalito 033 de 2015

SECTOR RURAL	TARIFA
INDUSTRIALES	8%
COMERCIALES	8%
USUARIOS NO REGULADOS	8%

Tabla 7 Tarifa contribuyentes sector rural. Fuente: Capítulo IX. Acuerdo Municipal de Pitalito 033 de 2015.

Por lo anterior, se puede evidenciar que el Municipio de Pitalito no se ha ceñido a las actualizaciones de la normatividad vigente de alumbrado público en Colombia, específicamente al decreto 943 de 2018 del Ministerio de Minas y Energías [19], por el cual se modifica y adiciona la Sección 1, Capítulo 6 del Título III del Libro 2 del Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, relacionado con la prestación del servicio de alumbrado público. Dicho decreto permitiría la aplicación efectiva del impuesto del alumbrado público en todo el territorio municipal y no solo en la zona urbana y centros poblados como se contempla actualmente, así mismo, se permitiría la inversión de dicho impuesto en actividades de iluminación navideña y ornato, con lo cual, el Municipio no tendría que buscar otra fuente de financiación para satisfacer las necesidades de alumbrado navideño.

3.2.2. Facturación y recaudo del impuesto de alumbrado público en el Municipio de Pitalito.

El recaudo del impuesto de alumbrado público lo hará el municipio o distrito o comercializador de energía eléctrica y podrá realizarse mediante las facturas de servicios públicos domiciliarios. Las empresas comercializadoras de energía podrán actuar como agentes recaudadores del impuesto, dentro de la factura de energía y transferirán el recurso al prestador correspondiente, autorizado por el municipio o distrito, dentro de los cuarenta y cinco (45) días siguientes al de su recaudo. Durante este lapso, se pronunciará la interventoría a cargo del municipio o distrito, o la entidad municipal o distrital a fin del sector, sin perjuicio de la realización del giro correspondiente ni de la continuidad en la prestación del servicio. El municipio o distrito reglamentará el régimen sancionatorio aplicable para la evasión de los contribuyentes. El servicio o actividad de facturación y recaudo del impuesto no tendrá ninguna contraprestación a quien lo preste [50].

Por lo anterior, es el Operador de Red ELECTROHUILA S.A. E.S.P., el ente encargado de facturar y recaudar los recursos provenientes del Impuesto de Alumbrado Público, los cuales son liquidados mensualmente tomando como base la información que figura en el Acuerdo municipal 033 de 2015.

Así las cosas, se presenta a continuación información sobre el comportamiento del recaudo en la vigencia del 2018 en el municipio:

ANÁLISIS DE RECAUDO VIGENCIA 2018				
PERIODO	DETALLE	VALOR RECAUDO	COBRO ELECTROHUILA	SALDO MUNICIPIO
nov-17	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 1	\$ 206.468.240	\$ 147.046.700	\$ 59.421.540

dic-17	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 2	\$ 253.520.632	\$ 151.081.080	\$ 102.439.552
ene-18	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 3	\$ 196.110.883	\$ 161.903.710	\$ 34.207.173
feb-18	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 4	\$ 238.650.551	\$ 144.481.310	\$ 94.169.241
mar-18	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 5	\$ 214.285.924	\$ 173.808.540	\$ 40.477.384
abr-18	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 6	\$ 256.729.449	\$ 171.322.810	\$ 85.406.639
may-18	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 7	\$ 214.271.731	\$ 167.018.350	\$ 47.253.381
jun-18	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 8	\$ 249.210.309	\$ 172.668.730	\$ 76.541.579
jul-18	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 9	\$ 250.678.781	\$ 180.545.420	\$ 70.133.361
ago-18	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 10	\$ 225.704.009	\$ 183.385.690	\$ 42.318.319
sep-18	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 11	\$ 288.504.082	\$ 190.113.040	\$ 98.391.042
oct-18	Acta Cruce de Cuenta de Alumbrado Público de Pitalito. No. 12	\$ 289.857.896	\$ 183.558.240	\$ 106.299.656
VALOR TOTAL		\$ 2.883.992.487	\$ 2.026.933.620	\$ 857.058.867

Tabla 8 Impuesto de A.P. en la vigencia 2018. Fuente: Elaboración propia

De conformidad a la Tabla No. 8, se evidencia que el pago del consumo de energía eléctrica en el sistema de alumbrado público para la vigencia del 2018 fue de **\$2.026.933.620**, lo que corresponde al **70,3%** del valor total recaudado, dejando un saldo mínimo a favor del municipio para la administración, operación y mantenimiento propio del sistema, dichas actividades de AOM hasta la vigencia de 2019, eran asumidas mediante contratos interadministrativos con Empresas Públicas de Pitalito EMPITALITO S.A. E.S.P., la cual solo se encargaba de mantener en operación el SALP, sin la oportunidad de expandir y/o modernizar el SALP en el Municipio.

3.2.3. Diagnóstico y Situación actual de la infraestructura y del servicio de alumbrado público en el Municipio de Pitalito.

De conformidad con el Inventario Municipal del SALP según la vigencia del año 2019 se encontraban instaladas 7.564 luminarias de diferentes tecnologías: sodio, metal halide, fluorescente y LED, cuyas cantidades se describen en la Tabla 9 y se hace una relación según la composición de todas las luminarias del municipio de Pitalito en la Figura 4.

TECNOLOGÍA	POTENCIA (W)	CANTIDAD DE LUMINARIAS
SODIO	70	6143
	150	649
	250	559
LED	60	41
	120	24
METAL HALIDE	400	89
	70	43
FLUORESCENTE	100	16
TOTAL		7.564

Tabla 9 Relación de luminarias de A.P. vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia

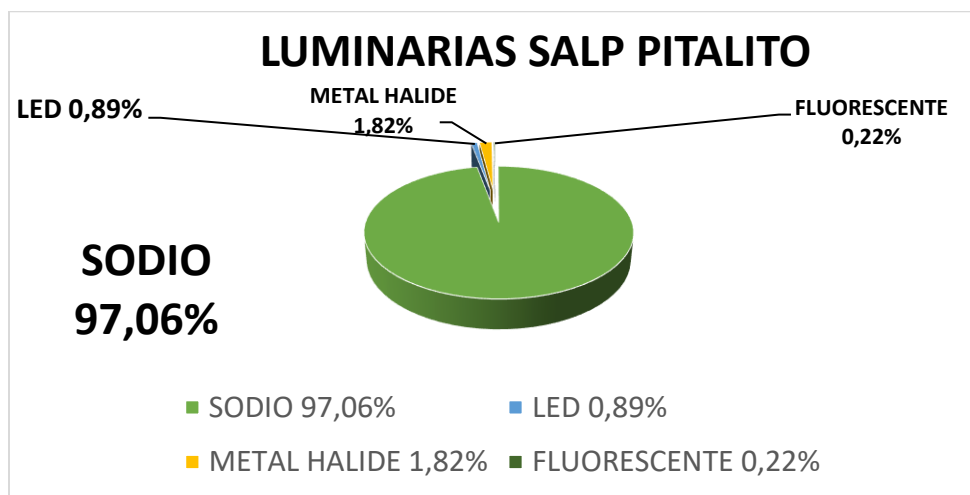


Figura 4 Relación de luminarias de A.P. vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia

Respecto a las redes eléctricas que alimentan las 7.564 luminarias que hacen parte de la infraestructura del servicio de alumbrado público del municipio de Pitalito, se tiene que la mayor parte se encuentran conectadas a redes eléctricas de baja tensión domiciliarias. A continuación, se detalla la relación de las luminarias existentes al tipo de red eléctrica:

TECNOLOGÍA	POTENCIA (WATT)	TIPO DE RED		
		EXCLUSIVA	DOMICILIARIAS	TOTAL
SODIO	70	73	6070	6143
	150	360	289	649
	250	442	117	559
LED	60	41	0	41
	120	24	0	24
METAL HALIDE	400	74	15	89
	70	43	0	43
FLUORESCENTE	100	16	0	16
TOTAL		1.073	6.177	7.564

Tabla 10 Relación de luminarias conectadas a redes eléctricas exclusivas o domiciliarias. Fuente: Elaboración propia

Por lo anterior, se calcula la carga del alumbrado público del Municipio de Pitalito según censo de la vigencia 2019:

TECNOLOGÍA	POTENCIA (WATT)	PÉRDIDA EN LA REACTANCIA	CANTIDAD DE LUMINARIAS	POTENCIA INSTALADA [W]	POTENCIA INSTALADA INCLUYENDO LA REACTANCIA [W]	DEMANDA PERDIDAS [kW - h- mes]	DEMANDA SIN REACTANCIA [kW / mes]	DEMANDA CON REACTANCIA [kW / mes]
SODIO	70	11	6.143	430.010	497.583	24.326	154.804	179.130
	150	19	649	97.350	109.681	4.439	35.046	39.485
	250	29	559	139.750	155.961	5.836	50.310	56.146
LED	60	8	41	2.460	2.788	118	886	1.004
	120	11	24	2.880	3.144	95	1.037	1.132
METAL HALIDE	400	29	89	35.600	38.181	929	12.816	13.745
	70	26	43	3.010	4.128	402	1.084	1.486
FLUORESCENTE	100	11	16	1.600	1.776	63	576	639
TOTAL			7.564	712.660	813.242	36.210	256.558	292.767

Tabla 11 Cuadro de Carga de alumbrado Público de Pitalito Vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia

Nota: Los valores nominales de las pérdidas en la reactancia son según Norma técnica de Enel Codensa S.A. E.S.P. ET808 [46].

El diagnóstico de la prestación del servicio de alumbrado público en el municipio de Pitalito, en virtud al análisis de los requerimientos de iluminación estipulados específicamente en el RETILAP, y cumplimiento de las demás disposiciones legales y técnicas, resulta en la identificación de falencias en: Flujo luminoso, equidistancia, altura de los postes, grado de uniformidad, coeficientes de utilización, condiciones de estética, interacción con el medio ambiente, actividades de operación y mantenimiento, entre otras.

Del total de luminarias censadas, 7.351 de ellas son de tecnología de sodio de alta presión, equivalentes al 97.06% del total de luminarias existentes, lo cual, de conformidad con la Tabla No. 08, se traduce en el pago del consumo de energía eléctrica en el sistema de alumbrado público para la vigencia del 2018 de \$2.026.933.620.

Así mismo, de conformidad con la Tabla No. 11, las pérdidas en la reactancia de las luminarias de sodio ascienden a 36.210 kW-h/mes, dicho valor es elevado teniendo en cuenta que las otras tecnologías de iluminación utilizada en el municipio como las luminarias LED reportan pérdidas por un cuarto del valor calculado por luminaria.

De otro modo, el sistema actual de iluminación en Pitalito y sus características de altura de fijación de las luminarias tan desiguales ocasionan una deficiencia en la correcta aplicación de los coeficientes de utilización como lo determina la normatividad vigente. De igual manera, no hay uniformidad general en los componentes del alumbrado público instalado en las vías del casco urbano del municipio en razón a la variedad de postes de diferentes alturas con luminarias de diferente tecnología y diseño en una misma vía.

Aunado a lo anterior, en el sector urbano y centros poblados de Pitalito se presentan múltiples fallas de luminarias apagadas o cíclicas, ocasionadas en gran medida por falta de mantenimiento preventivo y correctivo de las mismas, como también a fallas fortuitas propias del sistema de baja tensión del Operador de Red Electrohuila S.A. E.S.P., el cual como se observa en la Tabla No. 10 el 81,67% del SALP de Pitalito está conectado a las redes domiciliarias de dicho operador, afectado así, la calidad y eficiencia del servicio, ocasionando tiempos de respuesta mayor para atender las peticiones generadas por los usuarios.

Finalmente, no existe la infraestructura administrativa y operativa responsable de las actividades de atención al usuario y operaciones técnicas propias del servicio, por lo que se evidencia, la falta del plan anual del servicio de alumbrado público, lo que genera un incumplimiento con las disposiciones legales descritas en la normatividad vigente, las cuales permitirían que el servicio sea eficiente en razón a las respectivas proyecciones que se consignan en el documento como guía de funcionamiento en los aspectos que conllevan a una calidad de atención del SALP eficiente.

3.2.4. Análisis y clasificación vial en el Municipio de Pitalito

Basados en los principios generales de iluminación pública, la iluminación debe ser adecuada para el desarrollo normal de las actividades tanto vehiculares como peatonales, para lo cual se debe tener confiabilidad de percepción y comodidad visual, aplicando la cantidad y calidad de luz sobre el área observada de acuerdo con el trabajo visual requerido. Así, para cumplir con estos requerimientos se debe hacer una cuidadosa selección de la fuente y la luminaria apropiada teniendo en cuenta su desempeño fotométrico, de tal forma que se logre los requerimientos de iluminación con las mejores interdistancias, alturas del montaje y la menor potencia eléctrica de la fuente posible. [51].

3.2.4.1. Identificación tipos de vía

A continuación, se clasifican cada uno de los tipos de vías para luego hacer el cálculo de nivel iluminación requerida en el municipio de Pitalito:

- **Vías vehiculares**

Para realizar un diseño de iluminación exterior adecuado, se debe de tener en cuenta las clases de iluminación según las características de las vías dependiendo dos factores muy importantes como los son: La velocidad de circulación y el número de vehículos que por ahí transitan. Con base a estas dos variables se le asignará un tipo de iluminación conforme a la Tabla No. 12 [9].

CLASE DE ILUMINACIÓN PARA VÍAS VEHICULARES SEGÚN REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO.					
CLASE DE ILUMINACIÓN	DESCRIPCIÓN VÍA	VELOCIDAD DE CIRCULACIÓN (km/h)		TRÁNSITO DE VEHÍCULOS T (Veh/h)	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V>80	Muy importante	T>1.000
M2	Vías y acceso controlado y vías rápidas	Alta	60<V<80	Importante	500<T<1.000
M3	Vías principales y ejes viales	Media	30<V<60	Media	250<T<500
M4	Vías primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

Tabla 12 Clases de iluminación para vías vehiculares. Fuente: Adaptación Tabla 510.3.1. Art.510.3.1 Clases de iluminación según las características de las vías. RETILAP [9].

Para el caso específico del municipio de Pitalito (Huila), se tomaron ocho (08) tipos de vías representativas del municipio, con el fin de establecer la clase de iluminación que se le debe aplicar a cada una de ellas. A continuación, se relacionan las vías con sus respectivos perfiles:

VÍAS	
NOMENCLATURA	CLASE
CARRERA 1 BOULEVAR	M3
CALLE 10	M4
CARRERA 14 – CIRCUNVALAR	M3
AV. PASTRANA, CRA.3	M3
CARRERA 5	M4
CARRERA 4	M4
CARRERA 3	M4
CARRERA 2	M4

Tabla 13 Tipos de vías Municipio de Pitalito. Fuente: Elaboración propia

La selección de los anteriores modelos de vías se realizó basado en criterios tales como: la complejidad de la vía, que se refiere a números de carriles y los alrededores visuales; los diferentes tipos de usuarios de

la vía, se refiere al tipo de usuario ya sean automovilistas, motociclistas, ciclistas o peatones.

Por lo tanto, todas las vías que respondan de manera similar a los criterios definidos anteriormente deben ser iluminadas de manera idéntica. Por esto se pueden agrupar en conjuntos que respondan a un mismo tipo de iluminación en función de los fines perseguidos.

- **Vías para tráficos peatonales y ciclistas**

La iluminación de estas áreas según el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP), debe garantizar que los peatones y ciclistas puedan distinguir el tipo de pavimento, la configuración de los bordillos, las marcas y señales. De igual forma debe ayudar a evitar las agresiones al transitar por estos tipos de vías. En la siguiente Tabla se presentan las siete clases de iluminación para los tipos de vías peatonales:

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

Tabla 14 Clases de iluminación vías peatonales. Fuente: Adaptación Tabla 510.3.2. Art.510.3.1 Clases de iluminación según las características de las vías. RETILAP [9].

Para el caso específico del Municipio de Pitalito, para este tipo de vías exclusivas de peatones y ciclistas se les aplicará el nivel de iluminación correspondiente.

3.2.5. Requisitos de iluminación mínimos para vías vehiculares

Una vez conocida las características de las vías y sus requerimientos visuales, se deben asignar las clases de iluminación necesaria. A cada clase de iluminación se le establece los requisitos fotométricos mínimos mantenidos a través del tiempo. Estos requisitos pueden ser para diseños con base en la luminancia y para diseños con base en el criterio de iluminancia. Para el caso específico del municipio de Pitalito se utilizó este último (iluminancia) teniendo en cuenta los valores de la Tabla No. 15 [9].

VALOR PROMEDIO DE ILUMINANCIA				
CLASE DE ILUMINACIÓN	VALOR PROMEDIO (MÍNIMO MANTENIDO) DE ILUMINANCIA SEGÚN TIPO DE SUPERFICIE DE LA VÍA [LUXES]			UNIFORMIDAD DE LA ILUMINANCIA
	R1	R2 Y R3	R4	E _{min} /E _{prom} (%)
M1	21	26	22	40%
M2	15	20	18	40%
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

Tabla 15 Valor promedio de iluminación. Fuente: Tabla 510.4.1.B) Art.510.4.1 Clases de iluminación para vías vehiculares. RETILAP [9].

Dónde:

DESIGNACIÓN SEGÚN EL TIPO DE VÍA	
CLASE	DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA
R1	Superficie de asfalto con un mínimo del 15% de materiales abrillantadores o materiales artificiales claros o al menos un 30% de anortositas muy brillantes. Superficies que contienen gravas que cubren más del 80% de la superficie de la calzada, y las gravas constan de gran cantidad de material claro, o de abrilladores o están compuestas al 100% de anortositas muy brillantes. Superficies de calzada de hormigón de concreto.
R2	Superficies con textura rugosa que contiene agregados normales. Superficies asfálticas (pavimentos bituminosos que contienen el 10% al 15% de abrilladores artificiales). Hormigón bituminoso grueso, rico en gravas (más del 60%) de tamaños mayores a 10 mm. Asfalto mástico después de ser tratado. Se conoce también como asfalto mástico en estado nuevo.
R3	Revestimiento en Hormigón bituminoso (asfalto frío, asfalto cemento) con tamaño de grava superior a 10mm, con textura rugosa. Superficies tratadas con textura rugosa pero pulimentada
R4	Asfalto mástico después de varios meses de uso. Superficies con textura bastante suave o pulimentada.

Tabla 16 Designación aproximada de superficies en las clases típicas. Fuente: Adaptación Tabla 535.2 b. Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público [9].

3.2.5.1. Medición Fotométrica

Los diseños fotométricos se deben realizar a partir de un levantamiento de la infraestructura actual de elementos que la componen, con el fin de determinar los niveles de iluminación de los diferentes puntos lumínicos existentes en la infraestructura y establecer su cumplimiento según la regulación actual.

Con lo cual, la siguiente medición será de conformidad con la siguiente Tabla:

MEDICIONES SEGÚN EL TIPO DE VÍA NECESARIO PARA EL DISEÑO LUMÍNICO	
VÍAS	MEDICIONES
Rectas	Iluminancias E_{prom} Uo, ó Luminancias L_{prom} , Uo, UL cuando los tramos ininterrumpidos son mayores o iguales a 100 m.
Aceras en vías rectas	Iluminancia
Curvas con radios menores a 200 m	Iluminancia y relación SR
Curvas con radios mayores a 200 m	Iluminancia
Aceras en vías	Iluminancia
Intersecciones	Iluminancia
Cruces peatonales	Iluminancia
Pendientes mayores al 6%	Iluminancia
Pendientes menores al 6%	Iluminancia E_{prom} , Uo ó Luminancias L_{prom} , Uo, UL cuando los tramos ininterrumpidos son mayores o igual a 100 m
Aceras en pendientes	Iluminancia
Rampas	Iluminancia
Plazas-óvalos	Iluminancia

Tabla 17 Mediciones por tipos de vías. Fuente: Adaptación Tabla 540.3 Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP [9].

De acuerdo con la Tabla anterior, se opta por tomar las mediciones por iluminancia promedio E_{prom} , en virtud del tipo de vías del municipio, las cuales se encuentran clasificadas en su mayoría en las categorías M4 y M5, por consiguiente, se evaluará iluminancia en dichas vías. A continuación, se hace una breve explicación acerca del método escogido.

Cálculos de iluminancia promedio de una vía:

Para el análisis técnico de la iluminación del sistema de alumbrado público en Pitalito se hicieron varias pruebas en diferentes tipos de vías y/o avenidas, calculando la iluminancia promedio sobre estas, en donde se tuvieron muchas consideraciones en cuanto a las características del tipo de vía a analizar.

De conformidad a la sección 530.2.1 *MÉTODO EUROPEO DE LOS 9 PUNTOS* del RETILAP, se establece lo siguiente, el cálculo se realizó mediante el método de los nueve (9) puntos, el cual es un método europeo para calcular la iluminancia promedio sobre una vía. Este consiste en ubicar cada uno de los puntos de cálculo sobre la porción típica de la vía considerada, definiendo un rectángulo de área largo ($s/2$) por ancho (w). De este modo, tal rectángulo se divide en cuatro partes, dos longitudinales y dos transversales, de modo que los puntos a considerar son cada uno de los vértices de los nuevos rectángulos generados. Así se obtienen los 9 puntos considerados en el método [9]. (Véase la Figura 05)

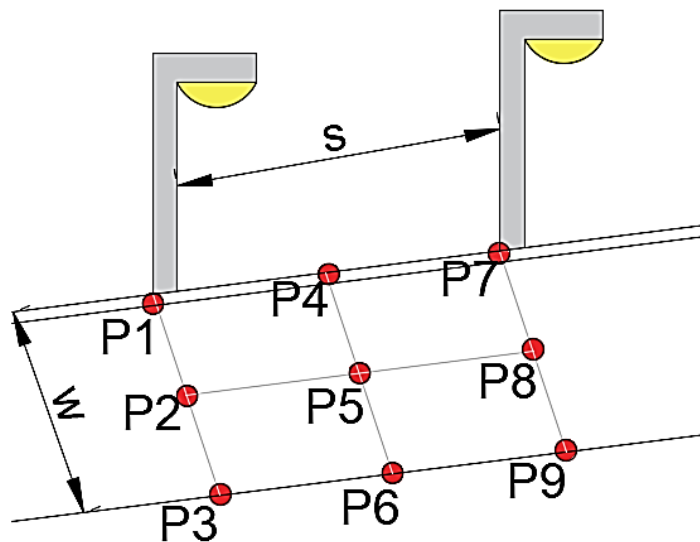


Figura 5 Método de los nueve puntos. Fuente: Figura 530.1.b) Cálculo de la iluminancia promedio método europeo de los 9 puntos. RETILAP

Se considera la iluminancia en cada punto de medida como la que corresponde a un rectángulo de dimensiones $(w/2) * (s/2)$. La iluminancia promedio sobre la vía se calcula teniendo en cuenta la contribución de iluminancia de cada punto a la porción típica de vía. Así, los puntos extremos tienen una contribución de 0,25; los puntos intermedios de 0,5 y el punto central de 1.0. Así, la iluminancia E_1 leída en el punto P1 corresponde al área a, b, c, d., pero tan sólo la cuarta parte de esa área corresponde a un área sobre la vía considerada (área sombreada). Igual sucede con la iluminación de los puntos

P3, P7 y P9. Por tanto, la contribución de esos puntos debe ser ponderada al 25%. Por idéntico razonamiento, los puntos P2, P4, P6 y P8 representan la iluminación de áreas que tan solo tienen el 50% sobre la vía, el punto P5, a diferencia de los demás, representa un área totalmente contenida en la vía por lo que su contribución al promedio es completa.

A partir de la lectura de la iluminación en los 9 puntos, la iluminación promedio sobre la vía se calcula con la fórmula siguiente:

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(E_1 + E_3 + E_7 + E_9) + 2 \times (E_2 + E_4 + E_6 + E_8) + 4 \times E_5] \quad Ec.01 [9].$$

Donde E1, E2... E9 son las iluminancias en los puntos P1, P2... P9 respectivamente.

La Figura No. 6, ayuda a ubicar los nueve puntos, para diferentes sistemas de alumbrado, de acuerdo con la distribución de los postes y la forma de la vía.

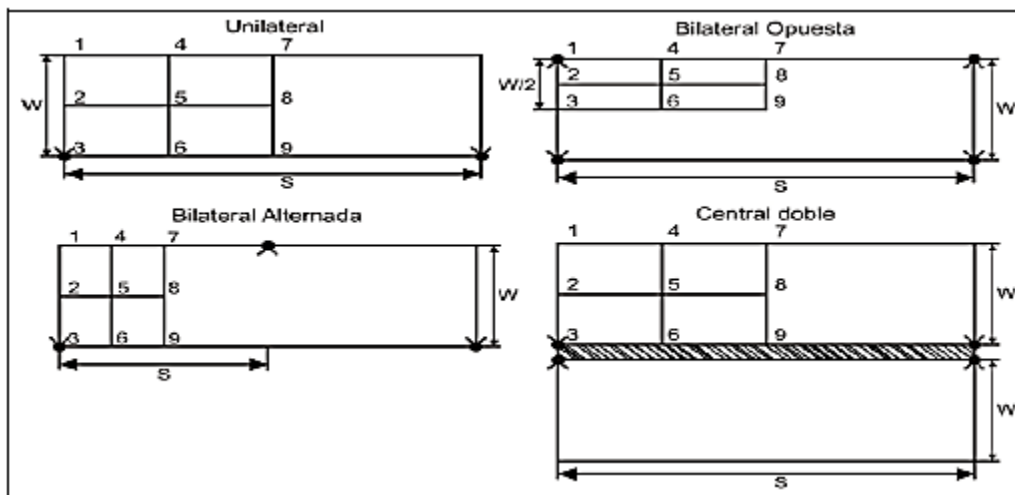


Figura 6 Ubicación de los nueve puntos según disposición de las luminarias. Fuente: Figura 530.1.c) Selección de los 9 puntos según disposición de las luminarias. RETILAP [9].

Por lo anterior, se procede a realizar el cálculo lumínico para las vías escogidas en el Municipio de Pitalito, el cual puede ser verificado en los Anexos (01).

DATOS TOMADOS EN CAMPO VÍAS PITALITO											
Vía	P1 [lx]	P2 [lx]	P3 [lx]	P4 [lx]	P5 [lx]	P6 [lx]	P7 [lx]	P8 [lx]	P9 [lx]	E_{prom} [lx]	Uo
Carrera 1	28	18	13	17	10	7	11	7	3	12,0625	24,87%
Calle 10	24	15	8	14	7	4	6	3	1	8,6875	11,51%
Av. Circunvalar	30	19	14	18	11	8	12	8	3	13,0625	22,97%
Av. Pastrana	24	14	9	13	6	3	9	3	2	8,375	23,88%
Carrera 5	25	16	8	18	9	5	9	5	2	10,5	19,05%
Carrera 4	37	23	13	20	10	7	11	7	5	13,75	36,36%
Carrera 3	27	20	14	19	11	6	13	8	4	13	30,77%
Carrera 2	24	15	8	14	9	5	7	5	2	9,6875	20,65%

Tabla 18 Datos obtenidos en campo de iluminación de vías principales en Pitalito Vigencia 2019.

Fuente: Elaboración propia.

Con lo cual, se procede a analizar cuáles de las vías escogidas cumple con los valores de iluminación permitidos, evidenciando lo siguiente:

NOMENCLATURA	CLASE	TIPO DE VÍA	POTENCIA LUMINARIA (VATIOS)	E_{prom}	Uo%	VALOR DE ILUMINANCIA MÍNIMO PERMITIDO
CARRERA 5	M4	R3	70	10,5	19,05	12
CARRERA 4	M4	R3	150	13,75	36,36	12
CARRERA 3	M4	R3	70	13	30,77	12
CARRERA 2	M4	R3	70	9,69	20,635	12
CARRERA 1 BOULEVAR	M3	R2	70	12,06	24,87	17
CALLE 10	M4	R3	70	8,69	11,51	12
CARRERA 14 – CIRCUNVALAR	M3	R2	150	13,06	22,97	17
AV. PASTRANA, CRA.3	M3	R3	70	8,38	23,88	17

Tabla 19 Valor promedio de iluminancia existente en Pitalito. Fuente: Elaboración propia.

De conformidad a las Tablas No.18 y 19, se observa que solo dos vías escogidas para el presente análisis cumplen con los niveles de iluminación mínimos establecidos en el RETILAP, evidenciando que el sistema actual de iluminación pública en el Municipio de Pitalito requiere la modernización oportuna y eficaz de su parque lumínico, garantizando el cumplimiento de la normatividad vigente y fomentando el uso racional de la energía URE.

3.3. Propuesta de iluminación pública con diodos emisores de luz o LED

Para explicar los beneficios de implementar la tecnología de diodos emisores de luz en la iluminación pública, debemos entender su evolución, la cual en viene produciéndose desde que en el año 1997 se desarrollase en Japón la iluminación de luz blanca basada en LED [52], el mercado mundial está demandando con mayor intensidad la transformación de las fuentes de iluminación convencional a soluciones más eficientes y duraderas basadas en sistemas de iluminación LED. Este hecho provoca que el esfuerzo en I+D+i de las empresas del sector de iluminación se haya centrado principalmente en conseguir sistemas de iluminación con buenas prestaciones, altamente eficientes y que resulten asequibles.

La posibilidad de ofrecer soluciones con un alto rendimiento desde el punto de vista del ahorro energético eliminando costos de mantenimiento y ofreciendo un sistema duradero en el tiempo, ha convertido la tecnología LED en uno de los motores tecnológicos más competitivos y con mayor proyección de futuro en el sector de la iluminación. De esta manera, la eficiencia energética se concibe como una metodología para el análisis y tratamiento de los problemas del creciente consumo [53].

Por lo anterior, se describen a continuación de manera resumida la composición estructural de las luminarias LED utilizadas en alumbrado público, así como los beneficios asociados de implementar dichas luminarias en los SALP.

3.3.1. Luminarias LED tipo alumbrado público

las luminarias de tecnología LED utilizadas en alumbrado público, están compuestas generalmente por los siguientes elementos:

- Carcasa
- Componente electrónico o driver
- Placa de LEDs
- Componente óptico o lente



Figura 7 Luminaria LED tipo alumbrado público. Fuente: Forjas Lighting & Urban Equipment.

En dicho driver o componente electrónico es en donde la emisión de luz se produce por la recombinación de electrones y de iones positivos, cuando se polariza de forma directa la unión p-n, todo ello bajo la influencia de un campo eléctrico continuo [54].

Con lo cual cada diodo emisor de luz instalado en la placa, está instalado de tal manera que toda la luz se dirija hacia el plano que se desea iluminar como se muestra en la Figura 07, además de estar recubierto por un lente especial, el cual define la fotometría de la luminaria. Dichas luminarias funcionan con corriente directa gracias al driver, lo que contribuye a controlar y corregir el factor de potencia de manera más eficiente, además de tener un encendido inmediato [7].

3.3.2. Beneficios de las luminarias LED tipo alumbrado público

En la presente sección se describen los beneficios de utilizar las luminarias LED tipo alumbrado, frente a las luminarias de alumbrado público de tecnología convencional:

- **Menor consumo de energía:** Un LED demanda menos potencia para producir la misma cantidad de luz, por ejemplo, una bombilla incandescente de 100 W con filtro rojo produce 1 W de luz roja (como en un semáforo), mientras que, para generar la misma cantidad de luz roja, un LED sólo requiere 12 W; es decir, tiene una mayor eficiencia energética [54].
- **Mayor vida útil:** Una de las razones por las cuales las bombillas LED tienen una vida útil mayor, es que estas disipan el calor de una manera más eficiente que las bombillas de tecnología convencional y por lo tanto el deterioro de sus materiales es menor. En las luminarias LED, el calor es emitido en dirección contrario al flujo de luz según; y en las luminarias de tecnología convencional el calor es emitido en la misma dirección del flujo por lo cual el proceso de disipación es más complejo en estas últimas. Esto último, a su vez contribuye a que los objetos cercanos a las luminarias se deterioren menos (por los efectos producidos por el calor) cuando se usan luminarias LED [7].
- **Mayor velocidad de conmutación (encendido y reencendido):** El LED tiene una respuesta de funcionamiento mucho más rápida que la de las lámparas de tipo halógeno o fluorescente, la diferencia es del orden de los microsegundos [54].
- **Mayor control de la luz:** La luz que incide en el lente, lo hace de forma perpendicular a este, lo cual hace que el proceso de diseñar el lente sea más preciso y por lo tanto este refractará la luz de una manera más eficiente ya que se sabe el ángulo de incidencia de la luz en el lente [7].

3.3.3. Criterios de selección de luminaria LED para SALP

Los parámetros básicos para la elección de la luminaria LED a utilizar son los siguientes[55]:

- **Flujo luminoso:** Es el caudal de radiación visible emitido por una fuente luminosa en una unidad de tiempo.
 $\phi = Q / T,$
Su unidad es el LUMEN y se representa como (lm)
- **Eficiencia luminosa:** Es el coeficiente o resultado de dividir el flujo luminoso producido, entre la potencia eléctrica consumida.
 $E = \phi / W$
Su unidad es el lumen por vatio y se representa como (lm/W). Su símbolo es η .
- **Índice de Reproducción del color:** Define la “veracidad” con que se ve el color de los objetos. Permite estudiar la reproducción de los colores, según el tipo de radiación luminosa de las diferentes lámparas.

Clasificación aproximada:

Excelente	IRC de 85% a 100%
Bueno	IRC de 70% a 84%
Regular	IRC de 40% a 63%
Malo	IRC inferior a 40%

- **Vida Útil:** Periodo de funcionamiento, expresado en horas, durante el cual el flujo de la lámpara no desciende por debajo del 70% de su valor nominal.

Por lo anterior, en las siguientes Tablas se realiza el análisis de los criterios anteriores a tres (3) luminarias LED tipo alumbrado público de diferentes marcas comerciales, así mismo, de conformidad a las vías escogidas del Municipio de Pitalito, se reemplazará las luminarias de 70W de sodio por luminarias LED que tengan potencias entre 50W y 55W; y luminarias de 150W de sodio por luminarias LED de 120W, con lo cual, el parametro inicial de la selección será la potencia nominal de las luminarias propuestas:

MARCA COMECIAL	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA NOMINAL [W]	FLUJO LUMINOSO [lm]	EFICIENCIA LUMINOSA [lm/W]	IRC [%]	VIDA ÚTIL [h]
GENERAL ELECTRIC	LED Roadway Luminaria [56]	50	7.000	140	70	80.000
PHILIPS	LUMA [57]	53	8.400	158,49	70	100.000
ROY ALPHA	RALED II [58]	55	7.603	135,24	70	100.000

Tabla 20 Criterios de Selección de luminaria LED de 50W a 55W. Fuente: Elaboración propia.

De conformidad con la Tabla No. 20, y en virtud de los criterios de selección, la luminaria LED tipo alumbrado que presenta los mejores parámetros de selección es la luminaria PHILIPS Luma BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 de 53W, con lo cual será la luminaria escogida para la elaboración del diseño lumínico.



Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 35 74 98 100 92

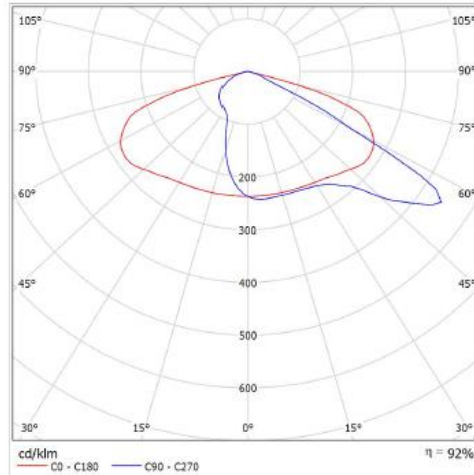
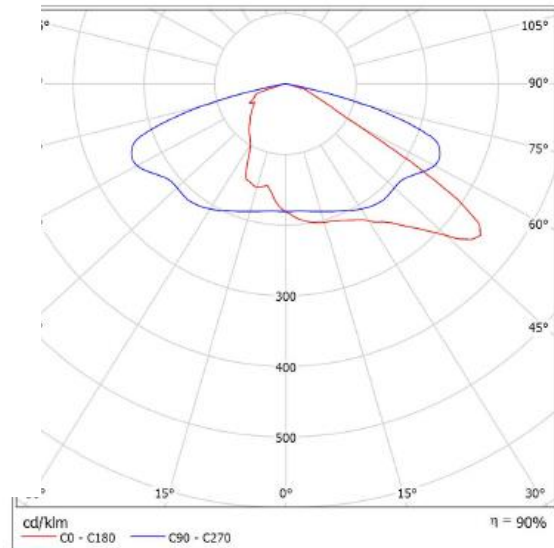


Figura 8 Luminaria PHILIPS Luma BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 de 53W. Fuente: Philips

MARCA COMERCIAL	TIPO DE LUMINARIA	POTENCIA NOMINAL [WATT]	FLUJO LUMINOSO [lm]	EFICIENCIA LUMINOSA [lm/W]	IRC [%]	VIDA ÚTIL [h]
GENERAL ELECTRIC	LED Roadway Luminaria [18]	120	16.200	135	53	80.000
PHILIPS	LUMA [19]	120	16.000	133,33	70	100.000
ROY ALPHA	RALED II [20]	120	14.300	119,17	70	100.000

Tabla 21 Criterios de Selección de luminaria LED de 120W. Fuente: Elaboración propia

De conformidad con la Tabla No. 21, y a partir de los criterios de selección, la luminaria LED tipo alumbrado que presenta los mejores parámetros de selección es la luminaria PHILIPS LUMA BGP625 T25 DW10 LED160 de 120w, con lo cual será la luminaria escogida para la elaboración del diseño lumínico.



Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 33 71 97 100 90

Figura 9 Luminaria Philips LUMA BGP625 T25 DW10 LED160 de 120W. Fuente: Philips

3.3.4. Esquema de mantenimiento

Es la relación de la iluminancia promedio en el plano de trabajo después de un periodo determinado de uso de una instalación, y la iluminancia promedio obtenida al empezar a funcionar la misma como nueva [9].

El diseñador de un proyecto de alumbrado público debe presentar el esquema de mantenimiento de la instalación de alumbrado, con base en los datos que utilizó para el cálculo de factor de mantenimiento (FM).

Cálculo de Factor de Mantenimiento (FM): El factor de mantenimiento es el resultante de la fórmula:

$$F_M = F_E \times DLB \times F_b \quad \text{Ec. 02 [9].}$$

En donde:

F_M : Factor de mantenimiento de la instalación

F_E : Depreciación de la luminaria por ensuciamiento

DLB : Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla

F_b : Factor de balasto

Depreciación producida por la suciedad acumulada en la luminaria (F_E). Es el factor de depreciación de la luminaria por ensuciamiento. La acumulación de suciedad en el conjunto óptico de las luminarias afecta el rendimiento y, por lo tanto, disminuye los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado público.

La rapidez y severidad de la acumulación de la suciedad varía con respecto a las condiciones existentes en el sitio de la instalación y al índice de hermeticidad (IP) de la luminaria.

Se debe determinar la categoría de contaminación aplicable al respectivo estudio de acuerdo con la siguiente Tabla:

Clasificación de niveles de contaminación según el tipo de ambiente			
Categoría	Descripción	Nivel de partículas	Observaciones
I	Ambientes poco polucionados	Bajo Menor 80 μ/m^3	No existen actividades generadoras de polvo o humos en la cercanía, tráfico ligero, generalmente limitado a áreas residenciales o rurales.
II	Ambientes medianamente polucionados	Medio 80 -150 μ/m^3	Existen actividades generadoras de polvo o humos en la cercanía, tráfico pesado, generalmente limitado a áreas residenciales e industriales ligeras.

III	Ambientes muy polucionados y zonas industriales	Alto Medio 150 - 400 μ/m^3	Existen actividades generadoras de nubes de polvo o humos en la cercanía, que pueden envolver ocasionalmente las instalaciones. Áreas altamente industriales.
IV	Ambientes excesivamente polucionados	Excesivo Superior a 400 μ/m^3	Como la categoría anterior pero las instalaciones están envueltas en humo y polvo.

Tabla 22 Clasificación de los niveles de contaminación. Fuente: Adaptación Tabla 580.2.3 b - Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP [9].

Depreciación del flujo luminoso de la bombilla (DBL): La influencia de la depreciación en la frecuencia de sustitución de las bombillas debe considerarse para mantener ciertas condiciones mínimas de iluminación durante la vida útil de la instalación. Este factor debe considerarse para mantener ciertas condiciones mínimas de iluminación durante la vida útil de la instalación [9].

Para el caso de la luminaria propuesta para el Municipio de Pitalito, según Data Sheet, el DLB de la luminaria es de 0,94 [56].

Factor de balasto (F_b): Es el factor del Balasto. Para los balastos de bombillas o de lámparas fluorescentes el factor del balasto se define como la relación entre el flujo luminosos de la bombilla funcionando con el balasto de producción y el flujo luminoso de la misma bombilla funcionando con el balasto de referencia [9].

Se debe tomar los factores de balastos suministrados por el fabricante dentro de la información de certificación del producto. Como los drivers para las luminarias LED no son balastos por tal razón se asume el factor de balasto como uno.

Relación entre el factor de ensuciamiento y el factor de hermeticidad: La cantidad de suciedad acumulada depende del grado de hermeticidad del conjunto óptico y del ambiente en el cual se va a instalar la luminaria. Se deben considerar los máximos periodos de limpieza del conjunto óptico establecido en la siguiente Tabla No. 23 los cuales serán aplicados en la presente propuesta.

Categoría	Descripción	Nivel de partículas	Periodo de Limpieza (Meses)
I	Ambientes poco polucionados	< 80 μ/m^3	36 o cambio de bombilla
II	Ambientes medianamente polucionados	80 -150 μ/m^3	24
III	Ambientes muy polucionados y zonas industriales	150 -300 μ/m^3	12
		300 -400 μ/m^3	6
IV	Ambientes excesivamente polucionados	400 - 600 μ/m^3	6
		> 600 μ/m^3	3

Tabla 23 Periodos máximos para realizar limpieza del conjunto óptico de luminarias. Fuente: Adaptación Tabla 580.2.3 C- Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público [9].

Para el Municipio de Pitalito (Huila), por ser un eje económico en ganadería, avicultura, porcicultura, piscicultura y además de ser considerado como el primer y mayor productor de café en el país, con 11.700 hectáreas sembradas; reconocidos a nivel internacional por la calidad y posicionamiento de los llamados Cafés Especiales que se comercializan en los grandes mercados mundiales. Según el Ministerio de Agricultura nacional en Pitalito se cosecha el mejor café especial del mundo [59], su ambiente se encuentra medianamente polucionado (Categoría II) donde además existen actividades medianamente generadoras de polvos o humo y el tráfico es semi pesado en las avenidas principales y ligero en la zona urbana. La anterior categorización propuesta, es fundamentada en la falta de información respecto a la polución ambiental del Municipio, ya que dicha información del tipo de polución existente no está especificada en el POT. Así mismo se establece que

dependiendo el tipo de vía en el Municipio de Pitalito, su Periodo de Limpieza del conjunto óptico se estipula entre 12 y 24 meses.

Así mismo, se presenta a continuación la Tabla No. 24 donde se relacionan los valores de ensuciamiento según el índice de protección IP de la luminaria y de la categoría de contaminación de la vía.

Factores de ensuciamiento de luminarias según el tipo de vía				
Tipo de vía o clase de Iluminación	Nivel de Contaminación	Índice de hermeticidad (IP) de la Luminaria	Periodo en meses, de limpieza del conjunto óptico de la luminaria	Factor de Ensuciamiento FE
Avenidas en el centro de algunas ciudades	IV	6 X (a)	6	0,91
		6 X (b)	6	0,93
M2 y M3	III	6 X (a)	12	0,91
		6X (b)	12	0,93
M4 y P1 a P3	II	6 X (a)	24	0,89
		6 X (b)	24	0,91
M5, P4 a P7 y parques	I	6 X (a)	24	0,9
		6 X (b)	36 o cambio de la bombilla	0,95

Tabla 24 Factores de ensuciamiento de las Luminarias, Según el nivel de polución, índice de hermeticidad y el periodo de limpieza utilizado. Fuente: Adaptación Tabla 580.2.3 e. - Anexo General del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público [9].

- Notas:
- (a) - Cierre del conjunto óptico mediante ganchos u otros elementos que cumplan esa función.
 - (b) - Conjunto óptico completamente sellado.
 - (*) Para avenidas del centro de algunas ciudades con categorías de contaminación I ó II el factor de ensuciamiento es el mismo, pero con un periodo de limpieza cada 12 meses [9].

Por lo anterior, y de conformidad al índice de protección IP 66 de la luminaria propuesta, se establece en la siguiente Tabla el Factor de Ensuciamiento de las vías escogidas para el presente análisis:

NOMENCLATURA	CLASE	INDICE DE CONTAMINACIÓN	INDICE DE HERMETICIDAD (IP) DE LA LUMINARIA	PERIODO DE LIMPIEZA DE CONJUNTO ÓPTICO DE LA LUMINARIA	FACTOR DE ENSUCIAMIENTO
CARRERA 1 BOULEVAR	M3	II	66	12	0,93
CALLE 10	M4	II	66	24	0,91
CARRERA 14 - CIRCUNVALAR	M3	II	66	12	0,93
AV. PASTRANA, CRA.3	M3	II	66	12	0,93
CARRERA 5	M4	II	66	24	0,91
CARRERA 4	M4	II	66	24	0,91
CARRERA 3	M4	II	66	24	0,91
CARRERA 2	M4	II	66	24	0,91

Tabla 25 Factores de ensuciamiento para la propuesta lumínica en el Municipio de Pitalito, Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información suministrada anteriormente, el Factor de Mantenimiento F_M de las anteriores vías queda así:

NOMENCLATURA	CLASE	FACTOR DE ENSUCIAMIENTO	DBL	FACTO BALASTO	FACTOR DE MANTENIMIENTO
CARRERA 1 BOULEVAR	M3	0,93	0,94	1	0,8742
CALLE 10	M4	0,91	0,94	1	0,8554
CARRERA 14 - CIRCUNVALAR	M3	0,93	0,94	1	0,8742
AV. PASTRANA, CRA.3	M3	0,93	0,94	1	0,8742
CARRERA 5	M4	0,91	0,94	1	0,8554
CARRERA 4	M4	0,91	0,94	1	0,8554
CARRERA 3	M4	0,91	0,94	1	0,8554
CARRERA 2	M4	0,91	0,94	1	0,8554

Tabla 26 Factores de Mantenimiento para propuesta lumínica en el Municipio de Pitalito, Fuente: Elaboración propia.

3.3.5. Presentación Software de Iluminación

El software utilizado para la elaboración de los cálculos de iluminación tiene por nombre DiaLux, el cual cuenta con certificado RETILAP, y es utilizado para el diseño de iluminación profesional.

El software recibe como parámetro de entrada las características de la vía a iluminar, así como el factor de mantenimiento. A su vez, se debe especificar el tipo de vía y el número de carriles que la conforma. Luego de haber ingresado los parámetros anteriores, se procede a ubicar las luminarias en el plano con su respectiva altura, ángulo de dirección e inclinación, factor de retroceso de la luminaria (desde el borde de la vía hasta el poste) y retranqueo (avance de la luminaria sobre la vía).

Seguido, el software calcula la luminancia, de conformidad con los requerimientos ingresados por el usuario, mostrando las interdistancias que de los postes que cumplen con el tipo de vía propuesta, como se muestra en la siguiente Figura No. 10:

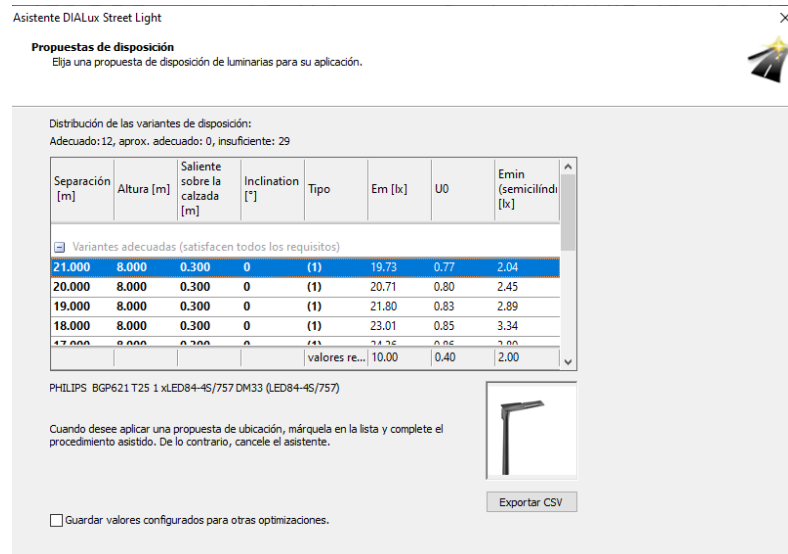


Figura 10 Interfaz de diseño Lumínico para vías. Fuente: Software DiaLux

Finalmente, se muestra la ubicación de las luminarias, así como el render de la iluminación en colores falsos, como se muestra en la siguiente Figura No. 11:

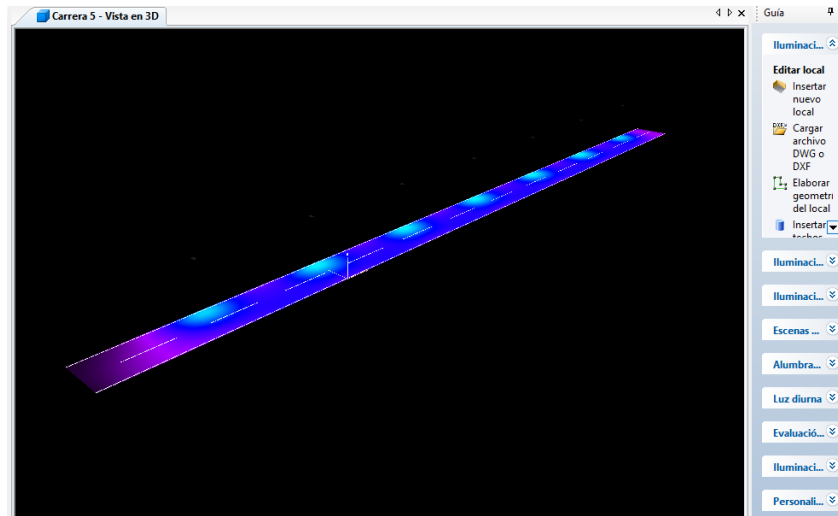


Figura 11 Resultados lumínicos en colores falso y ubicación de luminarias del diseño de iluminación vial. Fuente: Software DiaLux

3.3.6. Diseño lumínico para vías Municipio de Pitalito

A continuación, se presentan resumidos los resultados de los diseños lumínicos para las vías representativas del municipio de Pitalito elaborados con las luminarias LED propuestas, los cuales pueden ser verificados según anexos dos (02):

- **Carrera 5ta**

Datos de entrada

Tipo de vía:	M4
Factor de Mantenimiento:	0,86
Ancho de la Calzada:	8 metros
Interdistancia de postes:	21 metros

Luminaria Propuesta: PHILIPS Luma BGP621 T25 1
xLED84-4S/757 DM33 53W

Datos de salida

E_{prom} : 19.73 lm
 U_0 : 77%

- **Carrera 4ta**

Datos de entrada

Tipo de vía: M4
Factor de Mantenimiento: 0,86
Ancho de la Calzada: 8 metros
Interdistancia de postes: 21 metros

Luminaria Propuesta: PHILIPS Luma BGP621 T25 1
xLED84-4S/757 DM33 53W

Datos de salida

E_{prom} : 19.73 lm
 U_0 : 77%

- **Carrera 3ra**

Datos de entrada

Tipo de vía: M4
Factor de Mantenimiento: 0,86
Ancho de la Calzada: 8 metros
Interdistancia de postes: 27 metros

Luminaria Propuesta: PHILIPS Luma BGP621 T25 1
xLED84-4S/757 DM33 53W

Datos de salida

E_{prom} : 30.69 lm
 U_0 : 76%

- **Carrera 2da**

Datos de entrada

Tipo de vía: M4
Factor de Mantenimiento: 0,86
Ancho de la Calzada: 8 metros
Interdistancia de postes: 30 metros

Luminaria Propuesta: PHILIPS Luma BGP621 T25 1
xLED84-4S/757 DM33 53W

Datos de salida

E_{prom} : 28.16 lm
 U_0 : 80%

- **Carrera 1era**

Datos de entrada

Tipo de vía: M3
Factor de Mantenimiento: 0,87
Ancho de la Calzada: Dos calzadas de 7 metros
Interdistancia de postes: 19 metros

Luminaria Propuesta: PHILIPS LUMA BGP625 T25 DW10
LED160 de 120W

Datos de salida

E_{prom} : 29.83lm
 U_0 : 86%

- **Calle 10**

Datos de entrada

Tipo de vía: M4
Factor de Mantenimiento: 0,86
Ancho de la Calzada: 8 metros
Interdistancia de postes: 30 metros

Luminaria Propuesta: PHILIPS Luma BGP621 T25 1
xLED84-4S/757 DM33 53W

Datos de salida

E_{prom} : 27.61 lm
 U_0 : 76%

- **Av. Circunvalar**

Datos de entrada

Tipo de vía: M3
Factor de Mantenimiento: 0,87
Ancho de la Calzada: Dos calzadas de 7 metros
Interdistancia de postes: 17 metros

Luminaria Propuesta: PHILIPS LUMA BGP625 T25 DW10
LED160 de 120W

Datos de salida

E_{prom} : 20.08 lm
 U_0 : 81%

- **Av. Circunvalar**

Datos de entrada

Tipo de vía: M3
 Factor de Mantenimiento: 0,87
 Ancho de la Calzada: Dos calzadas de 7 metros
 Interdistancia de postes: 17 metros

Luminaria Propuesta: PHILIPS LUMA BGP625 T25 DW10
 LED160 de 120W

Datos de salida

E_{prom} : 20 lm
 U_0 : 81%

De conformidad lo anterior, se realiza la verificación del cumplimiento de los niveles de iluminación permitidos en la Tabla 510.4.1.B) Art.510.4.1 Clases de iluminación para vías vehiculares del RETILAP:

VÍAS PRINCIPALES PITALITO, HUILA	CLASE	POTENCIA LUMINARIA (VATIOS)	E_{prom} [lm]	U_0 %	VALOR DE ILUMINANCIA MÍNIMO PERMITIDO [lm]	CUMPLIMIENTO
CARRERA 1 BOULEVAR	M3	120	29,83	86	17	✓
CALLE 10	M4	53	27,61	76	12	✓
CARRERA 14 - CIRCUNVALAR	M3	120	20,08	81	17	✓
AV. PASTRANA, CRA.3	M3	120	20	81	17	✓
CARRERA 5	M4	53	19,73	77	12	✓
CARRERA 4	M4	120	19,73	77	12	✓
CARRERA 3	M4	53	30,69	76	12	✓
CARRERA 2	M4	53	28,16	80	12	✓

Tabla 27 Niveles de Iluminación con Iluminación LED para el Municipio de Pitalito, Fuente:
 Elaboración propia.

En virtud del análisis anterior se recalcula la carga del alumbrado público del Municipio de Pitalito, proponiendo de igual manera la migración de tecnología de las luminarias de sodio de 250W por luminarias LED de 150W, como también la propuesta del cambio de las luminarias de Metal Halide de 400W por reflectores LED de 200W, a lo cual se evidencia en la siguiente Tabla:

TECNOLOGÍA	POTENCIA (WATT)	PÉRDIDA EN LA REACTANCIA	CANTIDAD DE LUMINARIAS	POTENCIA INSTALADA [W]	POTENCIA INSTALADA INCLUYENDO LA REACTANCIA [W]	DEMANDA PERDIDAS [kW - h - mes]	DEMANDA SIN REACTANCIA [kW / mes]	DEMANDA CON REACTANCIA [kW / mes]
LED	53	4	5.913	313.389	337.041	8.515	112.820	121.335
	120	9	689	82.680	88.881	2.232	29.765	31.997
	150	11	559	83.850	89.999	2.214	30.186	32.400
REFLECTOR LED	200	15	89	17.800	19.135	481	6.408	6.889
TOTAL			7.250	497.719	535.056	13.441	179.179	192.620

Tabla 28 Cuadro de Carga de alumbrado Público con iluminación LED para el Municipio de Pitalito, Fuente: Elaboración propia.

3.3.7. Análisis técnico de la migración de tecnología de alumbrado público en Pitalito Huila

De conformidad a lo anterior, y en virtud de la Tabla No. 27 se puede evidenciar que el cambio propuesto de luminarias del SALP a tecnología LED en el Municipio de Pitalito, permitiría el cumplimiento de los niveles de iluminación mínimos exigidos por el RETILAP, toda vez al aumento de la uniformidad en las vías objeto de análisis, y al aumento de la iluminación promedio, a lo cual se predice el mismo resultado en el resto de vías y calles del Municipio.

Así mismo, de conformidad con la Tabla No. 28, las pérdidas en la reactancia de las luminarias LED disminuyeron a 13.441 kW-h/mes, con lo cual representa una disminución del **62,88%** con respecto al valor actual, de igual manera, se evidencia una disminución considerable en la demanda de energía mensual

del alumbrado público, dicha disminución sería aproximadamente del **34,21%**, con lo cual, se estaría disminuyendo el consumo de energía eléctrica y fomentando el uso racional de la energía URE, sin perjuicio que se estaría cumpliendo de igual manera con la normatividad vigente en iluminación pública.

Lo anterior, avala técnicamente y ratifica la necesidad de modernizar la infraestructura del alumbrado público del municipio de Pitalito con el reemplazo de las luminarias existentes por luminarias tipo LED.

El Capítulo siguiente muestra el análisis financiero que parte de las indicaciones establecidas sobre la necesidad de modernizar el alumbrado público en el Municipio de Pitalito, con lo cual, se determinará la viabilidad económica del proceso de migración tecnológica del parque lumínico, teniendo en cuenta la normatividad que regula las metodologías de remuneración del servicio de alumbrado público, así como la evaluación de costos que será utilizada en el flujo financiero, el cual es el factor que establecerá la viabilidad económica del proceso de modernización a largo plazo.

4. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA DE MODERNIZAR UN SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO EN MUNICIPIO TÍPICO DE COLOMBIA

De conformidad a la Sección *610.7 EVALUACIÓN DE COSTOS* del RETILAP, para la evaluación económica de proyectos de alumbrado público, se debe considerar la inversión inicial y los costos de operación, mantenimiento y reposición de elementos cuya vida útil sea menor a 30 años.

Con lo cual, el presente análisis financiero se realizará en virtud a las metodologías descritas en la Resolución CREG 123 de 2011 [34], por la cual se determina los costos máximos que deberán aplicar los municipios o distritos, para remunerar a los prestadores del servicio así como el uso de los activos vinculados al sistema de alumbrado público [34].

A partir de lo anterior, como se evidencia en la figura 12, el análisis de la viabilidad económica de modernización el SALP en el Municipio de Pitalito Huila, contempla el cálculo y el modelamiento de la remuneración de la actividad del servicio de alumbrado público en el Municipio. Con lo cual, dicho proceso de remuneración establece el cálculo de las actividades del costo de suministro de energía eléctrica del SALP, el costo máximo a remunerar por la actividad de inversión para la modernización del SALP y el costo máximo de la actividad de Administración, Operación y Mantenimiento AOM del SALP.

Por lo tanto, para determinar las tres actividades anteriores, se debe establecer la Unidad Constructiva para el SALP descrita en los anexos de la resolución CREG 123 de 2011, la cual se define como el conjunto de elementos que conforman una unidad típica de alumbrado público. A continuación, la figura 12 muestra dentro de un cuadro resumen, que permite identificar los elementos que componen los Costos de inversión y diferenciar de los elementos que componen los costos de AOM. Adicionalmente, las siguientes secciones explican con detalle cada elemento y se establece para el caso de estudio su valor.

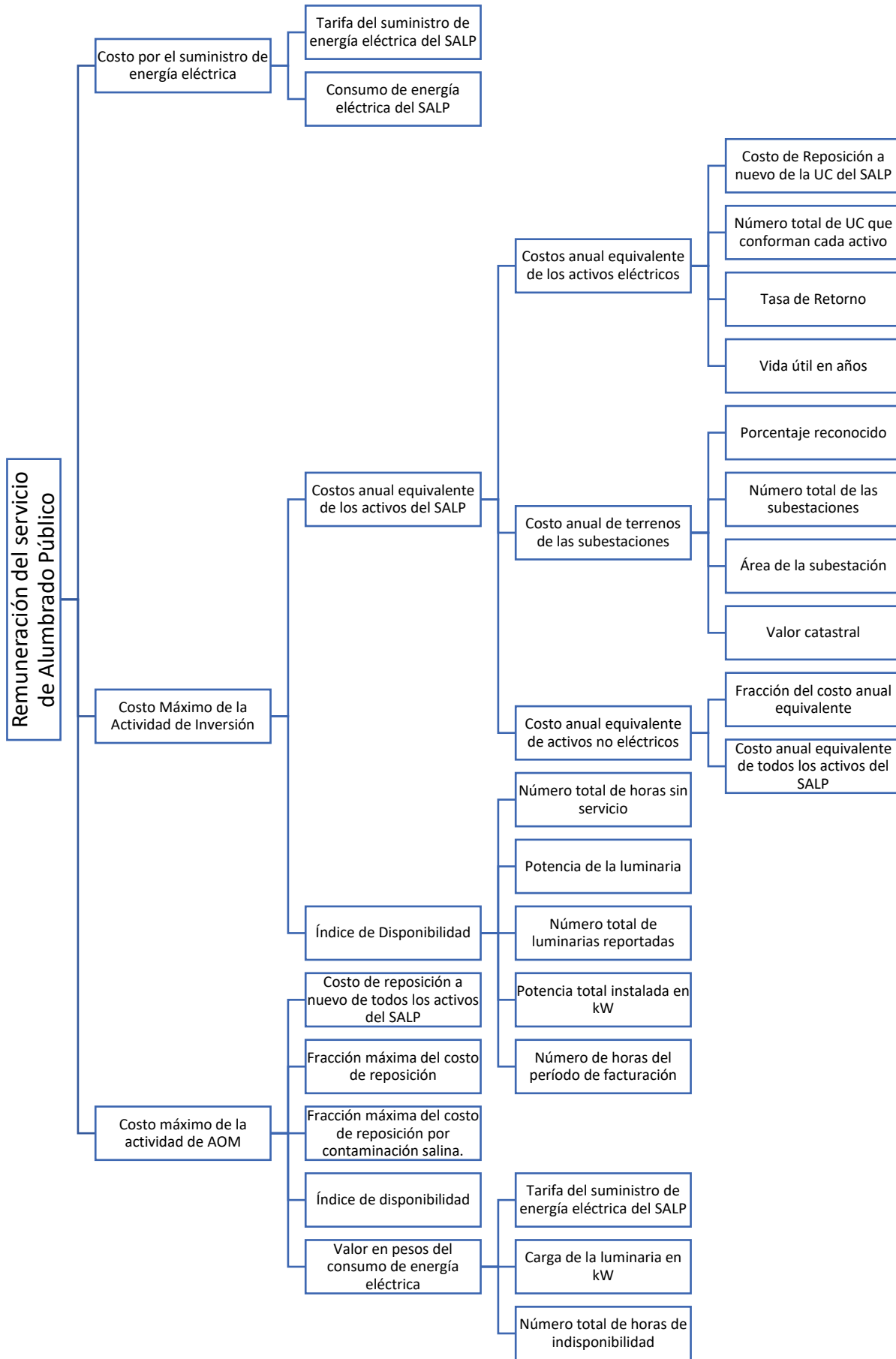


Figura 12 Remuneración del Servicio de Alumbrado Público. Fuente: Adaptación CREG 123 de 2011

De ahí que, los grupos de Unidades Constructivas del Servicio de Alumbrado Público que se consideraron para el análisis del Municipio de Pitalito son los siguientes:

1. Luminarias
2. Bombillas
3. Transformadores
4. Postes de concreto, metálicos, ornamentales y mástiles
5. Cámaras y Canalizaciones
6. Redes
7. Sistema de Medición

Definiendo cada elemento anterior como [34]:

La Unidad Constructiva Bombillas: Comprende las bombillas de todos los tipos y potencias que se utilizan en los diferentes sistemas de alumbrado público.

La Unidad Constructiva luminaria: Comprende todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, balasto, el control de encendido y/o apagado de la bombilla.

La Unidad Constructiva Transformadores: Incluye los transformadores de tipo poste y pedestal utilizados en los SALP.

La Unidad Constructiva Postes y Mástiles: Comprende los postes de concreto, metálicos, ornamentales, de diseño especial, mástiles, de diferentes alturas, utilizados en los SALP.

La Unidad Constructiva Cámaras y Canalización: Comprende todo tipo de cámaras y canalizaciones utilizadas en los SALP.

La Unidad constructiva redes: Comprende todo tipo de conductores, para redes aéreas y subterráneas, en cobre y aluminio de diferentes calibres, utilizadas en los SALP, el conductor aislado (o quinto hilo).

La Unidad Constructiva Sistemas de Medición: Comprende todo tipo de medidores electromecánicos y electrónicos, con el correspondiente software de lectura y accesorios para la interrogación remota de los medidores, utilizados en los sistemas eléctricos para medir el consumo de energía eléctrica.

Finalmente, y de conformidad a la figura 12, se describe a continuación, los cálculos financieros y los procesos necesarios que fijarán el valor total de remunerar el servicio de alumbrado público en Pitalito, teniendo en cuenta precios de mercado en la vigencia de 2020, así como los parámetros requeridos para el modelamiento del flujo financiero descritos en la sección 4.3.

4.1. Fórmula general de costos máximos para remunerar a los prestadores del servicio y el uso de los activos vinculados al servicio de alumbrado público – CREG 123 de 2011.

Para el presente análisis, y de conformidad al Artículo 8 de la Resolución CREG 123 de 2011, se aplicará la metodología de costos máximos para remunerar a los prestadores del servicio y el uso de los Activos Vinculados al Servicio de Alumbrado Público así:

$$RSLAP = CSEE + CINV + CAOM \quad Ec. 03 [34]$$

Donde:

<i>RSALP:</i>	Remuneración del Alumbrado Público en pesos corrientes
<i>CSEE:</i>	Costo máximo del suministro de energía eléctrica para el SALP en pesos corrientes.
<i>CINV:</i>	Costo máximo de la Actividad de Inversión del SALP en pesos corrientes.
<i>CAOM:</i>	Costo máximo de la actividad de AOM del SALP en pesos corrientes [34].

4.1.1. Costo por el suministro de energía eléctrica destinada al servicio de alumbrado público.

El costo máximo de suministro de energía eléctrica para el Servicio de Alumbrado Público se determinará así:

$$CSEE = \sum_{n=1}^2 (TEEn \times CEE_n) \quad Ec. 04 [34]$$

Donde:

<i>CSEE:</i>	Valor costo del suministro de energía eléctrica para el Servicio de Alumbrado Público en pesos.
<i>n:</i>	Nivel de tensión 1 o 2.
<i>TEE:</i>	Tarifa del suministro de energía eléctrica para el Servicio de Alumbrado Público en el nivel de tensión n en \$/kWh.
<i>CEE:</i>	Consumo de energía eléctrica del Servicio de Alumbrado Público en el nivel de tensión n en kWh [34].

Por lo anterior, para el presente análisis la tarifa promedio del suministro de energía eléctrica para el Servicio de Alumbrado Público en el Municipio de Pitalito en virtud a la Tabla No. 08 *Impuesto de A.P. en la vigencia 2018* es de **\$577 kW/h.**

Así mismo, de conformidad a la Tabla No. 11 *Cuadro de Carga de alumbrado Público de Pitalito Vigencia 2019*, el consumo de energía eléctrica mensual del alumbrado público con la nueva tecnología propuesta es 192.620 kW.

Por lo tanto,

$$CSEE = \$577 \times 192.620$$

$$CSEE = \$111.141.740$$

4.1.2. Costo máximo de la actividad de inversión del sistema de alumbrado público calculado en el Municipio de Pitalito.

Con el fin de remunerar el costo máximo de la Actividad de Inversión del Sistema de Alumbrado Público se aplicará la siguiente fórmula.

$$CINV = \sum_{n=1}^2 (CAA_n \times ID) \quad Ec.05 [34]$$

Donde:

<i>CINV</i> :	Costo máximo de la actividad de inversión
<i>n</i> :	Nivel de tensión 1 o 2.
<i>CAA</i> :	Costos anual equivalente de los activos
<i>ID</i> :	Índice de disponibilidad de las luminarias [34]

4.1.3. Costo anual equivalente de los activos del sistema de alumbrado público calculado en el Municipio de Pitalito.

El costo anual equivalente de los activos del Sistema de Alumbrado Público se determina de conformidad con las siguientes disposiciones:

- Los inventarios de activos construidos en desarrollo de la Actividad de Inversión, puestos en uso.
- Los terrenos asociados con cada subestación construidos por el prestador del Servicio de Alumbrado Público, indicando para cada terreno su área (m²) y valor catastral total.
- Los activos no eléctricos, necesarios para la prestación del Servicio de Alumbrado Público [34].

De acuerdo con lo anterior el Costo anual equivalente de la infraestructura se determina así:

CAAn: Costo anual equivalente de todos los activos del nivel de tensión *n* en pesos constantes.

$$CAAn = CAAEn + CATn + CAANEn \quad Ec. 06 [34]$$

a) *CAAE*: Costo anual equivalente de activos eléctricos

$$CAAEn = \sum_{i=1}^{NRn} \left(CR_i \times \frac{r}{1-(1+r)^{-vi}} \right) \quad Ec. 07 [34]$$

Donde:

CR_i: Costo de Reposición a nuevo de la UC que conforma cada activo de alumbrado público, instalado y puesto en operación.

NRn: Número total de UC que conforman cada activo, instalado y puesto en operación en el Nivel de Tensión *n* por el prestador de la Actividad de Inversión.

r: Tasa de Retorno establecida para la actividad de distribución de energía eléctrica para los sistemas que se remuneran con la Metodología de Precio Máximo, según CREG 016 de 2018 para la vigencia 2020 es de **11.64%**

Vi: Vida útil en años, reconocida para la UCAP.

b) *CAT*: Costo anual de terrenos de las subestaciones del Nivel de Tensión n.

El costo anual de terrenos de las subestaciones que atiendan en forma exclusiva los activos del SALP del nivel n se calculará así:

$$CATn = R \times \sum_{i=1}^{NSn} (AT_i \times VCT_i) \quad Ec.08 [34]$$

Donde:

R: Porcentaje reconocido anualmente sobre el valor de los terrenos que corresponde al 6.9%. Para las subestaciones en poste tipo de pedestal y subterránea instaladas en el espacio público, el valor del coeficiente R es cero.

NSn: Número total de las subestaciones del nivel de tensión n, instaladas y puestas en operación, sobre las cuales se reconocen áreas de terreno.

AT: Área de la subestación i (m²)

VCT: Valor catastral correspondiente al terreno de la subestación i (\$/m²) en pesos constantes del mes de presentación de la oferta por parte del prestador de la actividad de inversión [34].

De conformidad con el inventario municipal del SALP del Municipio de Pitalito, las subestaciones pertenecientes a dicho inventario se encuentran instaladas en poste tipo pedestal, por lo cual el coeficiente R es cero y el Costo anual de terrenos de las subestaciones es de igual manera cero.

$$CAT = 0$$

c) *CAANEn*: Costo anual equivalente de activos no eléctricos

El costo anual equivalente de los activos no eléctricos que se reconoce al prestador del Servicio de Alumbrado Público, en los niveles de tensión n, se determinará de acuerdo con la siguiente expresión [34]:

$$CAANEn = NE \times CAAEn \quad Ec. 09 [34]$$

Donde:

NE: Fracción del costo anual equivalente de los activos en operación que se reconoce como costo anual equivalente de Activos No Eléctricos. NE es igual a 0,041 [60].

CAAE: Costo anual equivalente de todos los activos del SALP del Nivel de Tensión n. Incluye los activos de propiedad del municipio y/o distrito entregados al prestador del Servicio de Alumbrado Público y los activos nuevos, resultado de la expansión, modernización y reposición efectuadas por el prestador de la Actividad de Inversión [34].

4.1.3.1. Índice de disponibilidad de la infraestructura instalada

Servicio de Alumbrado Público debidas a defectos de la infraestructura propia se descuentan de la remuneración de la inversión y del AOM. El índice de disponibilidad de la infraestructura cuantifica estas deficiencias, y se mide a través de las interrupciones por luminarias que no funcionan o funcionan de manera deficiente, reportadas por los usuarios y el interventor [34].

El valor del índice de disponibilidad de la infraestructura, se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$ID = 1 - \sum_{i=1}^m \left(\frac{W_i \times HSS_i}{WT \times T} \right) \quad Ec. 10 [34]$$

Donde:

W_i : Potencia de la luminaria i en kW (incluye la carga de la bombilla y de los demás elementos internos para su funcionamiento), reportada al registro de quejas y reclamos de alumbrado público.

HSS_i : Número total de horas sin servicio de la luminaria i.

- m*: Número total de luminarias reportadas al registro de quejas y reclamos de alumbrado público del municipio o distrito para el período de remuneración.
- WT*: Potencia total instalada en kW de las luminarias que componen el Sistema de Alumbrado Público de un municipio o distrito.
- T*: Número de horas del período de facturación de las luminarias.

De acuerdo con las condiciones generales de operación de las clases de iluminación de las vías vehiculares y de las vías para tráfico peatonal y ciclistas, las horas de prestación del servicio se establecen entre las 6 p.m. y las 6 a.m. El número de horas es igual a doce (12) horas/día [34].

Para el presente análisis se establece 25 luminarias de 53W fuera de servicio en un rango de 4 horas, con lo cual el Índice de disponibilidad es el siguiente:

$$ID = 1 - \left[\frac{(25 \times 53) \times 4}{192620 \times 12} \right]$$

$$ID = 0,997707059$$

4.1.3.2. Modelado financiero: Costo máximo de la actividad de inversión

De conformidad a la Resolución CREG 123 de 2011 a continuación, se estima el costo total de cada Unidad Constructiva de la luminaria utilizada en el sistema de Alumbrado Público, correspondiente a las actividades descritas a continuación:

1. Costo del suministro en sitio del elemento
2. Costo de la Obra civil.
3. Costo del Montaje.
4. Costos de Ingeniería.
5. Costo de la administración de la obra.

6. Costo de los inspectores de obra.
7. Costo de la interventoría de obra.
8. Costos Financieros.

Por lo tanto, en la Tabla No. 30 se estima el costo de las unidades constructiva de la luminaria propuesta para la modernización del SALP en el Municipio teniendo en cuenta las actividades anteriores según precio de mercado para la vigencia 2020.

Unidad Constructiva		Costo Suministro	Costo de obra civil	Costo Montaje	Costo Ingeniería [10%]	Costo Administración [10%]	Costo Inspector	Costo de Interventoría [7%]	Costos Financieros	COSTO TOTAL UC AP
Luminaria	Led 53W	\$ 650.000	\$ -	\$ 74.293	\$ 72.429	\$ 72.429	\$ 14.167	\$ 55.771	\$ 268.125	\$1.207.215
	Led 120W	\$ 720.000	\$ -	\$ 74.293	\$ 79.429	\$ 79.429	\$ 14.167	\$ 61.161	\$ 297.000	\$1.325.480
	Led 150W	\$ 850.000	\$ -	\$ 74.293	\$ 92.429	\$ 92.429	\$ 14.167	\$ 71.171	\$ 350.625	\$1.545.115
	Reflector Led 200W	\$ 950.000	\$ -	\$ 148.498	\$ 109.850	\$ 109.850	\$ 28.333	\$ 84.584	\$ 391.875	\$1.822.990

Tabla 29 Estimación costo Unidad Constructiva Luminaria SALP. Fuente: Elaboración propia.

Es de aclarar que, la actividad costo financiero al conjunto de desembolsos en términos de unidades monetarias por concepto de intereses, comisiones y otros que se originan por la remuneración de un activo en tiempo determinado, por lo cual, en virtud a la función *INT.PAGO.DIR* de Excel se calcula el interés de pago de la inversión de las luminarias para la modernización del SALP, dicho valor se estima a continuación en la Tabla No. 30:

Tasa de Interés Anual 2020	2,75%
Periodo Inicial	1

Unidad Constructiva		Costo Suministro	Vida Útil (Años)	Costo Financiero
Luminaria	Led 53W	\$ 650.000	15	\$ 268.125
	Led 120W	\$ 720.000	15	\$ 297.000
	Led 150W	\$ 850.000	15	\$ 350.625
	Reflector Led 200W	\$ 950.000	15	\$ 391.875

Tabla 30 Estimación costo Financiero Luminaria SALP. Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, el costo del montaje se estima en el anexo tres (03).

Por lo anterior, y de conformidad a la Tabla No. 31, se establecen el valor total de la inversión necesaria para la modernización del SALP en el municipio de Pitalito:

Unidad Constructiva		Cantidad	Costo Reposición	Costo Inversión
Luminaria	Led 53W	5913	\$ 1.207.215	\$ 7.138.259.930
	Led 120W	689	\$ 1.325.480	\$ 913.255.444
	LED 150W	559	\$ 1.545.115	\$ 863.719.061
	Reflector Led 200W	89	\$ 1.822.990	\$ 162.246.074
VALOR TOTAL DE LA INVERSIÓN				\$ 9.077.480.509

Tabla 31 Inversión para modernización parque lumínico del SALP Pitalito Huila. Fuente: Elaboración propia.

Se evidencia entonces que, el valor de la inversión de \$9.077.480.509 para la modernización de 7250 luminarias en el Municipio de Pitalito, es acorde al precio de mercado actual, teniendo en cuenta el proceso de modernización del SALP llevado a cabo en el Municipio de Chía en el año 2017, donde la inversión para modernizar 8.215 luminarias fue de \$13.887.891.624 [51].

Finalmente, en virtud al anexo cuatro (04), por medio del cual se calcula el valor a remunerar según el costo máximo de la Actividad de Inversión del SALP en Pitalito Huila, se aplicó la ecuación 05 del presente documento, la cual establece:

$$CINV = \sum_{n=1}^2 (CAAn \times ID) \quad Ec. 05 [34]$$

$$CINV = \$ 112.716.403$$

Por lo tanto, la cifra anterior corresponde al costo máximo que será reconocido periódicamente al prestador del Servicio de Alumbrado Público por la

actividad inversión en el proceso modernización del SALP en el Municipio de Pitalito. Esta remuneración de la inversión no aplica a la infraestructura de propiedad del municipio entregada a dicho prestador. Para esta infraestructura sólo se reconocen la modernización y reposición del SALP.

4.1.4. Costo máximo de la actividad de AOM del sistema de alumbrado público calculado en el Municipio de Pitalito.

La remuneración del costo máximo de la Actividad de AOM de la infraestructura propia del SALP, se determinará así:

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

[34]

Donde:

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 presentación 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 de AOM. **Su valor es 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 0,005.**

ID: Índice de disponibilidad de las luminarias del SALP.

VCEEIn: Valor en pesos del consumo de energía eléctrica por indisponibilidad de luminarias en el nivel de tensión n. Sólo se consideran aquellas luminarias que están reportadas al SIAP como prendidas cuando deben estar apagada [34].

4.1.4.1. Valor del consumo de energía eléctrica por indisponibilidad de luminarias.

El valor del consumo de energía eléctrica debido a indisponibilidad de luminarias en cada nivel de tensión n, se calculará así:

$$VCEEI_n = TEE_n * \sum_{j=1}^m (QI_{j,n} \times TI_{j,n}) \quad Ec. 12 [34]$$

Donde:

TEE_n : Tarifa del suministro de energía eléctrica para el Servicio de Alumbrado Público en el nivel de tensión n en \$/kWh.

$QI_{j,n}$: Carga de la luminaria j en kW, reportada con indisponibilidad en el SIAP de Servicio de Alumbrado Público en el nivel de tensión n. Incluye la carga de la bombilla de la luminaria y de los demás elementos internos para su funcionamiento.

$TI_{j,n}$: Número total de horas de indisponibilidad de la luminaria j, reportada en el SIAP en el nivel de tensión n. Son las horas desde el momento que se reporta la anomalía, hasta cuando el prestador del Servicio de Alumbrado Público la reporta en servicio normal [34].

Para el presente análisis, la tarifa promedio del suministro de energía eléctrica para el Servicio de Alumbrado Público en el Municipio de Pitalito según la Tabla No. 8 *impuesto de A.P. en la vigencia 2018* es de **\$577 kW/h**.

A partir de lo anterior, y de conformidad a lo mencionado anterior la potencia fuera de servicio sugerida corresponde a 1,325kW y el tiempo de indisponibilidad se establece en 4 horas, con lo cual el valor del consumo de energía eléctrica por indisponibilidad es el siguiente:

$$VCEEI = \$567kWh \times 1,325kW \times 4h$$

$$VCEEI = \$3005,10$$

4.1.4.2. Modelado financiero: costo máximo de la actividad de AOM

Para el presente modelado financiero se establece a continuación, el inventario de la Infraestructura que compone en su totalidad el SALP en el Municipio de Pitalito vigencia 2019:

TRANSFORMADORES	CANTID.
15 KVA 1F, 3H	16
25 KVA 1F, 3H	6
45 KVA 1F, 3H	1
75 KVA 1F, 3H	1

Tabla 32 Transformadores pertenecientes al SALP Pitalito Huila Vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia.

POSTES/MAST	CANTID.
8 mts Concreto	136
10 mts Concreto	335
3 mts Metálico	43
8 mts Metálico	72
10 mts Metálico	4
16 mts Metálico	4

Tabla 33 Postes y mástiles pertenecientes al SALP Pitalito Huila Vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia.

REDES AP	CANTID.
2x6+6 acsr tren. 500 mts	25,2
2x4 + 4 acsr tren. 500 mts	14,5
Cable ACSR No. 4 AWG. 500 mts	42,7

Tabla 34 Redes de alumbrado público Pitalito Huila Vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia.

SISTEMA DE MEDICIÓN		CANTID.
1f 3h MD	HASTA 25 KVA 1F	33

Tabla 35 Sistema de medición perteneciente al SALP Pitalito Huila Vigencia 2019. Fuente: Elaboración propia.

Con lo cual, de conformidad nuevamente a la Resolución CREG 123 de 2011, se estima el costo total de cada Unidad Constructiva de la infraestructura del SALP, correspondiente a las actividades descritas a continuación:

1. Costo del suministro en sitio del elemento
2. Costo de la Obra civil.
3. Costo del Montaje.
4. Costos de Ingeniería.
5. Costo de la administración de la obra.
6. Costo de los inspectores de obra.
7. Costo de la interventoría de obra.
8. Costos Financieros.

Por lo tanto, en la Tabla No. 36 se estima el costo de las unidades constructiva de la infraestructura del SALP en el Municipio teniendo en cuenta las actividades anteriores según precio de mercado para la vigencia 2020.

Unidad Constructiva		Costo Suministro	Costo de obra civil	Costo Montaje	Costo Ingeniería [10%]	Costo Administración [10%]	Costo Inspector	Costo de Interventoría [7%]	Costos Financieros	COSTO TOTAL UC AP
Transformador	15 KVA 1F, 3H	\$ 2.150.000	\$ -	\$ 355.322	\$ 250.532	\$ 250.532	\$ 85.000	\$ 192.910	\$ 1.182.499	\$ 4.466.795
	25 KVA 1F, 3H	\$ 2.450.000	\$ -	\$ 355.322	\$ 280.532	\$ 280.532	\$ 85.000	\$ 216.010	\$ 1.347.499	\$ 5.014.895
	45 KVA 1F, 3H	\$ 3.175.000	\$ -	\$ 355.322	\$ 353.032	\$ 353.032	\$ 85.000	\$ 271.835	\$ 1.746.249	\$ 6.339.470
	75 KVA 1F, 3H	\$ 4.675.000	\$ -	\$ 710.557	\$ 538.556	\$ 538.556	\$ 170.000	\$ 414.688	\$ 2.571.249	\$ 9.618.605
Postel y Mástil	8 mts Concreto	\$ 390.000	\$ -	\$ 164.375	\$ 55.438	\$ 55.438	\$ 21.250	\$ 42.687	\$ 321.749	\$ 1.050.936
	10 mts Concreto	\$ 540.000	\$ -	\$ 164.375	\$ 70.438	\$ 70.438	\$ 21.250	\$ 54.237	\$ 445.499	\$ 1.366.236
	3 mts Metálico	\$ 600.000	\$ -	\$ 155.514	\$ 75.551	\$ 75.551	\$ 17.000	\$ 58.175	\$ 494.999	\$ 1.476.791
	8 mts Metálico	\$ 900.000	\$ -	\$ 155.514	\$ 105.551	\$ 105.551	\$ 17.000	\$ 81.275	\$ 742.499	\$ 2.107.391
	10 mts Metálico	\$ 1.300.000	\$ -	\$ 208.656	\$ 150.866	\$ 150.866	\$ 42.500	\$ 116.167	\$ 1.072.499	\$ 3.041.553
	16 mts Metálico	\$ 2.400.000	\$ -	\$ 208.656	\$ 260.866	\$ 260.866	\$ 42.500	\$ 200.867	\$ 1.979.999	\$ 5.353.753
Redes	2x6+6 acsr tren. 500 mts	\$ 10.000.000	\$ -	\$ 124.588	\$ 1.012.459	\$ 1.012.459	\$ 340	\$ 779.593	\$ 8.249.999	\$ 21.179.438
	2x4 + 4 acsr tren. 500 mts	\$ 12.500.000	\$ -	\$ 124.588	\$ 1.262.459	\$ 1.262.459	\$ 340	\$ 972.093	\$ 10.312.499	\$ 26.434.438
	ACSR No. 4 AWG. 500 mts	\$ 9.000.000	\$ -	\$ 124.588	\$ 912.459	\$ 912.459	\$ 340	\$ 702.593	\$ 7.424.999	\$ 19.077.438
Sistema de medida	1f 3h MD HASTA 25 KVA 1F	\$ 300.000	\$ -	\$ 88.498	\$ 38.850	\$ 38.850	\$ 28.333	\$ 29.914	\$ 82.500	\$ 606.945

Tabla 36 Estimación costo Unidad Constructiva SALP. Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, en virtud de la función *INT.PAGO.DIR* de Excel se calcula el interés de pago de la AOM para la modernización del SALP, dicho valor se estipula a continuación en la Tabla No. 37:

Tasa de Interés Anual2020	2,75%
Periodo Inicial	1

Unidad Constructiva		Costo Suministro	Vida Útil (Años)	Costo Financiero
Transformador	15 KVA 1F, 3H	\$ 2.150.000	20	\$ 1.182.499
	25 KVA 1F, 3H	\$ 2.450.000	20	\$ 1.347.499
	45 KVA 1F, 3H	\$ 3.175.000	20	\$ 1.746.249
	75 KVA 1F, 3H	\$ 4.675.000	20	\$ 2.571.249
Postel y Mástil	8 mts Concreto	\$ 390.000	30	\$ 321.749
	10 mts Concreto	\$ 540.000	30	\$ 445.499
	3 mts Metálico	\$ 600.000	30	\$ 494.999
	8 mts Metálico	\$ 900.000	30	\$ 742.499
	10 mts Metálico	\$ 1.300.000	30	\$ 1.072.499
	16 mts Metálico	\$ 2.400.000	30	\$ 1.979.999
Redes	2x6+6 acsr tren. 500 mts	\$ 10.000.000	30	\$ 8.249.999
	2x4 + 4 acsr tren. 500 mts	\$ 12.500.000	30	\$10.312.499
	ACSR No. 4 AWG. 500 mts	\$ 9.000.000	30	\$ 7.424.999
Sistema de medida	1f 3h MD HASTA 25 KVA 1F	\$ 300.000	10	\$ 82.500

Tabla 37 Estimación costo Financiero Unidades Constructivas SALP. Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, el costo del montaje se estima en el anexo cinco (05).

A partir de lo anterior y como se muestra en el anexo seis (06), por medio del cual se calcula el valor a remunerar según el costo máximo de la Actividad de AOM de la infraestructura propia del SALP en Pitalito Huila, se aplicó la ecuación 11 del presente documento, la cual establece:

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

[34]

$$CAOM = \$105.565.911$$

Por lo tanto, la cifra anterior corresponde al costo máximo que será reconocido periódicamente al prestador del Servicio de Alumbrado Público por la actividad Administración, Operación y Mantenimiento del SALP en el Municipio de Pitalito.

Finalmente, de conformidad a la sección 4.1 donde se establece la metodología de costos máximos para remunerar a los prestadores del servicio y el uso de los Activos Vinculados al Servicio de Alumbrado Público según ecuación 03:

$$RSLAP = CSEE + CINV + CAOM \quad Ec. 03 [34]$$

$$RSLP = \$111.141.740 + \$113.145.515 + \$105.611.956$$

$$RSLP = \$329.899.211$$

La cifra anterior establece al costo máximo que será remunerado periódicamente al prestador del Servicio de Alumbrado Público por las actividades de inversión, AOM y costo del suministro de energía en el Municipio de Pitalito. Dicha remuneración deberá ser asumida y saldada en el recaudo mensual del impuesto de alumbrado público, con lo cual a continuación se establecerá la modalidad de manejo integral que debe ser asumida en el municipio, con el fin de establecer los parámetros de entrada para el flujo financiero y determinar la viabilidad económica de modernizar el SALP en Pitalito.

4.2. Alternativas de prestación del servicio de alumbrado público en el Municipio de Pitalito

Los esquemas existentes en el país para la prestación del alumbrado público involucran todas las actividades citadas, pero éstas se pueden desarrollar por diferentes agentes, ya sea en forma directa por los municipios y distritos o en forma indirecta, por medio de la contratación con empresas privadas o públicas, o en forma combinada [61].

En la Tabla No. 38 se aprecian las combinaciones que se presentan en la prestación del servicio de alumbrado público:

Alternativas de prestación del servicio de alumbrado público en el Municipio de Pitalito			
Actividad/Agente Ejecutor	Esquema ESP	Esquema Mixto	Esquema MUNICIPIO
1. Suministro de energía al SALP	Comercializador	Comercializador	Comercializador
2. AOM SALP	Empresa de servicios públicos domiciliarios	Empresa de servicios públicos domiciliarios o concesionario	Municipio o distrito
3. Inversión	Empresa de servicios públicos domiciliarios	Empresa de servicios públicos domiciliarios o concesionario	Municipio o distrito

Tabla 38 Esquemas de prestación del Servicio de Alumbrado Público. Fuente: Adaptación Tabla No. 1.3. DOCUMENTO CREG-002 [61].

Con lo cual, en Colombia la mayoría de los Municipios operan indirectamente. Siendo el 57,3% operados a través de un tercero y el restante 42,67 operados directamente. Así mismo se observa, que a medida que el municipio se encuentra en un entorno de desarrollo más avanzado, la operación indirecta es más usual [4].

De igual manera, de conformidad a las conclusiones de la Evaluación de operaciones de la actual política en la prestación del servicio de alumbrado público en Colombia del Departamento Nacional de Planeación, se destaca la siguiente:

Al evaluar la práctica de operar indirectamente, se evidencia que no puede caracterizarse como una buena o mala práctica, y que sus resultados tienen que ser vistos dependiendo de las condiciones particulares del municipio y los objetivos que tenga al momento de determinar si opera directa o indirectamente. Lo anterior debido a que se encuentra que la práctica tiene una relación neutral con el desempeño de inversión y AOM del alumbrado del municipio en el entorno de desarrollo robusto, pero se encuentra mayor inversión en los entornos de desarrollo temprano e intermedio. No obstante, se encuentran mayores costos de AOM.

(...)

A partir de lo anterior, se identifica a continuación en la Tabla No. 39 las principales ventajas y desventajas que presentan las modalidades de prestación del servicio de alumbrado público [51], con el fin de seleccionar la que se adapte de mejor manera al proceso de modernización del SALP en el Municipio de Pitalito:

AGENTE EJECUTOR	ESQUEMA ESP	ESQUEMA MIXTO		ESQUEMA MUNICIPIO
		CONCESIÓN	SOCIEDAD DE ECONOMÍA MIXTA	
Ventaja	<ol style="list-style-type: none"> 1. No se requiere garantías contractuales al momento de suscribir contratos y/o convenios interadministrativos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El concesionario asume directamente y bajo su entera responsabilidad todas las obligaciones necesarias para prestar el servicio de Alumbrado Público. 2. Garantía financiera mediante esquema de fiducia. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Municipio hace parte de la Empresa como socio de ella, por lo tanto, tendrá participación y voto en las decisiones a nivel de junta y de acciones. 2. El Municipio mantiene relación con la Prestación del Servicio. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Marco legal de la contratación está determinado por la Ley 1150 de 2007. La cual expone las condiciones básicas para la prestación óptima del servicio de Alumbrado Público. 2. Las labores de operación y mantenimiento del sistema de Alumbrado Público podrían ser asumidas directamente por el Municipio
Desventaja	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los contratos Interadministrativos no podrán exceder el 31 de diciembre de cada vigencia fiscal. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La vinculación de terceros con el concesionario son actos de derecho privado. 2. Poca vigilancia y seguimiento por partes de los entes de control. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tienen a fracasar debido a injerencias políticas dentro de la entidad. 2. No garantiza una estabilidad Jurídica al Tercero Inversionista debido a esa posible injerencia política, sobre todo al tratarse de contratos a largo plazo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Municipio asume la responsabilidad de conseguir los recursos de inversión si son necesarios, para la Ampliación de Cobertura (expansión), Reposición, Sustitución y los Costos que demande el servicio en el Mantenimiento periódico del mismo. 2. El déficit financiero en caso de presentarse sería asumido por el Municipio

Tabla 39 Ventajas y Desventajas de los Esquemas de prestación del Servicio de Alumbrado Público en Colombia. Fuente: Adaptación INFORME FINAL CONTRATO 382 DE 2016. Pág. 38-43 [51].

En este sentido, en términos de modernización del SALP en los municipios de Colombia, la mejor manera de llevar a cabo dicho objetivo es mediante el esquema de la Concesión, la cual asume la inversión inicial, costos operativos y riesgos fiscales y financieros que deriven del proceso de migración tecnológica, lo anteriormente expuesto es avalado por Asociación Nacional de Empresas de Alumbrado Público de Colombia, la cual afirma:

“Solamente cuando los municipios optan por prestar el servicio a través de concesión se moderniza toda la infraestructura, reducen los costos, hay mejor mantenimiento de bombillas y disminuye el consumo de energía.” [62].

Por lo tanto, el flujo financiero propuesto y el esquema de implementación de modernización del SALP en el Municipio de Pitalito será bajo la modalidad de Contrato de Concesión.

4.3. Flujo financiero del proyecto

A continuación, se presentan los parámetros de entrada para establecer el flujo financiero del proyecto bajo la modalidad de Concesión y la modernización total del SALP, con el fin de determinar su viabilidad a lo largo de su funcionamiento:

PARÁMETROS DE ENTRADA MODELADO FINANCIERO	
Valor Inicial de la Inversión	\$ 9.077.480.509
Costo promedio kW/h Vigencia 2018	\$ 577
Recaudo promedio Vigencia 2018	\$ 240.332.707
Costos fiduciarios (máximo) en SMLMV + IVA	1
Porcentaje de crecimiento Ingresos	5%
Porcentaje de crecimiento Infraestructura (expansión) anual	2,5%
Crecimiento Poblacional Proyectado	1%
Interventoría sobre recaudo total	5%
Años del Proyecto	25 años
TIR actividad distribución energía eléctrica 2020	11,64%
Alumbrado Navideño y Ornamental sobre recaudo total	5%
Fracción del costo anual equivalente de los activos en operación NE	0,041
FAOM	0,103
FAOMS	0,005
Número de luminarias apagadas de noche	25
Horas fuera de servicio luminarias que están apagadas en la noche	4
Nivel de eficiencia en el primer año	90%
Nivel de eficiencia a partir del segundo año en adelante	95%

Tabla 40 Parámetros de entrada para flujo financiero. Fuente: Elaboración Propia

Nota: Verificar anexo siete (07).

4.4. Análisis económico de la migración de tecnología de alumbrado público en Pitalito Huila.

En virtud a la Tabla No. 08, el recaudo promedio del impuesto del alumbrado público en el Municipio de Pitalito es de **\$240.332.707** y el saldo promedio a favor del municipio es de **\$71.421.572**, el cual es invertido en las actividades de AOM, sin la oportunidad de expansión y/o mejoramiento de la infraestructura del SALP.

Con lo cual, actualmente el valor del pago de consumo de energía eléctrica corresponde al **70,3%** del valor total recaudado, evidenciando la ineficiencia económica del sistema actual. De otro modo, la propuesta de modernización en LED, presenta un pago máximo del suministro de energía eléctrica del SALP de **\$111.141.740**, planteando entonces, una disminución aproximada del **24.05%** del pago de suministro.

Se evidencia también que, para lograr la modernización de luminarias del SALP en el Municipio de Pitalito, se recomienda implementar el servicio de alumbrado público mediante un Contrato de Concesión Pública, en donde un privado invertiría los **\$ 9.077.480.510** necesarios en la actividad de inversión inicial, la cual será remunerada periódicamente a un costo máximo de **\$113.145.515**, garantizando también en dicha Concesión, las actividades de AOM del SALP y el pago de suministro de energía, con lo cual, el valor total a remunerar al prestador del servicio de alumbrado público en el Municipio será **\$329.899.211**.

Por lo anterior, y en virtud al anexo siete (07), por el cual se describe el flujo financiero del proyecto con los parámetros de entrada descritos en la sección 4.3., se propone que la implementación sea en el año base del 2020, iniciando la modernización en el mes de Julio y finalizando dicho proceso en el mes de noviembre. El primer año de implementación, se pronostica un flujo de caja negativo representado en **\$1.398.426.677** y finalizando los 25 años de operación las pérdidas totales ascienden a **\$43.966.595.717**.

Lo anterior evidencia entonces, la inviabilidad económica de implementar el proceso de migración tecnológica en el Municipio de Pitalito, por ende no se podría pagar mensualmente a cabalidad la actividad de remuneración al prestador del servicio de alumbrado público escogido por Concesión Pública, por lo tanto, dicho prestador del servicio requiere recaudar por concepto del impuesto mensualmente mínimo **\$329.899.211** para suplir las actividades de AOM del SALP, pago de suministro de energía e inversión inicial. Así las cosas, el recaudo promedio actual en el Municipio es de **\$240.332.707**, con lo cual, la diferencia del monto de **\$89.566.504** del recaudo mensual actual frente al recaudo necesario, afirma la inviabilidad económica de la modernización del parque lumínico en Pitalito.

5. CONCLUSIONES Y DESARROLLOS FUTUROS

5.1. Conclusiones generales

Las conclusiones generales fueron construidas a partir de los objetivos específicos propuestos, que recogen el objetivo general, por tanto, a continuación, se enuncia cada objetivo específico y se listan los aportes y resultados reunidos en este trabajo final de maestría.

Objetivo específico 1:

- Analizar las condiciones actuales del sistema de alumbrado público de un municipio típico de Colombia, con el fin de proponer la alternativa tecnológica de diodos emisores de luz o LED (Light Emitting Diode, para la modernización de la infraestructura, a partir del cumplimiento de la normatividad vigente y el uso eficiente de la energía eléctrica.

Se analizó la regulación vigente colombiana concerniente a sistemas de alumbrado público y se destaca el desarrollo regulatorio que he tenido el país en temas referidos al fomento de la eficiencia energética y el uso racional de la energía (Ley 697 de 2001), así como la creación de entes especializados del sector energético como lo son el Ministerio de Minas y Energías y la Comisión Reguladora de Energía y Gas CREG, los cuales tienen dentro de sus funciones, la creación de estrategias regulatorias que permitan la mitigación de la brecha existente entre avances tecnológicos y alcances normativos en la aplicación de nuevas tecnologías.

De otro modo, dichos entes gubernamentales presentan falencias al momento de reglamentar la implementación efectiva y eficaz de las nuevas tecnologías energéticamente más eficientes; en el caso particular las nuevas tecnologías de iluminación son necesarias en los procesos de modernización y/o reposición del componente técnico de los sistemas de alumbrado público convencionales del país. Colombia requiere expedir mediante un Reglamento Técnico del MMyE y/o Norma Técnica Colombiana, las especificaciones de eficiencia y luminosidad de los LED destinados a iluminación pública, y así mismo, se requiere desarrollar e implementar un Plan de Reducción de Energía referido a los sistemas de alumbrado público con tecnología LED, el cual permitiría la modernización masiva de los parques lumínicos de los Municipios, logrando así, la reducción de la carga y el consumo anual de energía eléctrica de los SALP en todo el territorio Nacional.

En cuanto al proceso de modernización del SALP en el Municipio de Pitalito, técnicamente se avala la migración tecnológica de las luminarias de SODIO a LED, a partir de garantizar las condiciones mínimas de calidad, eficiencia y fomento de URE de conformidad a la normatividad vigente. En virtud de la Tabla No. 27 se puede evidenciar que, el cambio propuesto de luminarias del SALP a tecnología LED en el Municipio, permitiría el cumplimiento de los niveles de iluminación mínimos exigidos por el RETILAP, toda vez que el aumento de la uniformidad en las vías objeto de análisis y al aumento de los niveles iluminación promedio, permitiría predecir y establecer que la modernización masiva, efectiva y eficaz del SALP, trae consigo aumento de la eficiencia energética del sistema y disminución de la demanda de energía representando en el menor consumo de energía eléctrica.

Finalmente se evidenció que las pérdidas en la reactancia de las luminarias LED disminuyeron **62,88%** con respecto al valor actual, de igual manera, se evidencia una disminución considerable en la demanda de energía mensual del alumbrado público, dicha disminución sería aproximadamente del **34,21%**, con lo cual, se estaría fomentando el uso racional de la energía URE.

Objetivo específico 2:

- Analizar los costos máximos de retorno de la Inversión de la modernización y la remuneración por Administración, Operación y Mantenimiento (AOM), a partir de la propuesta técnica de modernización del alumbrado público en un municipio típico de Colombia

Se analizó el costo máximo a remunerar por la actividad de inversión, administración, operación y mantenimiento (AOM) para el proceso de modernizar el sistema de alumbrado público, el cual fue establecido según la metodología de la resolución CREG 123 de 2011. De dicho análisis se destaca la definición y cálculo de las Unidades Constructivas de Alumbrado Público, las cuales fueron la base para determinar la remuneración máxima que tendrá el operador del servicio de alumbrado público en el municipio típico.

Frente al análisis económico de la migración tecnológica, se evidencia la inviabilidad económica de implementar la modernización del SALP en el Municipio de Pitalito mediante un Contrato de Concesión, dicha inviabilidad recae en la falta de recursos económicos que se requieren para remunerar al operador del servicio de alumbrado público, el cual necesita mínimo **\$329.899.211** mensuales para su funcionamiento una vez modernizado. Así mismo, las restricciones regulatorias actuales del Municipio no permiten el recaudo efectivo del impuesto de alumbrado público, las cuales obedecen a la desactualización del Acuerdo Municipal 033 de 2015 [49].

Dicho Acuerdo Municipal establece las tarifas y los tipos de sujetos pasivos que son objeto de recaudación del impuesto de alumbrado público, los cuales son los usuarios que se encuentran en la zona urbana y en los centros poblados del Municipio y que representan el 59,18% del total de habitantes [63]. La exoneración de la carga tributaria de alumbrado público a la zona rural del Municipio no permite el recaudo efectivo del impuesto y va en contra de la nueva definición del Servicio de Alumbrado Público, estipulada en el Artículo 01 del Decreto del Ministerio de Minas y Energía 943 de 2018, donde establece:

Servicio de alumbrado público: Servicio público no domiciliario de iluminación, inherente al servicio de energía eléctrica, que se presta con el fin de dar visibilidad al espacio público, bienes de uso público y demás espacios de libre circulación, con tránsito vehicular o peatonal, dentro del perímetro urbano y rural de un municipio o distrito, para el normal desarrollo de las actividades. Subrayado fuera de texto.

(...)

Por lo tanto, la viabilidad económicamente de modernizar el sistema depende exclusivamente de la modificación del Acuerdo Municipal 033 de 2015 en términos de ampliar el recaudo a la zona rural de Pitalito.

Finalmente, la Administración Municipal deberá presentar y soportar técnicamente un nuevo proyecto de Acuerdo Municipal que permita la aplicación efectiva y eficaz del impuesto de Alumbrado Público en el perímetro urbano y rural de Pitalito. Todo con la finalidad de alcanzar la remuneración económica mínima establecida en la sección 4.1. y lograr el balance financiero del flujo propuesto en el esquema de implementación por contrato de Concesión.

5.2. Desarrollos Futuros

El trabajo contenido en el presente documento abarca el análisis técnico-económico de modernizar el SALP en el Municipio de Pitalito Huila, desde el punto de vista de la migración tecnológica masiva, la cual requiere para su implementación efectiva y eficaz un análisis riguroso y detallado de las condiciones actuales de las rentas municipales referidas al impuesto de alumbrado público, análisis de las condiciones ambientales y la implementación de desarrollos tecnológicos asociados a las Smarts Cities o ciudades inteligentes, las cuales son ciudades que aplican las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC) con el objetivo de proveerlas de infraestructuras que garanticen un desarrollo sostenible, un incremento de la calidad de vida de los ciudadanos, una mayor eficacia de los recursos disponibles y una participación ciudadana activa [64]. En ese contexto, el sistema de alumbrado público permite integrar nuevos desarrollos tecnológicos de manera más económica y eficiente, por lo cual se contextualiza como la columna vertebral para integrar otras tecnologías en las Smarts Cities [65]. Por lo que se plantea a continuación los siguientes trabajos futuros:

- Análisis de la viabilidad ambiental de modernizar el sistema de alumbrado público en un municipio típico de Colombia.
- Análisis económico de la sostenibilidad a largo plazo de modernizar el sistema de alumbrado público en un Municipio típico de Colombia.
- Análisis de viabilidad técnico-económica de modernizar el sistema de alumbrado público en municipio típico de Colombia a partir de la integración de desarrollos tecnológicos asociados a las aplicaciones relacionado con el concepto “Smarts Cities” o ciudades inteligentes.
- Definición y desarrollo tecnológico de un sistema de telegestión que garantice la operación con parámetros de calidad, confiabilidad y continuidad del sistema de alumbrado público en un Municipio de típico de Colombia.

5.3. Discusión académica

- Evento: XVIII Congreso Latinoamericano y Encuentro Colombiano de Dinámica de Sistemas.
Ponencia: Análisis de la viabilidad técnico-económica de Modernizar un sistema de alumbrado público en Colombia.
Autores: Pedro José Teherán – Sandra Ximena Carvajal
Estado: Aceptado.

6. ANEXOS

6.1. Anexo 01: Mediciones en campo Municipio de Pitalito

CARRERA 5

Clase de vía:	M4
Tipo de vía:	R3
Potencia Luminaria instalada:	70 W - Sodio
Datos de campo:	P1: 25 lx
	P2: 16 lx
	P3: 08 lx
	P4: 18 lx
	P5: 09 lx
	P6: 06 lx
	P7: 09 lx
	P8: 05 lx
	P9: 02 lx

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(25 + 8 + 9 + 2) + (2 * (16 + 18 + 6 + 5)) + (4 * 9)]$$

$$E_{prom} = 10.5 \text{ lx}$$

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}} = \frac{2}{10.5} = 19.05\%$$



Figura 13 Carrera 5ta Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View

CARRERA 4

Clase de vía:	M4
Tipo de vía:	R3
Potencia Luminaria instalada:	150 W - Sodio
Datos de campo:	P1: 37 lx
	P2: 23 lx
	P3: 13 lx
	P4: 20 lx
	P5: 10 lx
	P6: 07 lx
	P7: 11 lx
	P8: 07 lx
	P9: 05 lx

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(37 + 13 + 11 + 5) + (2 * (23 + 20 + 7 + 7)) + (4 * 10)]$$

$$E_{prom} = 13.75 \text{ lx}$$

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}} = \frac{5}{13.75} = 36.36\%$$



Figura 14 Carrera 4ta Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View

CARRERA 3

Clase de vía:	M4
Tipo de vía:	R3
Potencia Luminaria instalada:	70 W - Sodio
Datos de campo:	P1: 27 lx
	P2: 20 lx
	P3: 14 lx
	P4: 19 lx
	P5: 11 lx
	P6: 06 lx
	P7: 13 lx
	P8: 08 lx
	P9: 04 lx

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(37 + 14 + 13 + 4) + (2 * (20 + 19 + 6 + 8)) + (4 * 11)]$$

$$E_{prom} = 13 \text{ lx}$$

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}} = \frac{4}{13} = 30.77\%$$



Figura 15 Carrera 3ta Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View

CARRERA 2

Clase de vía:	M4
Tipo de vía:	R3
Potencia Lumínaria instalada:	70 W - Sodio
Datos de campo:	P1: 24 lx
	P2: 15 lx
	P3: 08 lx
	P4: 14 lx
	P5: 09 lx
	P6: 05 lx
	P7: 07 lx
	P8: 05 lx
	P9: 02 lx

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(24 + 8 + 7 + 2) + (2 * (15 + 14 + 5 + 5)) + (4 * 9)]$$

$$E_{prom} = 9.69 \text{ lx}$$

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}} = \frac{2}{9.69} = 20.66\%$$



Figura 16 Carrera 2da Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View

CARRERA 1

Clase de vía:	M3
Tipo de vía:	R2
Potencia Luminaia instalada:	70 W - Sodio
Datos de campo:	P1: 28 lx
	P2: 18 lx
	P3: 13 lx
	P4: 17 lx
	P5: 10 lx
	P6: 07 lx
	P7: 11 lx
	P8: 07 lx
	P9: 03 lx

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(28 + 13 + 11 + 3) + (2 * (18 + 17 + 7 + 7)) + (4 * 10)]$$

$$E_{prom} = 12.06 \text{ lx}$$

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}} = \frac{3}{12.06} = 24.87\%$$



Figura 17 Carrera 1era Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View

Calle 10

Clase de vía:	M4
Tipo de vía:	R3
Potencia Luminaria instalada:	70 W - Sodio
Datos de campo:	P1: 24 lx
	P2: 15 lx
	P3: 08 lx
	P4: 14 lx
	P5: 07 lx
	P6: 04 lx
	P7: 06 lx
	P8: 03 lx
	P9: 01 lx

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(24 + 8 + 6 + 1) + (2 * (15 + 14 + 4 + 3)) + (4 * 7)]$$

$$E_{prom} = 8.69 \text{ lx}$$

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}} = \frac{1}{8.69} = 11.51\%$$



Figura 18 Calle 10 Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View

Avenida Circunvalar – Carrera 15

Clase de vía:	M3
Tipo de vía:	R2
Potencia Luminaria instalada:	150 W - Sodio
Datos de campo:	P1: 30 lx
	P2: 19 lx
	P3: 14 lx
	P4: 18 lx
	P5: 11 lx
	P6: 08 lx
	P7: 12 lx
	P8: 08 lx
	P9: 03 lx

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(30 + 14 + 12 + 3) + (2 * (19 + 18 + 8 + 8)) + (4 * 11)]$$

$$E_{prom} = 13.06 \text{ lx}$$

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}} = \frac{3}{13.06} = 22.97\%$$



Figura 19 Av. Circunvalar Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View

Avenida Pastrana

Clase de vía:	M3
Tipo de vía:	R2
Potencia Luminaria instalada:	70 W - Sodio
Datos de campo:	P1: 24 lx
	P2: 14 lx
	P3: 09 lx
	P4: 13 lx
	P5: 06 lx
	P6: 03 lx
	P7: 09 lx

P8: 03 lx

P9: 02 lx

$$E_{prom} = \frac{1}{16} [(24 + 09 + 09 + 2) + (2 * (14 + 13 + 3 + 3)) + (4 * 5)]$$

$$E_{prom} = 8.38 \text{ lx}$$

$$U_o = \frac{E_{min}}{E_{prom}} = \frac{2}{8.38} = 23.88\%$$



Figura 20 Av. Pastrana Municipio de Pitalito. Fuente: Google Street View

6.2. Anexo 02: Diseños lumínicos vías Pitalito

Carrera 1

Iluminación LED

Contacto: Universidad Nacional de Colombia N° de encargo: 01
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 20.05.2020
Proyecto elaborado por: Ing. Pedro Teherán



Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Índice

Carrera 1	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO	
Hoja de datos de luminarias	4
BGP625 T25 DW10 LED160/- NO	
Diagrama de densidad lumínica	5
Carrera 1	
Datos de planificación	6
Lista de luminarias	7
Rendering (procesado) de colores falsos	8
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1 & Calzada 2	
Sumario de los resultados	9



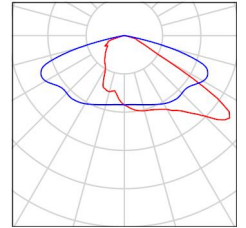
Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 1 / Lista de luminarias

24 Pieza PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 14365 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16000 lm
Potencia de las luminarias: 120.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 33 71 97 100 90
Lámpara: 1 x LED160-4S/830 (Factor de
corrección 1.000).

Dispone de una imagen
de la luminaria en
nuestro catálogo de
luminarias.





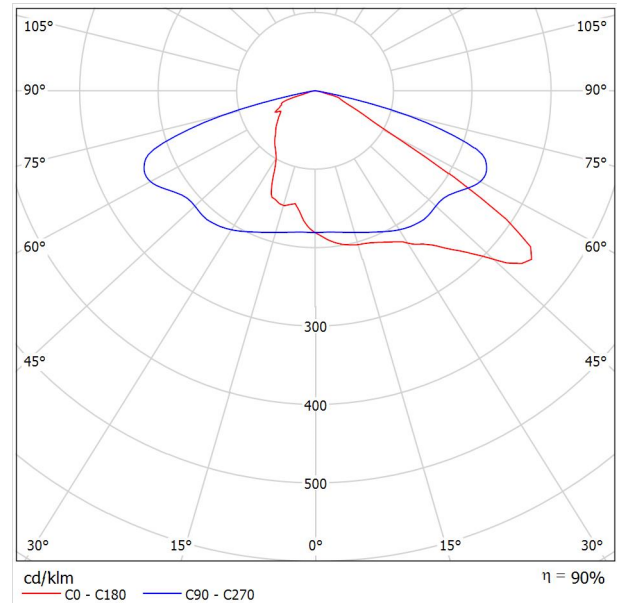
Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO / Hoja de datos de luminarias

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 33 71 97 100 90

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

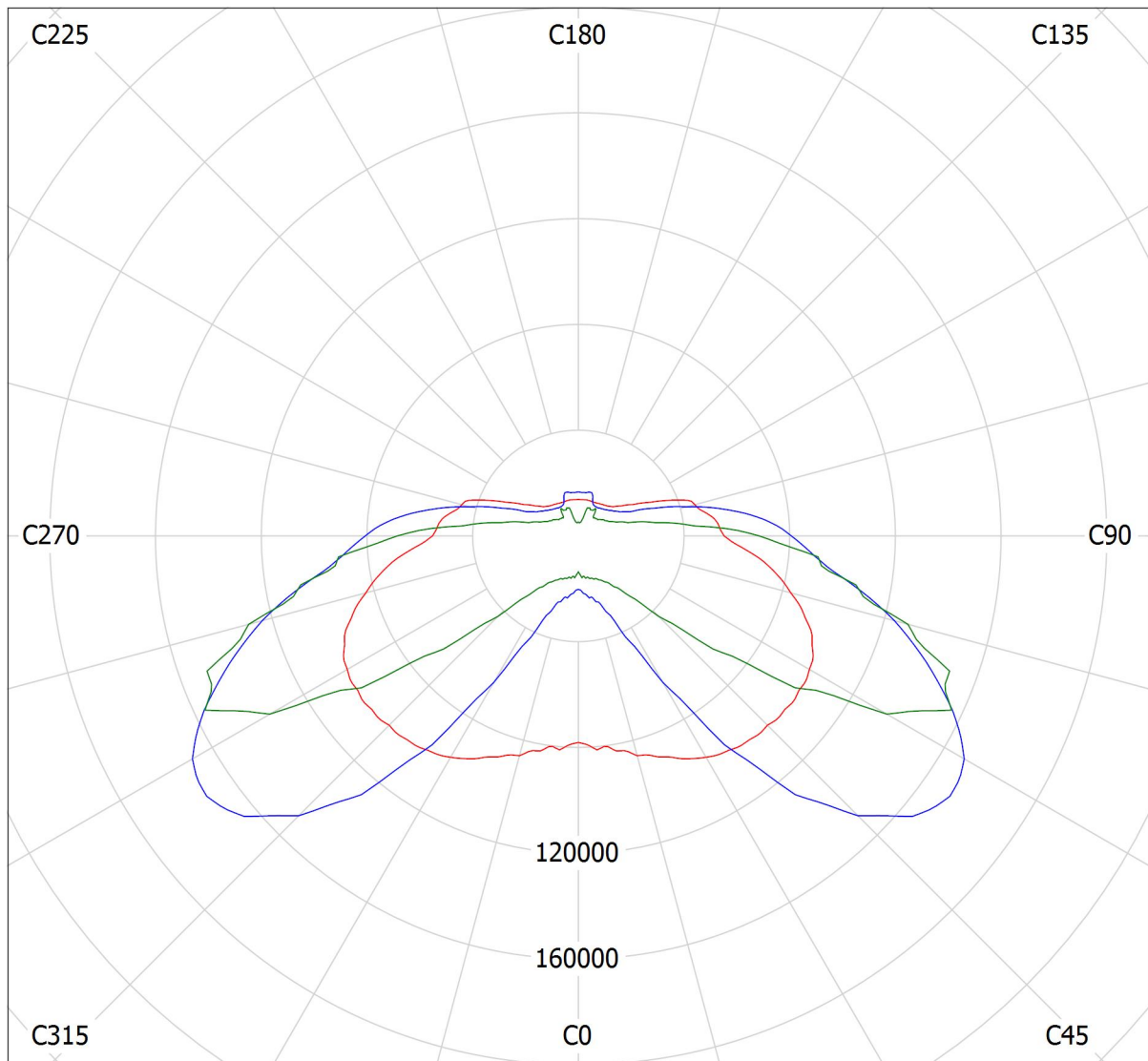


Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
Lámparas: 1 x LED160-4S/830



cd/m²

— g = 55.0° — g = 65.0° — g = 75.0°

Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

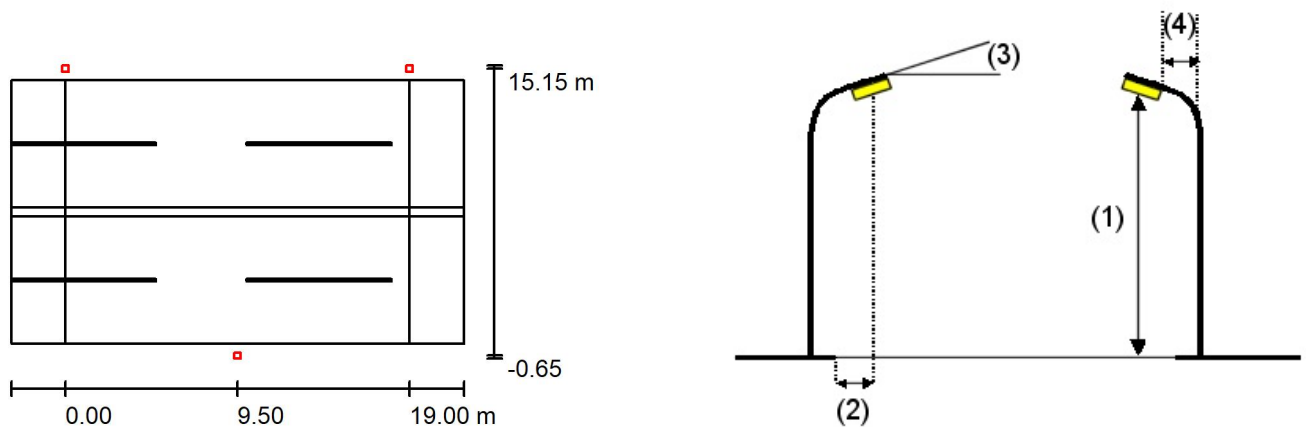
Carrera 1 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Calzada 2 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
Arcén central 1 (Anchura: 0.500 m, Altura: 0.000 m)
Calzada 1 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.87

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
Flujo luminoso (Luminaria): 14365 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16000 lm
Potencia de las luminarias: 120.0 W
Organización: bilateral desplazado
Distancia entre mástiles: 19.000 m
Altura de montaje (1): 12.000 m
Altura del punto de luz: 12.000 m
Saliente sobre la calzada (2): -0.650 m
Inclinación del brazo (3): 0.0 °
Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 434 cd/klm
con 80°: 61 cd/klm
con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



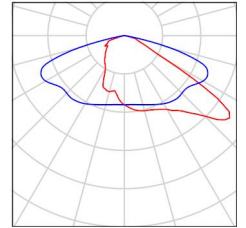
Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 1 / Lista de luminarias

PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 14365 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16000 lm
Potencia de las luminarias: 120.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 33 71 97 100 90
Lámpara: 1 x LED160-4S/830 (Factor de
corrección 1.000).

Dispone de una imagen
de la luminaria en
nuestro catálogo de
luminarias.

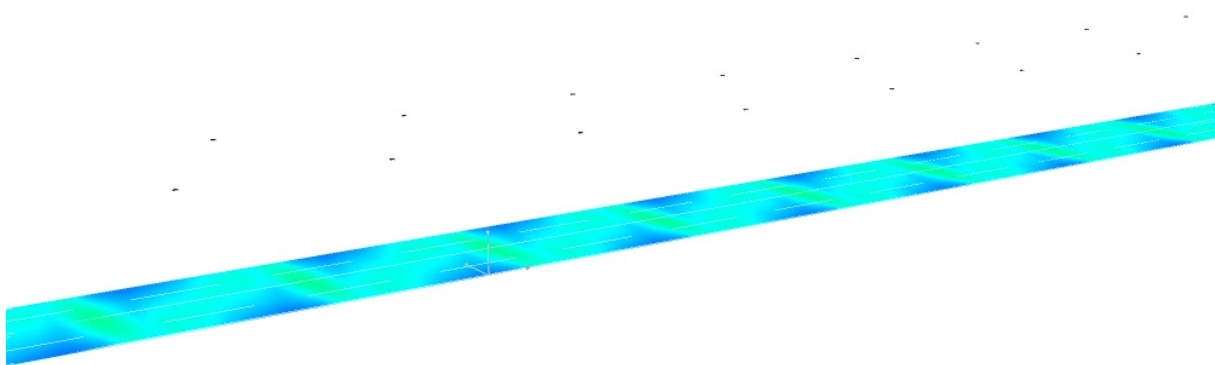




Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 1 / Rendering (procesado) de colores falsos



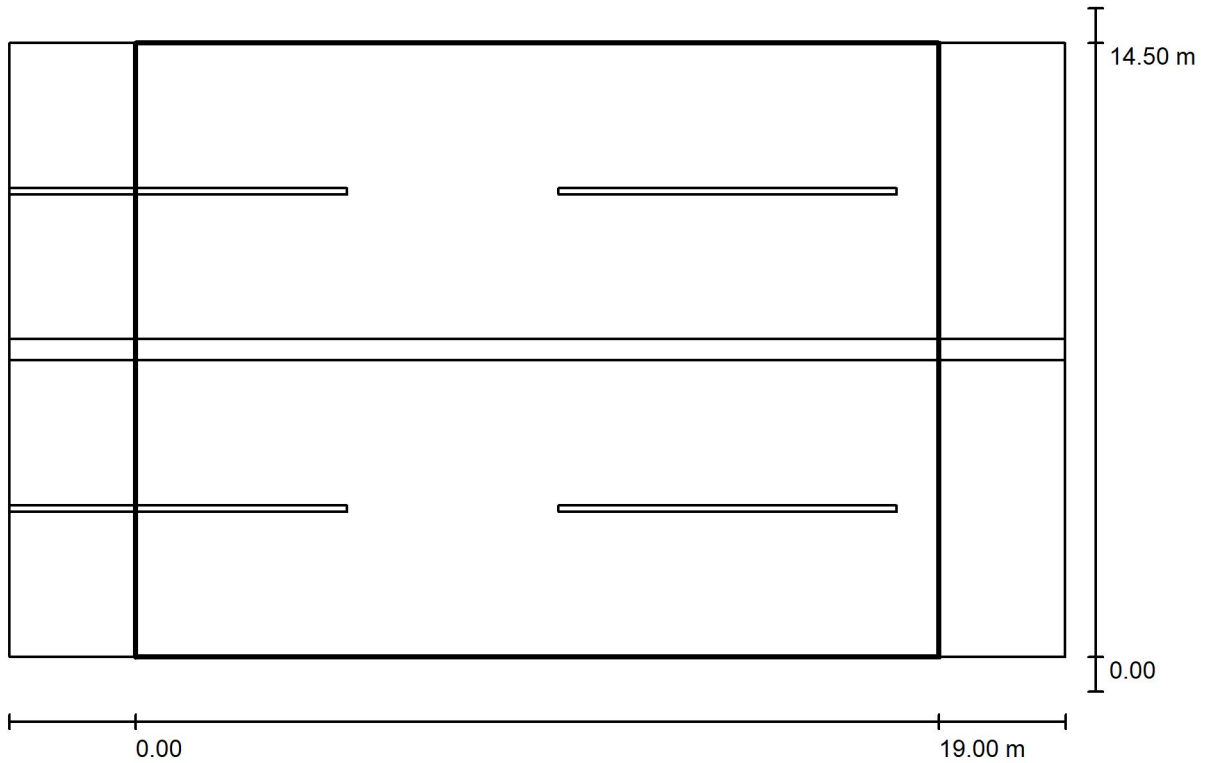
0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx



Ing. Pedro Teherán
 Calle 65a No. 30-57
 Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
 Teléfono 3152944500
 Fax
 e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 1 / Recuadro de evaluación Calzada 1 & Calzada 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.87

Escala 1:179

Trama: 10 x 10 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1, Arcén central 1, Calzada 2.

Clase de iluminación seleccionada: CE3

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	29.83	0.86
Valores de consigna según clase:	≥ 15.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Av. Circunvalar

Iluminación LED

Contacto: Universidad Nacional de Colombia
N° de encargo: 01
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 20.05.2020
Proyecto elaborado por: Ing. Pedro Teherán



Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales. Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Índice

Av. Circunvalar

Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO	
Hoja de datos de luminarias	4
BGP625 T25 DW10 LED160/- NO	
Diagrama de densidad lumínica	5
Av Circunvalar	
Datos de planificación	6
Lista de luminarias	7
Rendering (procesado) de colores falsos	8
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1 & Calzada 2	
Sumario de los resultados	9



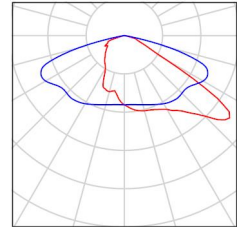
Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales. Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Av. Circunvalar / Lista de luminarias

13 Pieza PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 14365 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16000 lm
Potencia de las luminarias: 120.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 33 71 97 100 90
Lámpara: 1 x LED160-4S/830 (Factor de
corrección 1.000).

Dispone de una imagen
de la luminaria en
nuestro catálogo de
luminarias.





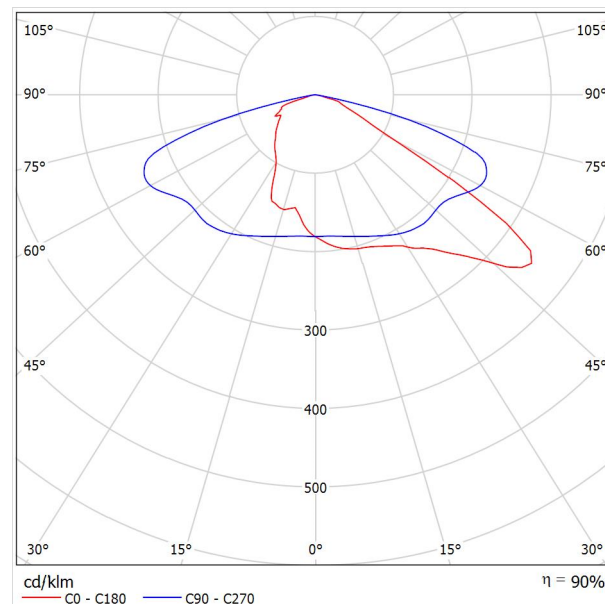
Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales. Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 33 71 97 100 90

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

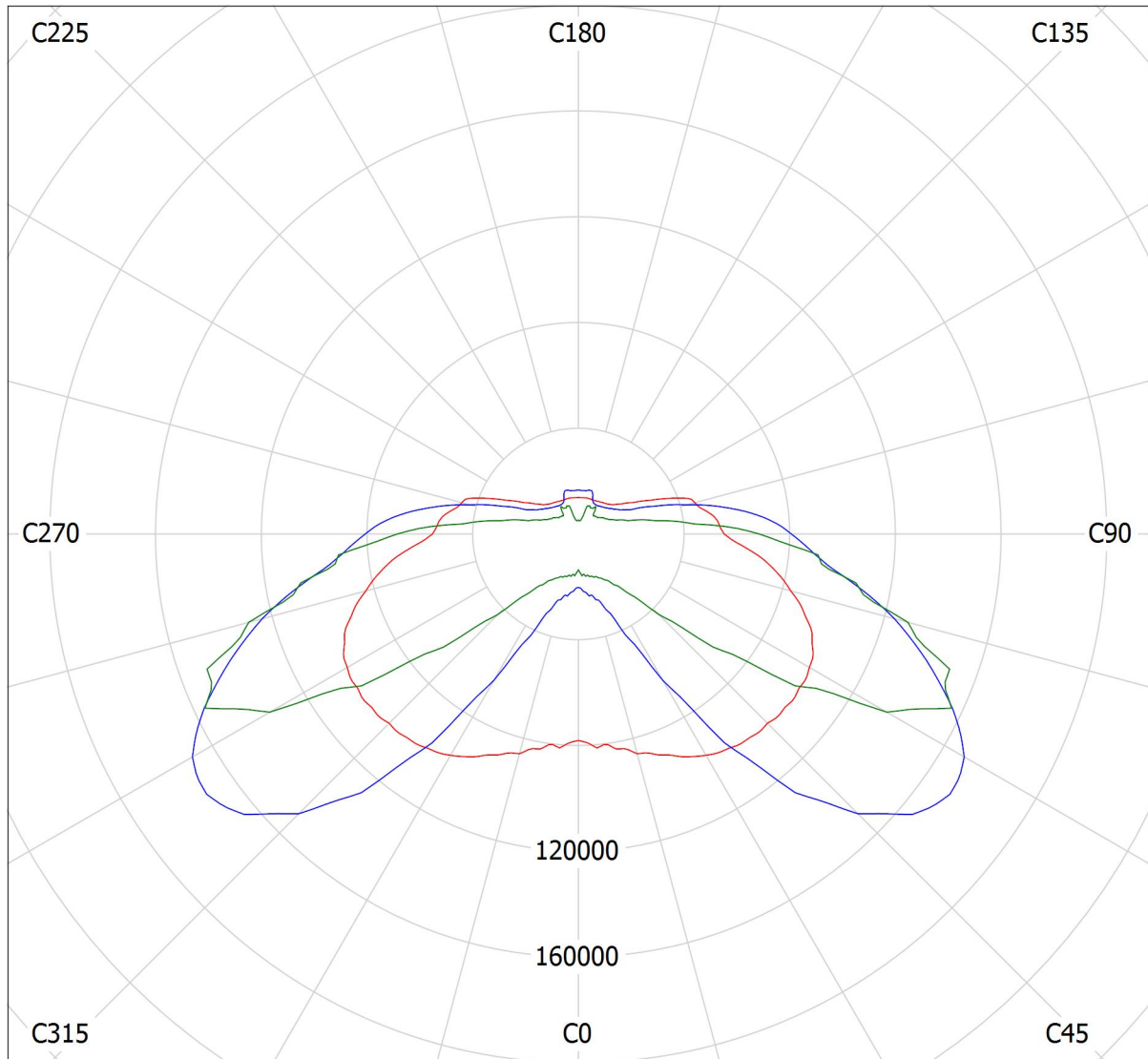


Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales. Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
Lámparas: 1 x LED160-4S/830



cd/m²

— g = 55.0° — g = 65.0° — g = 75.0°



Ing. Pedro Teherán
 Calle 65a No. 30-57
 Manizales. Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
 Teléfono 3152944500
 Fax
 e-Mail pjteherant@unal.edu.co

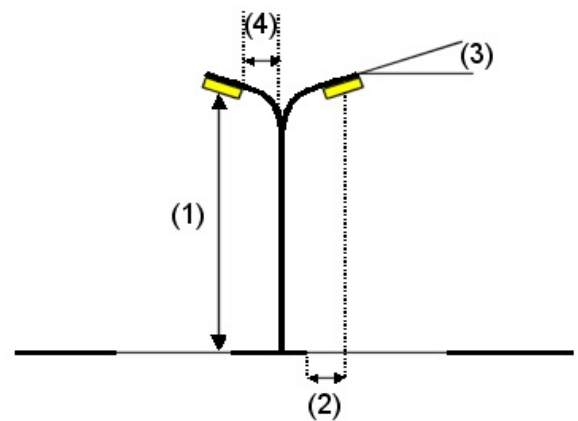
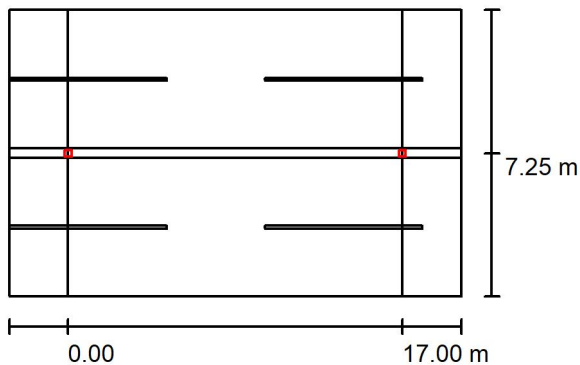
Av Circunvalar / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Calzada 2 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
 Arcén central 1 (Anchura: 0.500 m, Altura: 0.000 m)
 Calzada 1 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.87

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
 Flujo luminoso (Luminaria): 14365 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 16000 lm
 Potencia de las luminarias: 120.0 W
 Organización: sobre arcén central
 Distancia entre mástiles: 17.000 m
 Altura de montaje (1): 12.000 m
 Altura del punto de luz: 12.000 m
 Saliente sobre la calzada (2): -0.250 m
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 434 cd/klm
 con 80°: 61 cd/klm
 con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



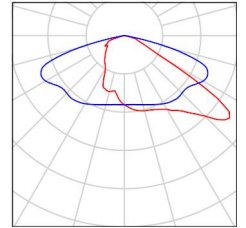
Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales. Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Av Circunvalar / Lista de luminarias

PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 14365 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16000 lm
Potencia de las luminarias: 120.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 33 71 97 100 90
Lámpara: 1 x LED160-4S/830 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

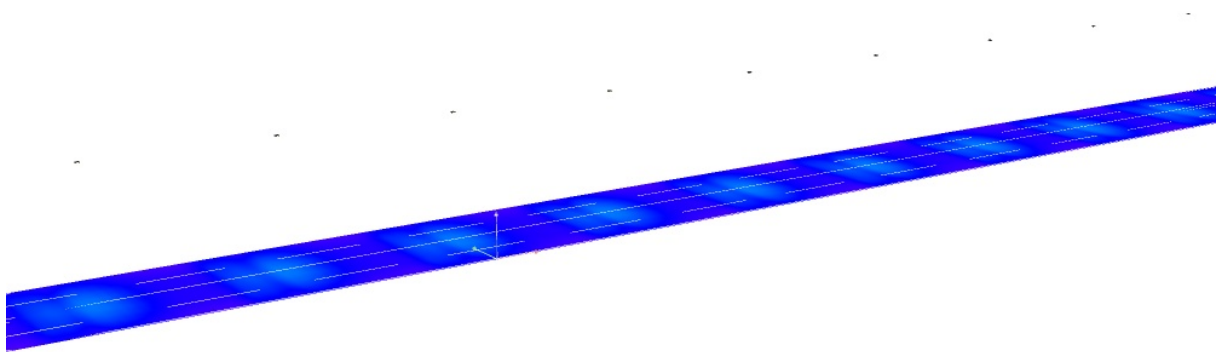




Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales. Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Av Circunvalar / Rendering (procesado) de colores falsos



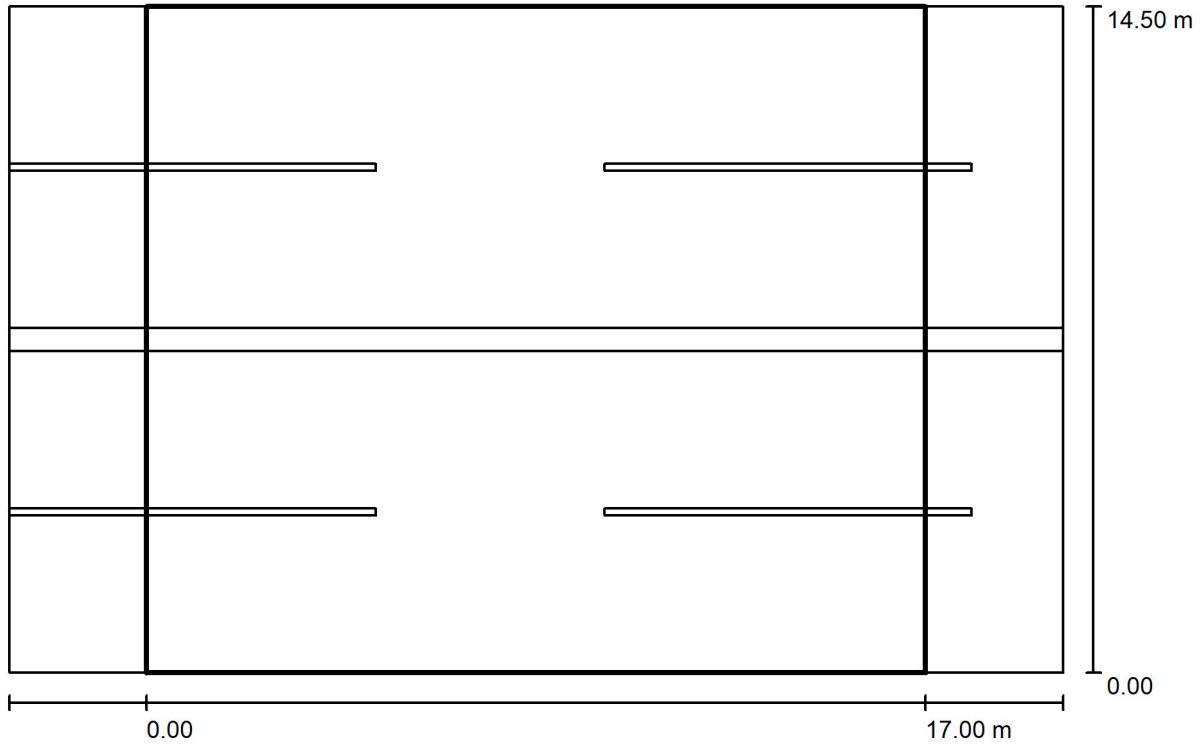
0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx



Ing. Pedro Teherán
 Calle 65a No. 30-57
 Manizales. Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
 Teléfono 3152944500
 Fax
 e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Av Circunvalar / Recuadro de evaluación Calzada 1 & Calzada 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.87

Escala 1:165

Trama: 10 x 10 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1, Arcén central 1, Calzada 2.

Clase de iluminación seleccionada: CE3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	20.08	0.81
Valores de consigna según clase:	≥ 15.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Av Pastrana

Iluminación LED

Contacto: Universidad Nacional de Colombia
N° de encargo: 01
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 20.05.2020
Proyecto elaborado por: Ing. Pedro Teherán



Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Índice

Av Pastrana	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO	
Hoja de datos de luminarias	4
BGP625 T25 DW10 LED160/- NO	
Diagrama de densidad lumínica	5
Av Pastrana	
Datos de planificación	6
Lista de luminarias	7
Rendering (procesado) de colores falsos	8
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1 & Calzada 2	
Sumario de los resultados	9



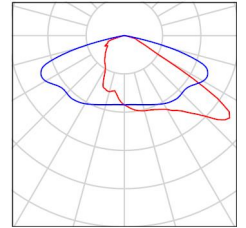
Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Av Pastrana / Lista de luminarias

13 Pieza PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 14365 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16000 lm
Potencia de las luminarias: 120.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 33 71 97 100 90
Lámpara: 1 x LED160-4S/830 (Factor de
corrección 1.000).

Dispone de una imagen
de la luminaria en
nuestro catálogo de
luminarias.





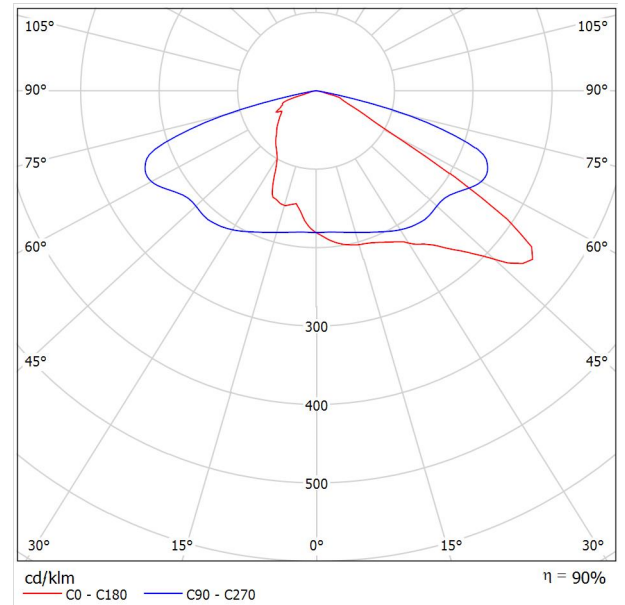
Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 33 71 97 100 90

Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

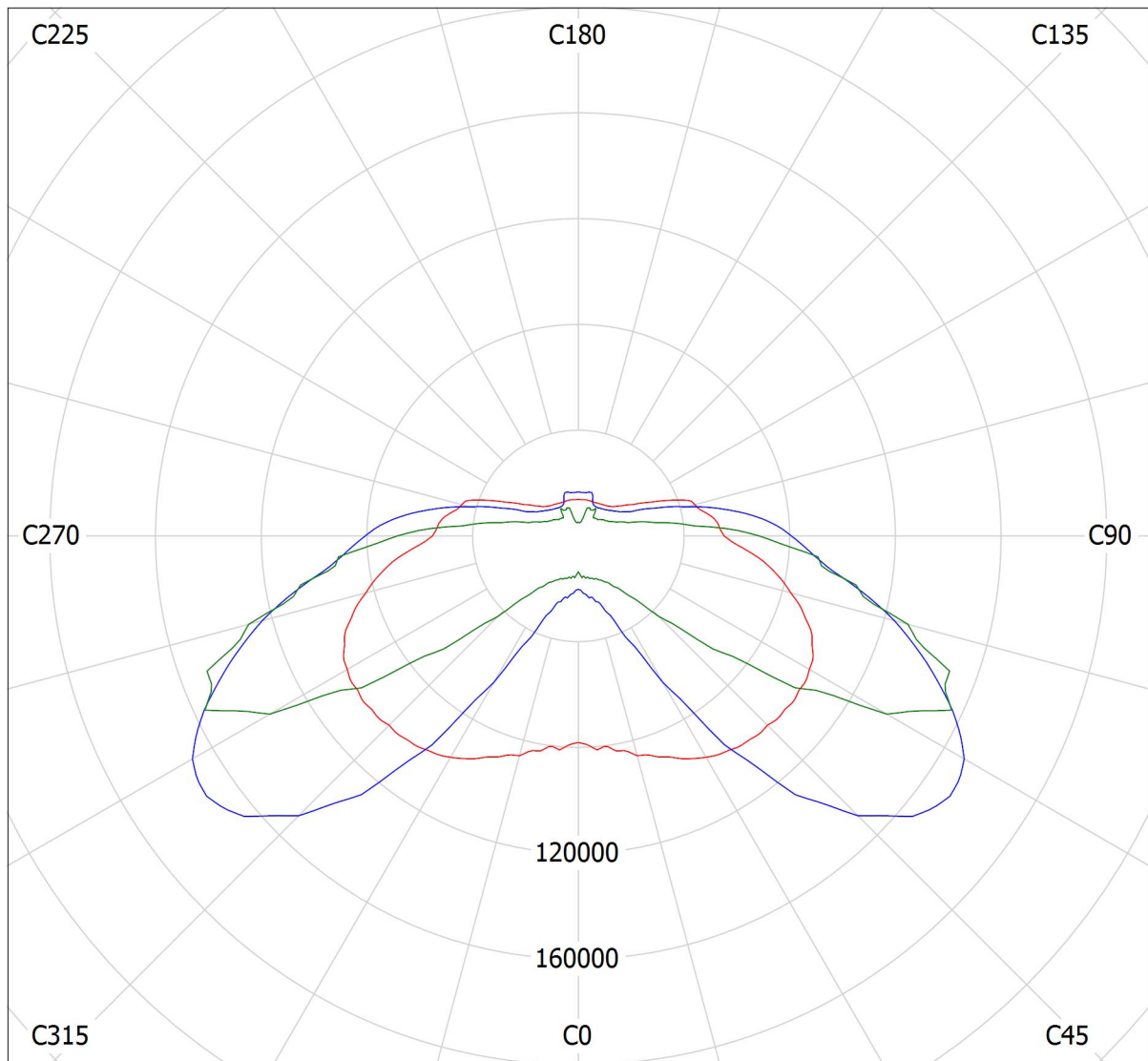


Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
Lámparas: 1 x LED160-4S/830



cd/m²

— g = 55.0° — g = 65.0° — g = 75.0°

Ing. Pedro Teherán
 Calle 65a No. 30-57
 Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
 Teléfono 3152944500
 Fax
 e-Mail pjteherant@unal.edu.co

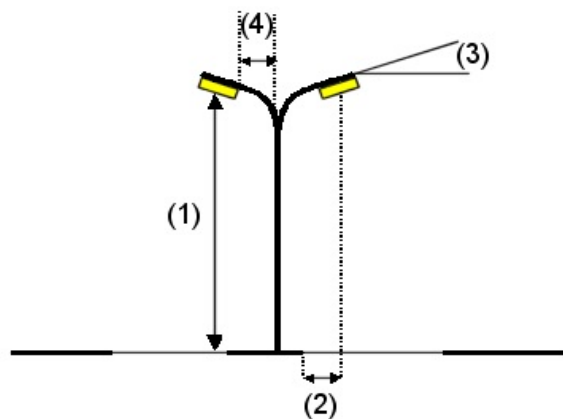
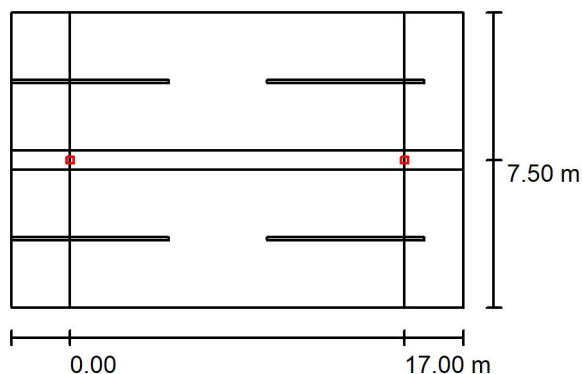
Av Pastrana / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Calzada 2 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)
 Arcén central 1 (Anchura: 1.000 m, Altura: 0.000 m)
 Calzada 1 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.87

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
 Flujo luminoso (Luminaria): 14365 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 16000 lm
 Potencia de las luminarias: 120.0 W
 Organización: sobre arcén central
 Distancia entre mástiles: 17.000 m
 Altura de montaje (1): 12.000 m
 Altura del punto de luz: 12.000 m
 Saliente sobre la calzada (2): -0.500 m
 Inclinación del brazo (3): 0.0 °
 Longitud del brazo (4): 0.000 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
 con 70°: 434 cd/klm
 con 80°: 61 cd/klm
 con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
 La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G4.
 La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



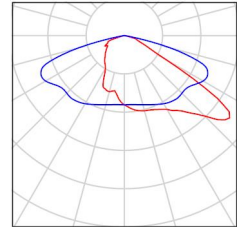
Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Av Pastrana / Lista de luminarias

PHILIPS BGP625 T25 DW10 LED160/- NO
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 14365 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 16000 lm
Potencia de las luminarias: 120.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 33 71 97 100 90
Lámpara: 1 x LED160-4S/830 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.

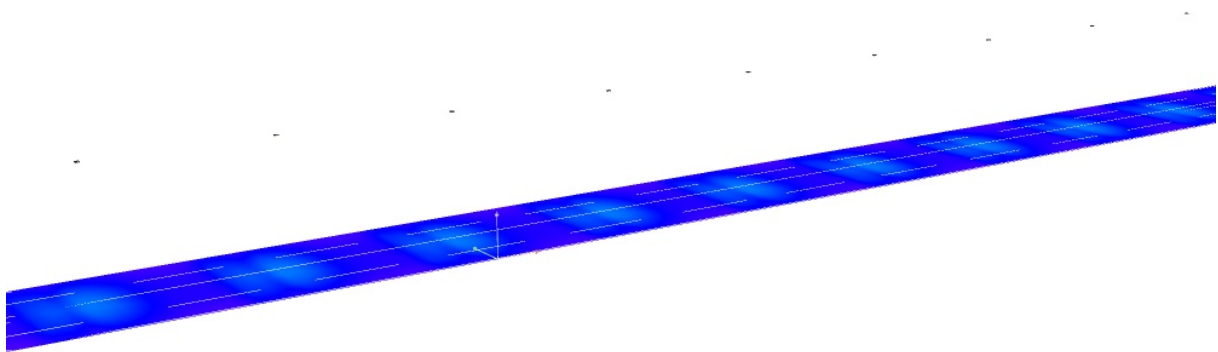




Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Av Pastrana / Rendering (procesado) de colores falsos



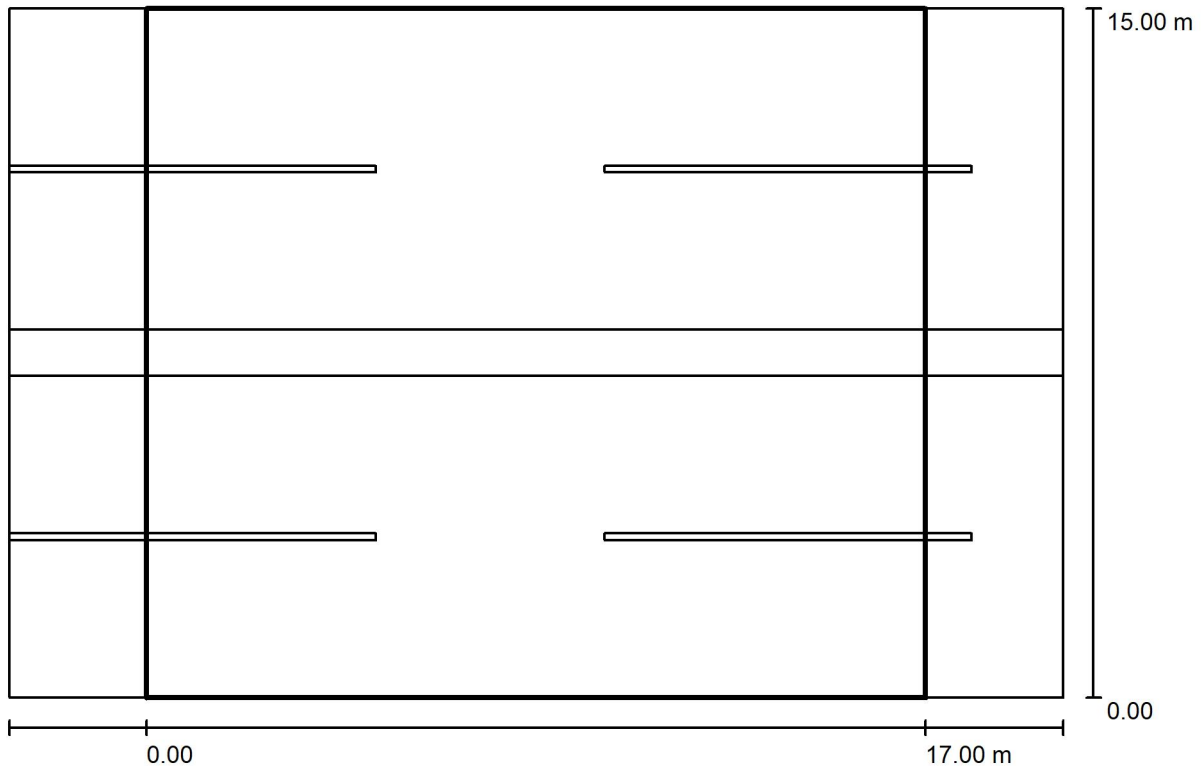
0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx



Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Av Pastrana / Recuadro de evaluación Calzada 1 & Calzada 2 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.87

Escala 1:165

Trama: 10 x 10 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1, Arcén central 1, Calzada 2.

Clase de iluminación seleccionada: CE3 (Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	20.00	0.81
Valores de consigna según clase:	≥ 15.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

Calle 10

Iluminación LED

Contacto: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales
N° de encargo: 01
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 20.05.2020
Proyecto elaborado por: Ing. Pedro Teherán



Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Índice

Calle 10	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33	
Hoja de datos de luminarias	4
Diagrama de densidad lumínica	5
Calle 10	
Datos de planificación	6
Lista de luminarias	7
Rendering (procesado) de colores falsos	8
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Sumario de los resultados	9

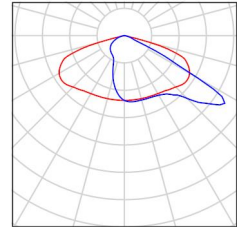


Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Calle 10 / Lista de luminarias

11 Pieza PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92
Lámpara: 1 x LED84-4S/757 (Factor de corrección 1.000).





Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

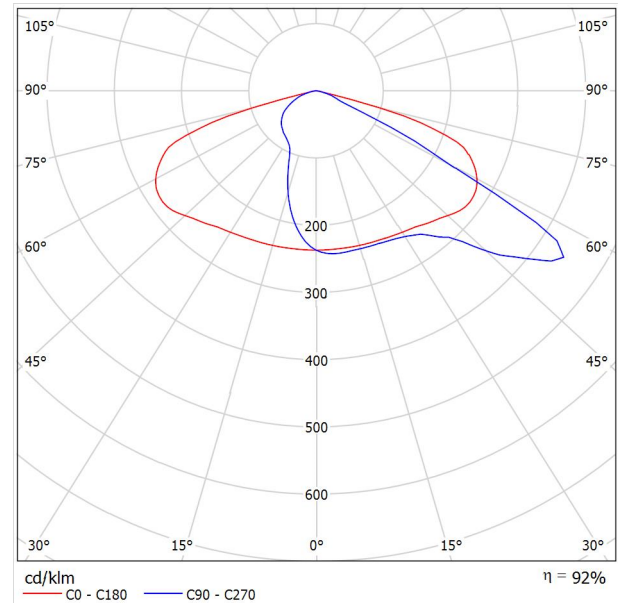
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 / Hoja de datos de luminarias



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92

Luma: la visión se hace realidad Luma es una luminaria de alumbrado vial de alto rendimiento con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Luma utiliza el motor LEDGINE-O de alto rendimiento con el rendimiento LED más reciente y una amplia gama de ópticas que responden a los estándares más avanzados. Es más, el diseño verdaderamente plano de Luma impide la luz ascendente. Para optimizar la distribución de luz en geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los deslumbramientos, el ángulo de inclinación se puede ajustar fácilmente durante la instalación.

Emisión de luz 1:



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

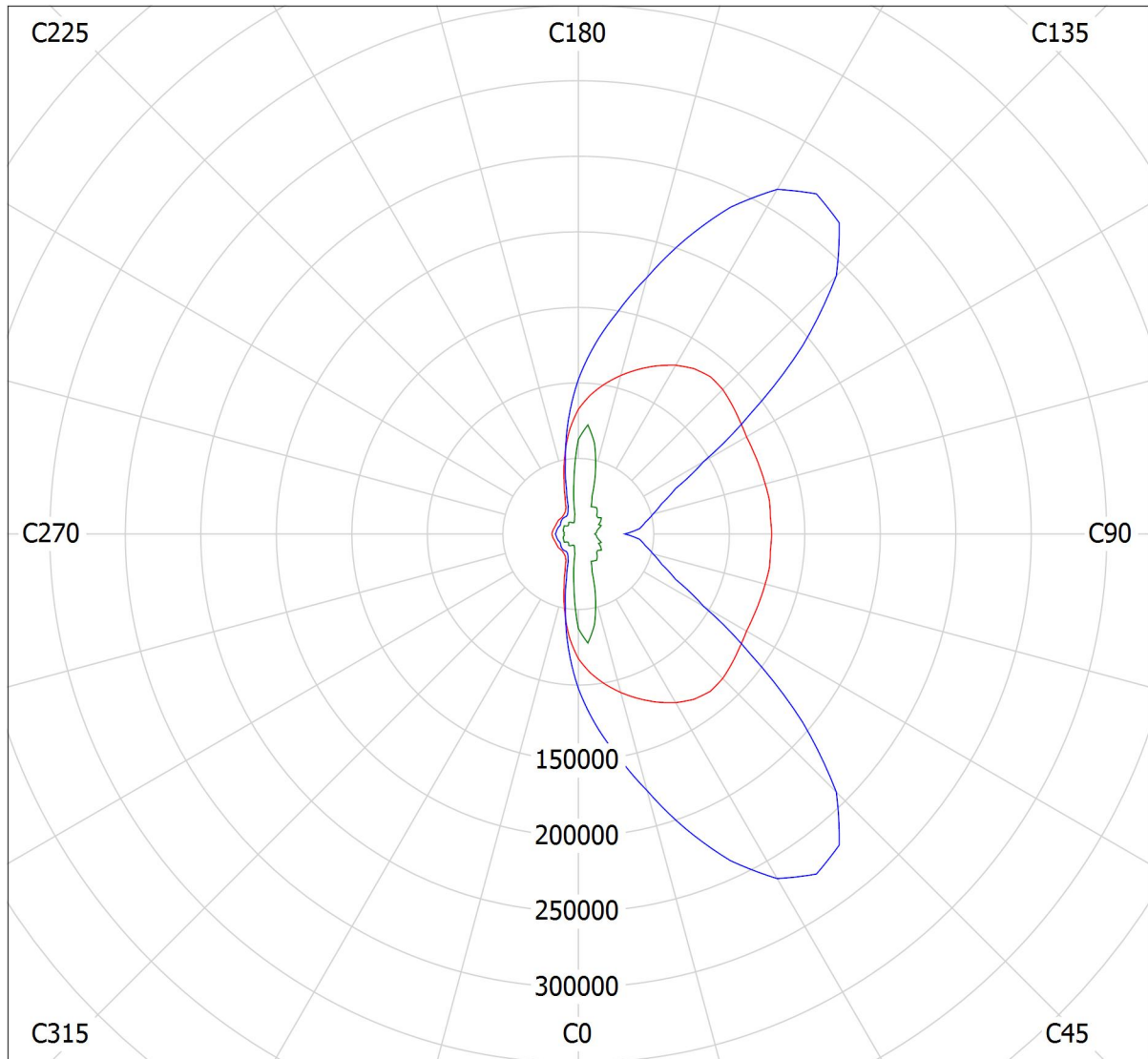


Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
Lámparas: 1 x LED84-4S/757



cd/m²
— g = 55.0° — g = 65.0° — g = 75.0°

Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

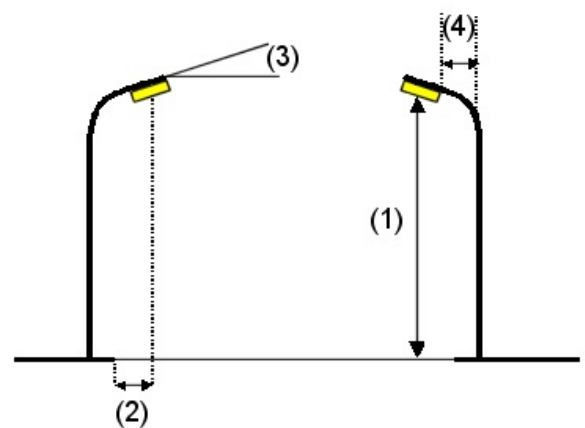
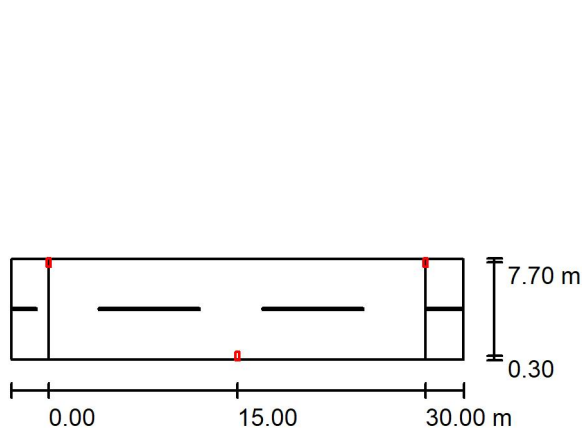
Calle 10 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Calzada 1 (Anchura: 8.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.86

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Organización: bilateral desplazado
Distancia entre mástiles: 30.000 m
Altura de montaje (1): 8.120 m
Altura del punto de luz: 8.000 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.300 m
Inclinación del brazo (3): 0.0 °
Longitud del brazo (4): 0.950 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 294 cd/klm
con 80°: 11 cd/klm
con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

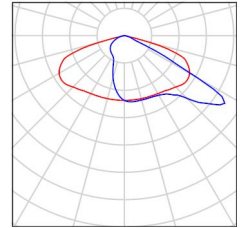


Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Calle 10 / Lista de luminarias

PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92
Lámpara: 1 x LED84-4S/757 (Factor de corrección 1.000).

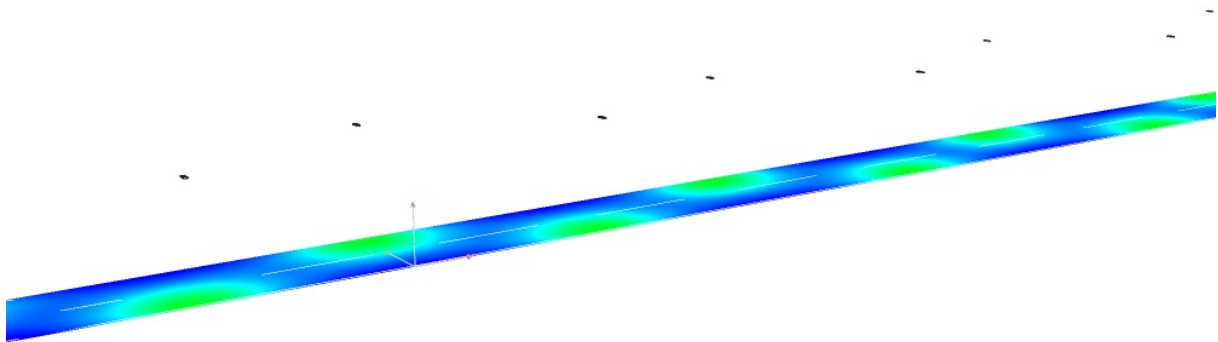




Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Calle 10 / Rendering (procesado) de colores falsos



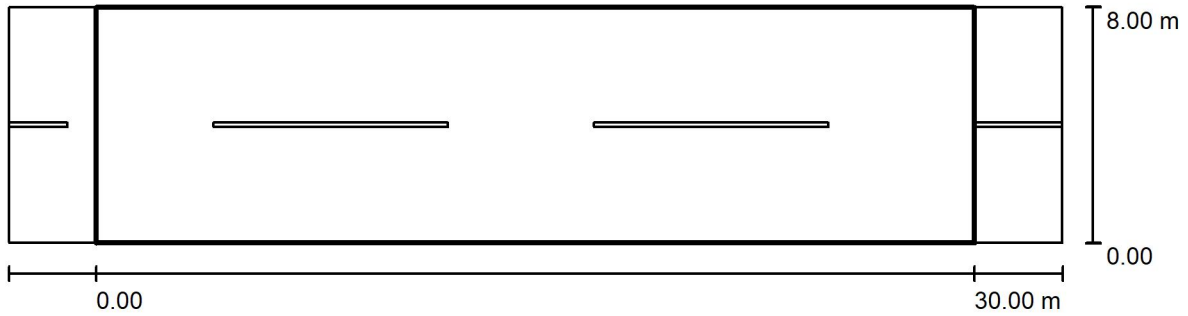
0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx



Ing. Pedro Teherán
 Calle 65a No. 30-57
 Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
 Teléfono 3152944500
 Fax
 e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Calle 10 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.86

Escala 1:258

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE4

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
27.61	0.76
≥ 10.00	≥ 0.40
✓	✓

Carrera 5

Iluminación LED

Contacto: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales
N° de encargo:
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 20.05.2020
Proyecto elaborado por: Ing. Pedro Teherán



Ing. Pedro José Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Índice

Carrera 5	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33	
Hoja de datos de luminarias	4
Diagrama de densidad lumínica	5
Carrera 5	
Datos de planificación	6
Lista de luminarias	7
Rendering (procesado) de colores falsos	8
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Sumario de los resultados	9

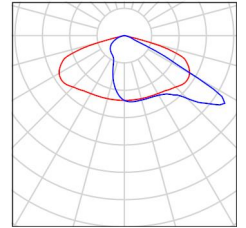


Ing. Pedro José Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 5 / Lista de luminarias

7 Pieza PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92
Lámpara: 1 x LED84-4S/757 (Factor de corrección 1.000).



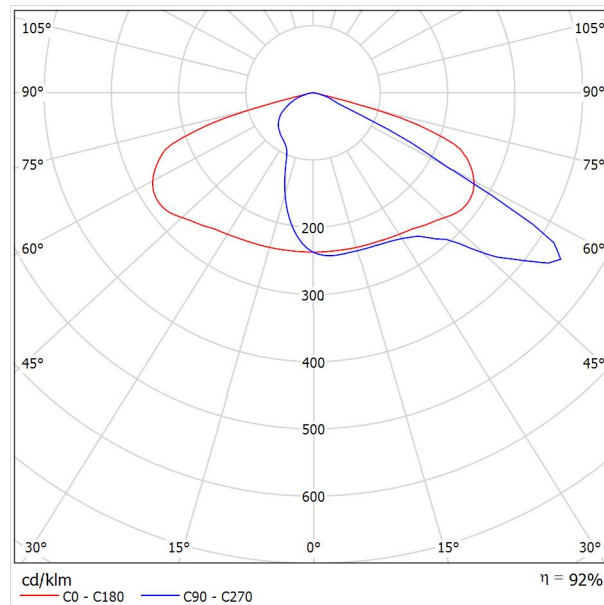
Ing. Pedro José Teherán

Calle 65 a No. 30-57
ManizalesProyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co**PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 / Hoja de datos de luminarias**

Emisión de luz 1:

Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92

Luma: la visión se hace realidad Luma es una luminaria de alumbrado vial de alto rendimiento con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Luma utiliza el motor LEDGINE-O de alto rendimiento con el rendimiento LED más reciente y una amplia gama de ópticas que responden a los estándares más avanzados. Es más, el diseño verdaderamente plano de Luma impide la luz ascendente. Para optimizar la distribución de luz en geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los deslumbramientos, el ángulo de inclinación se puede ajustar fácilmente durante la instalación.



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

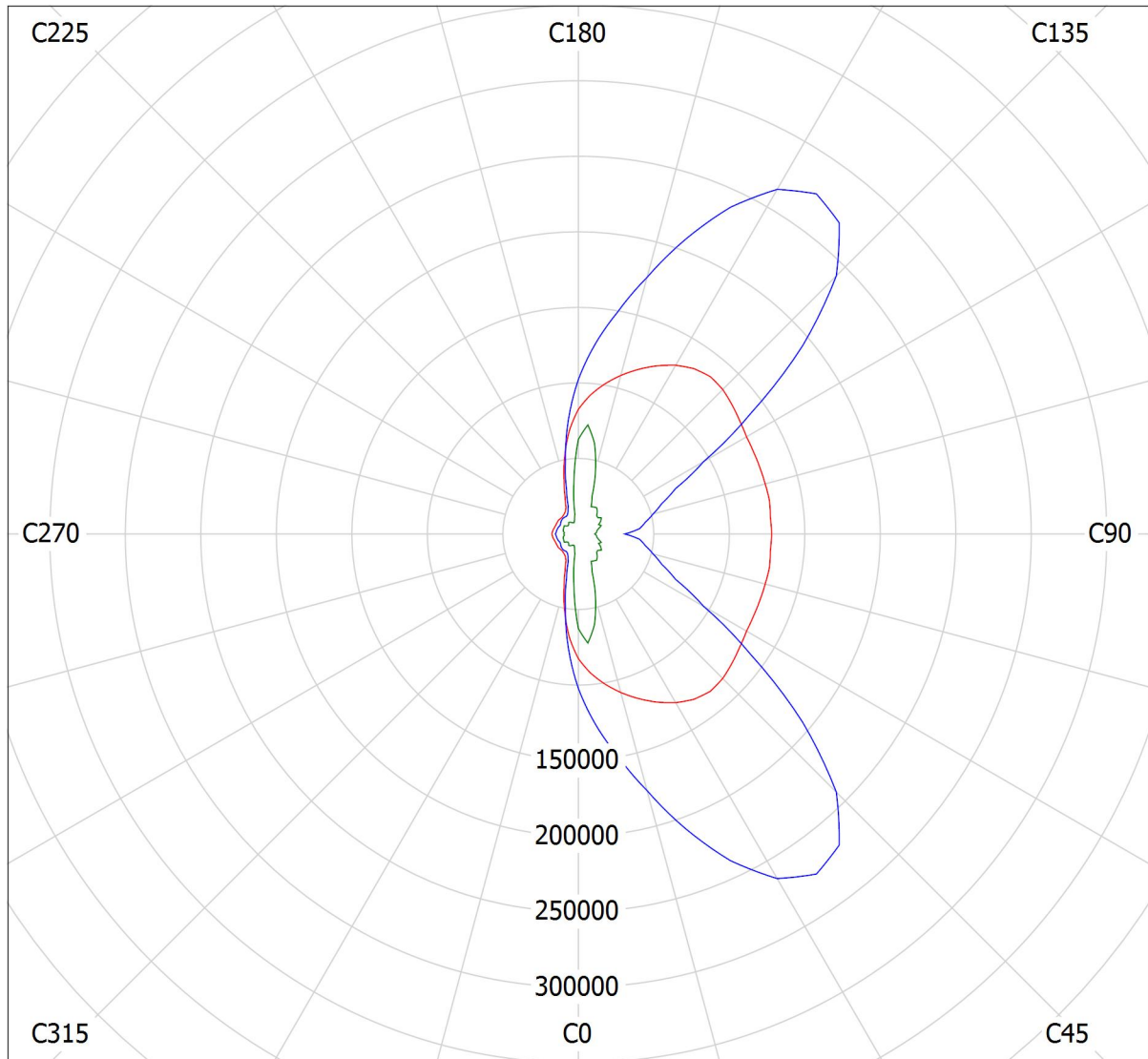


Ing. Pedro José Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
Lámparas: 1 x LED84-4S/757



cd/m²
— g = 55.0° — g = 65.0° — g = 75.0°



Ing. Pedro José Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

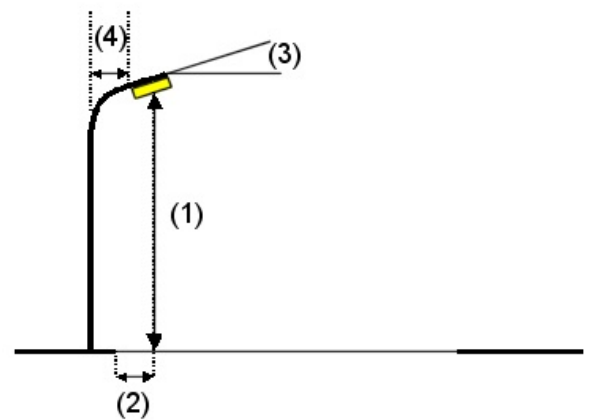
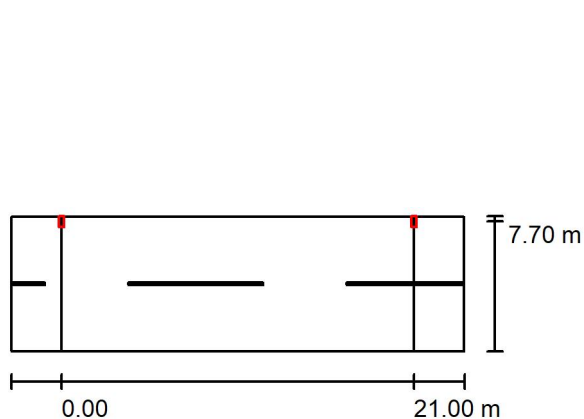
Carrera 5 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Calzada 1 (Anchura: 8.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.86

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 21.000 m
Altura de montaje (1): 8.120 m
Altura del punto de luz: 8.000 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.300 m
Inclinación del brazo (3): 0.0 °
Longitud del brazo (4): 0.950 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 294 cd/klm
con 80°: 11 cd/klm
con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

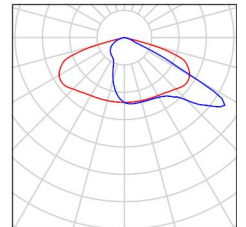


Ing. Pedro José Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 5 / Lista de luminarias

PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92
Lámpara: 1 x LED84-4S/757 (Factor de corrección 1.000).

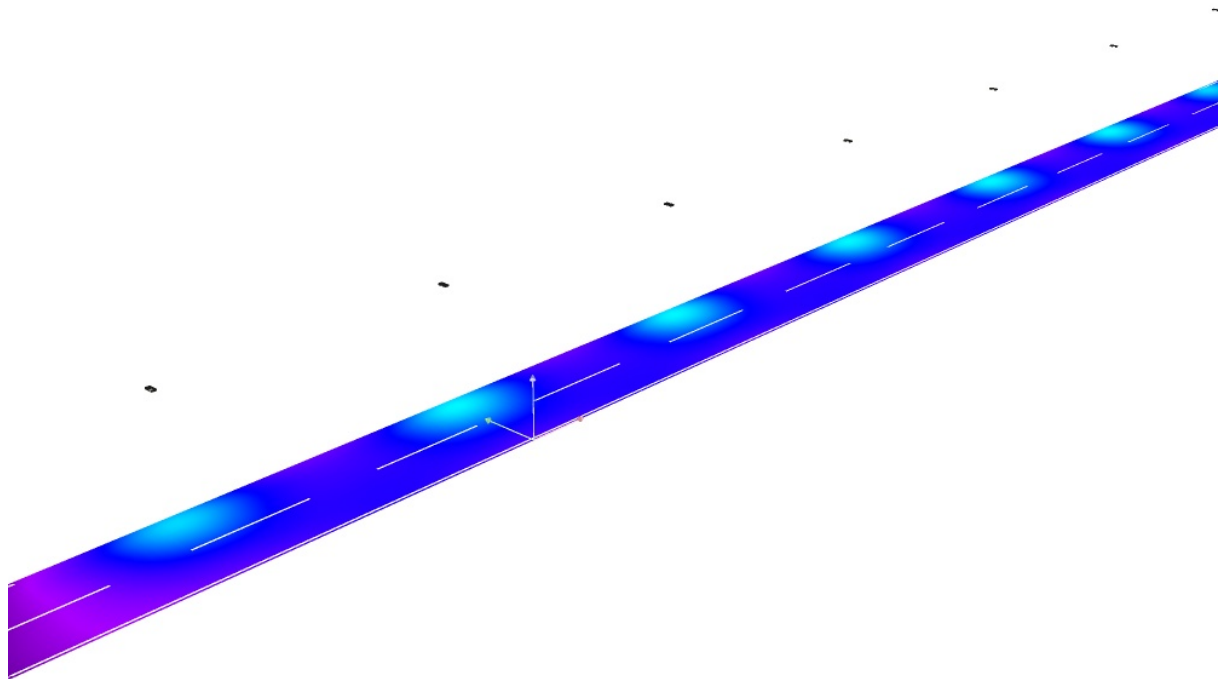




Ing. Pedro José Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 5 / Rendering (procesado) de colores falsos



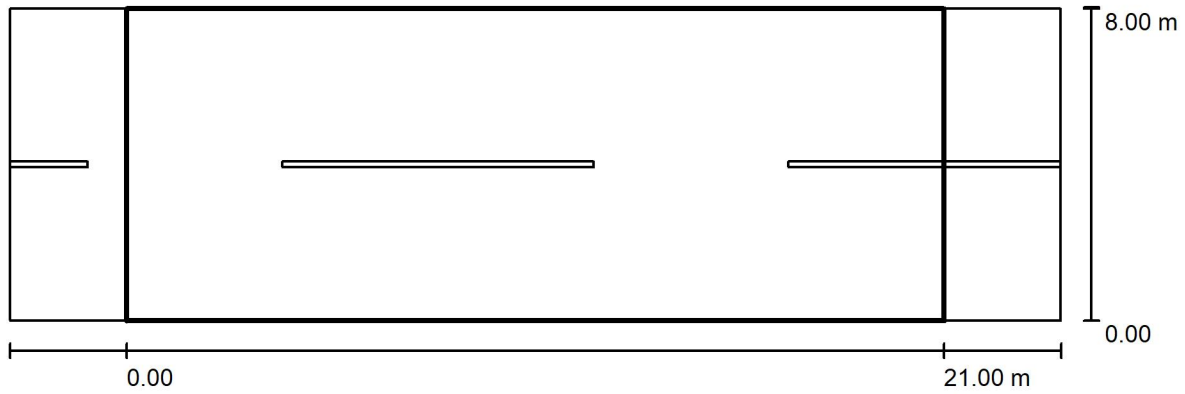
0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx



Ing. Pedro José Teherán
 Calle 65 a No. 30-57
 Manizales

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
 Teléfono 3152944500
 Fax
 e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 5 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.86

Escala 1:194

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE4

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:
 Valores de consigna según clase:
 Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
19.73	0.77
≥ 10.00	≥ 0.40
✓	✓

Carrera 4

Iluminación LED

Contacto: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales
N° de encargo: 01
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 20.05.2020
Proyecto elaborado por: Ing. Pedro Teherán



Ing. Pedro José Teherán
Calle 65a No. 30-37
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant06@unal.edu.co

Índice

Carrera 4	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33	
Hoja de datos de luminarias	4
Diagrama de densidad lumínica	5
Carrera 4	
Datos de planificación	6
Lista de luminarias	7
Rendering (procesado) de colores falsos	8
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Sumario de los resultados	9

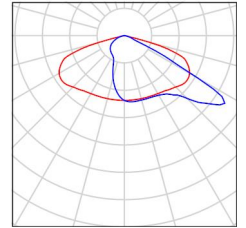


Ing. Pedro José Teherán
Calle 65a No. 30-37
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant06@unal.edu.co

Carrera 4 / Lista de luminarias

7 Pieza PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92
Lámpara: 1 x LED84-4S/757 (Factor de corrección 1.000).





Ing. Pedro José Teherán
Calle 65a No. 30-37
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant06@unal.edu.co

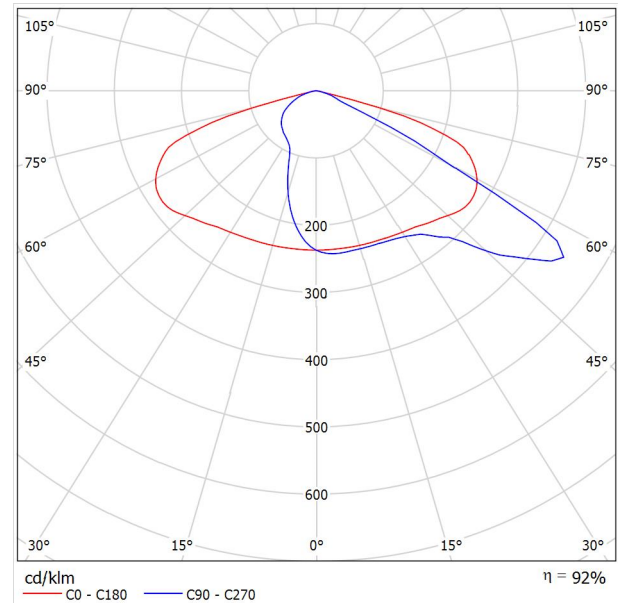
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92

Luma: la visión se hace realidad Luma es una luminaria de alumbrado vial de alto rendimiento con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Luma utiliza el motor LEDGINE-O de alto rendimiento con el rendimiento LED más reciente y una amplia gama de ópticas que responden a los estándares más avanzados. Es más, el diseño verdaderamente plano de Luma impide la luz ascendente. Para optimizar la distribución de luz en geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los deslumbramientos, el ángulo de inclinación se puede ajustar fácilmente durante la instalación.



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

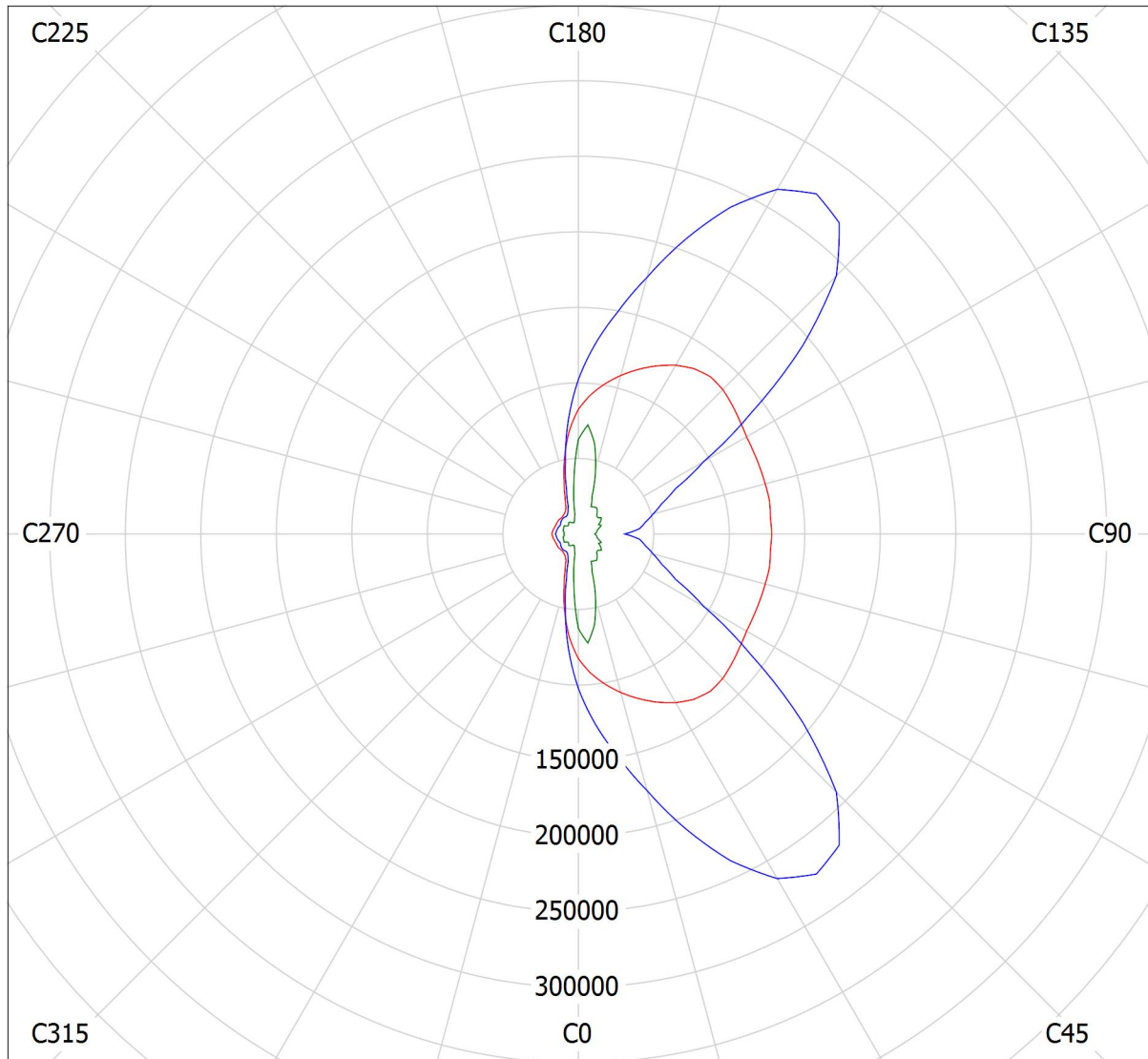


Ing. Pedro José Teherán
Calle 65a No. 30-37
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant06@unal.edu.co

PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
Lámparas: 1 x LED84-4S/757



cd/m²

— g = 55.0° — g = 65.0° — g = 75.0°



Ing. Pedro José Teherán
Calle 65a No. 30-37
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant06@unal.edu.co

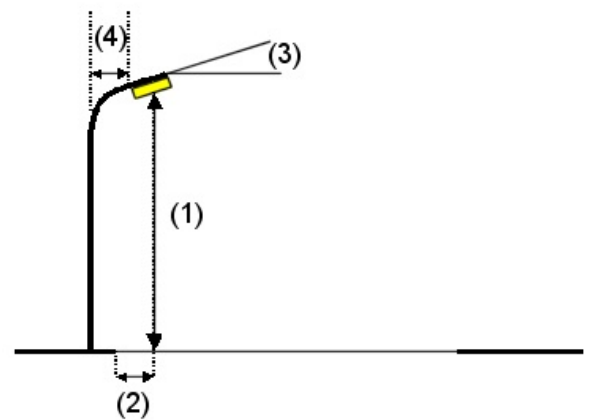
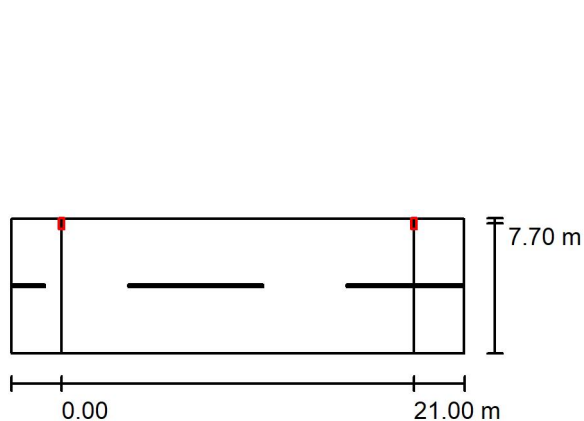
Carrera 4 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Calzada 1 (Anchura: 8.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.86

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Organización: unilateral arriba
Distancia entre mástiles: 21.000 m
Altura de montaje (1): 8.120 m
Altura del punto de luz: 8.000 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.300 m
Inclinación del brazo (3): 0.0 °
Longitud del brazo (4): 0.950 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 294 cd/klm
con 80°: 11 cd/klm
con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

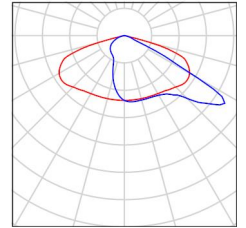


Ing. Pedro José Teherán
Calle 65a No. 30-37
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant06@unal.edu.co

Carrera 4 / Lista de luminarias

PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92
Lámpara: 1 x LED84-4S/757 (Factor de corrección 1.000).

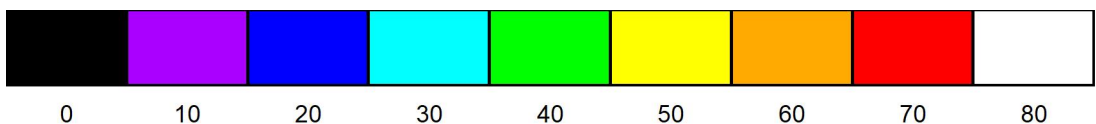
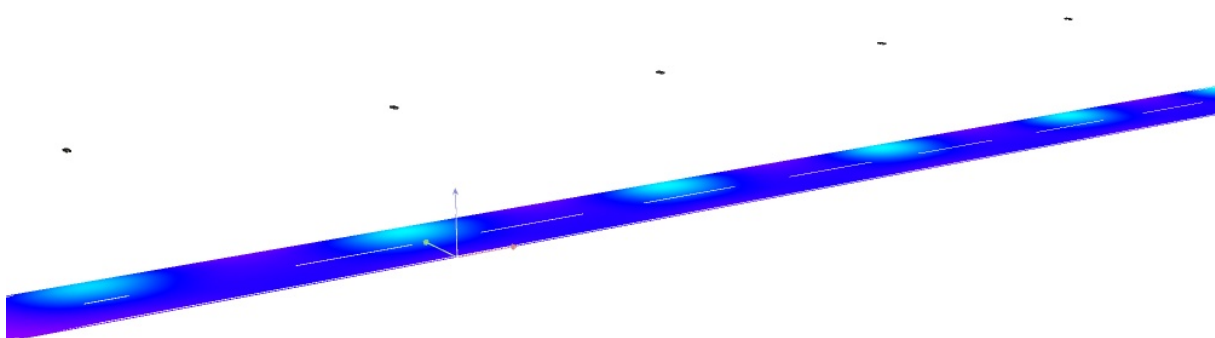




Ing. Pedro José Teherán
Calle 65a No. 30-37
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant06@unal.edu.co

Carrera 4 / Rendering (procesado) de colores falsos



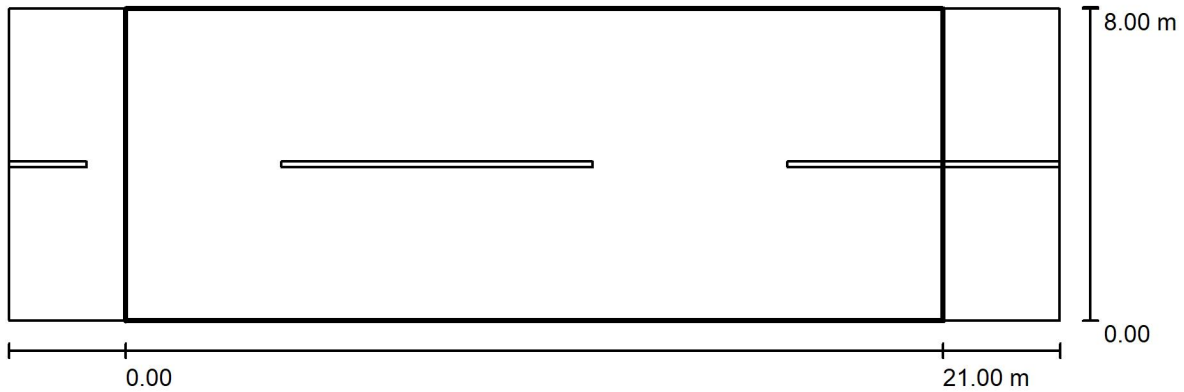
lx



Ing. Pedro José Teherán
Calle 65a No. 30-37
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant06@unal.edu.co

Carrera 4 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.86

Escala 1:194

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE4

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
19.73	0.77
≥ 10.00	≥ 0.40
✓	✓

Carrera 3

Iluminación LED

Contacto: Universidad Nacional de Colombia
N° de encargo: 01
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 20.05.2020
Proyecto elaborado por: Ing. Pedro Teherán



Ing. Pedro Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Índice

Carrera 3	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33	
Hoja de datos de luminarias	4
Diagrama de densidad lumínica	5
Carrera 3	
Datos de planificación	6
Lista de luminarias	7
Rendering (procesado) de colores falsos	8
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Sumario de los resultados	9

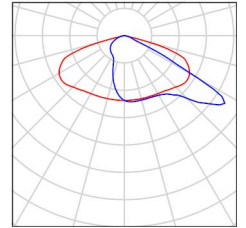


Ing. Pedro Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 3 / Lista de luminarias

12 Pieza PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92
Lámpara: 1 x LED84-4S/757 (Factor de corrección 1.000).





Ing. Pedro Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

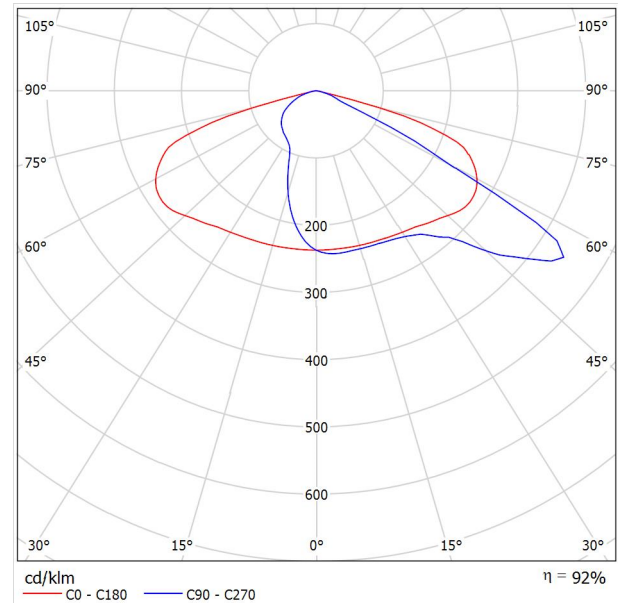
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92

Luma: la visión se hace realidad Luma es una luminaria de alumbrado vial de alto rendimiento con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Luma utiliza el motor LEDGINE-O de alto rendimiento con el rendimiento LED más reciente y una amplia gama de ópticas que responden a los estándares más avanzados. Es más, el diseño verdaderamente plano de Luma impide la luz ascendente. Para optimizar la distribución de luz en geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los deslumbramientos, el ángulo de inclinación se puede ajustar fácilmente durante la instalación.



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

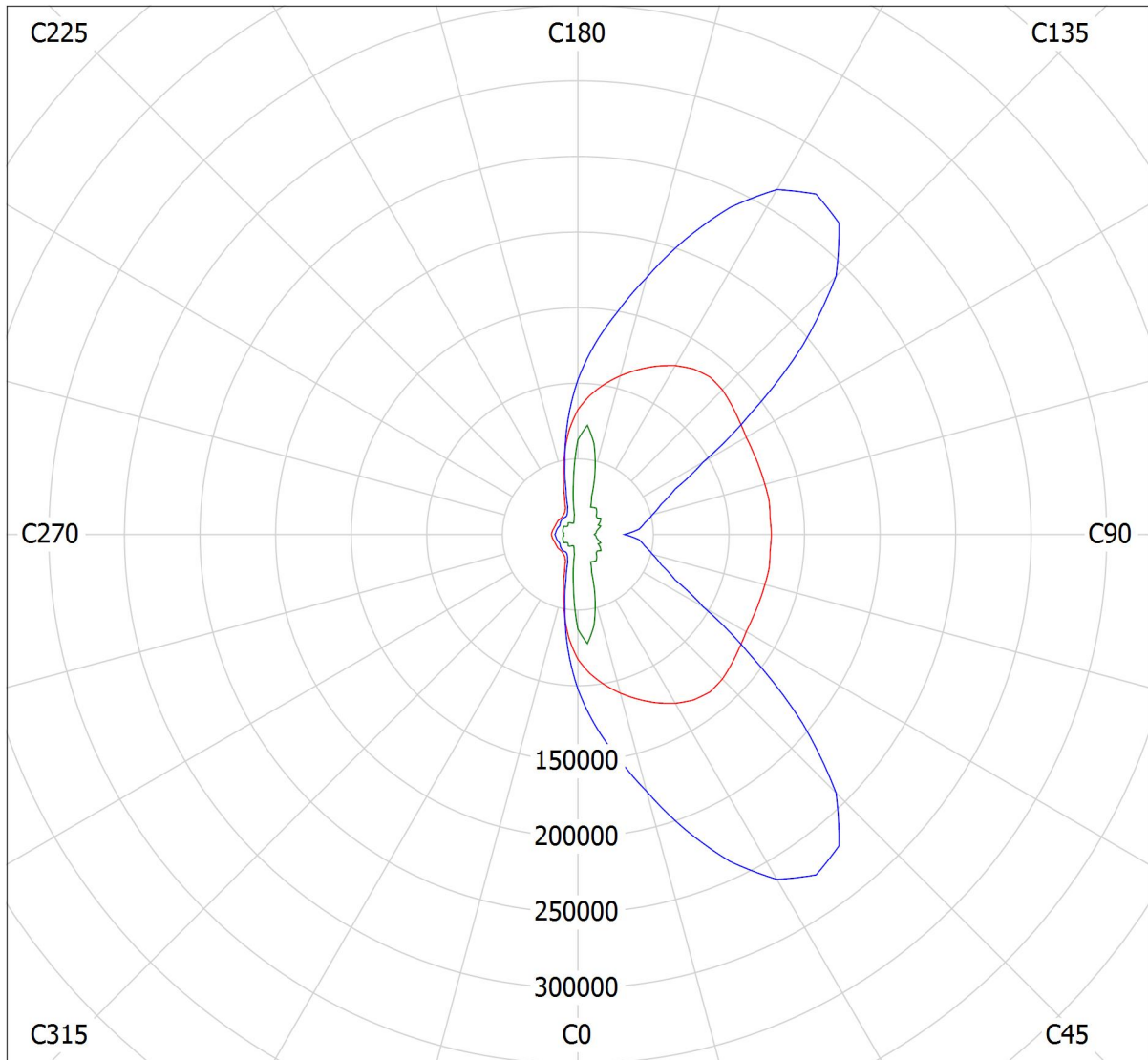


Ing. Pedro Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
Lámparas: 1 x LED84-4S/757



cd/m²
— g = 55.0° — g = 65.0° — g = 75.0°



Ing. Pedro Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

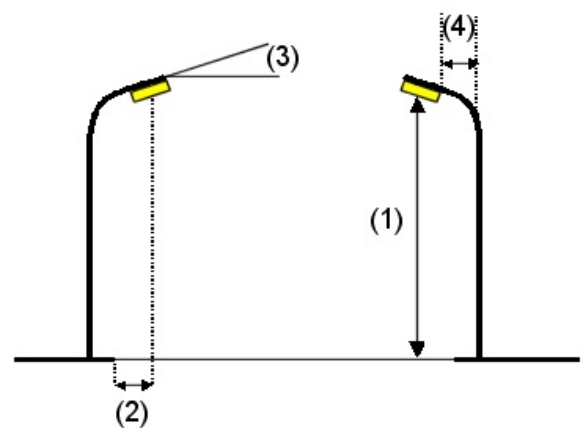
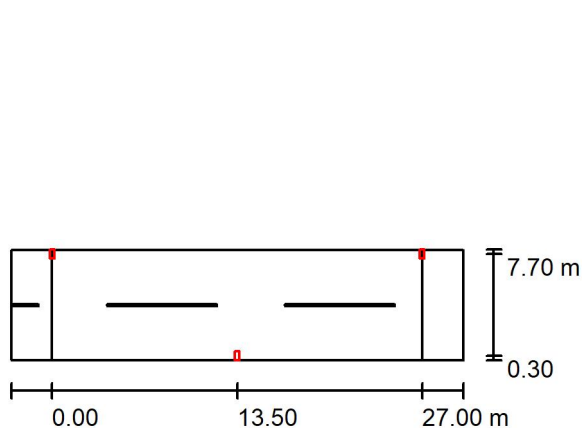
Carrera 3 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Calzada 1 (Anchura: 8.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.86

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Organización: bilateral desplazado
Distancia entre mástiles: 27.000 m
Altura de montaje (1): 8.120 m
Altura del punto de luz: 8.000 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.300 m
Inclinación del brazo (3): 0.0 °
Longitud del brazo (4): 0.950 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 294 cd/klm
con 80°: 11 cd/klm
con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.

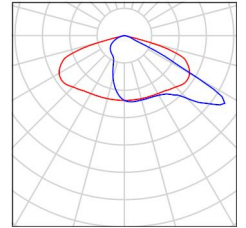


Ing. Pedro Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 3 / Lista de luminarias

PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92
Lámpara: 1 x LED84-4S/757 (Factor de corrección 1.000).

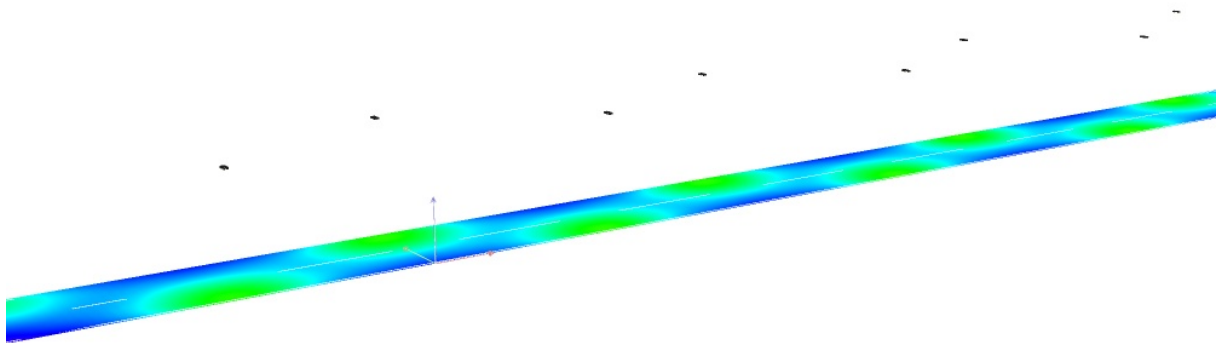




Ing. Pedro Teherán
Calle 65 a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 3 / Rendering (procesado) de colores falsos



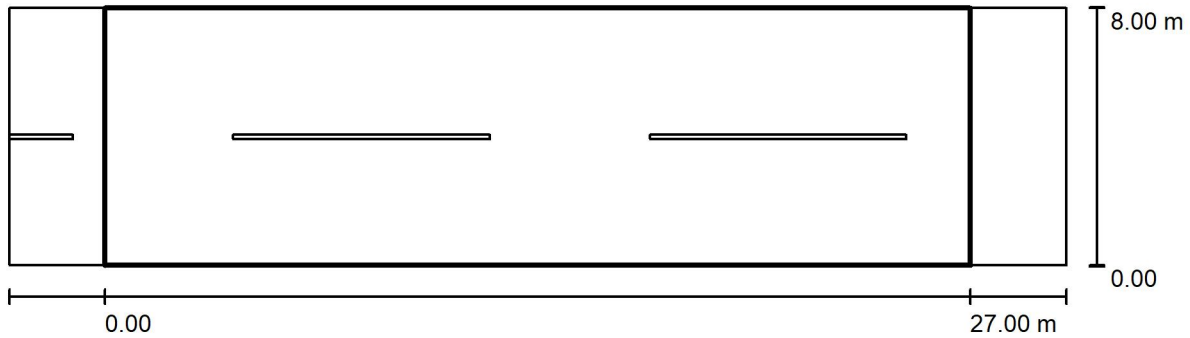
0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx



Ing. Pedro Teherán
 Calle 65 a No. 30-57
 Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
 Teléfono 3152944500
 Fax
 e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 3 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.86

Escala 1:236

Trama: 10 x 6 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE4

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

Valores reales según cálculo:

Valores de consigna según clase:

Cumplido/No cumplido:

E_m [lx]	U0
30.69	0.76
≥ 10.00	≥ 0.40
✓	✓

Carrera 2

Iluminación LED

Contacto: Universidad Nacional de Colombia
N° de encargo: 01
Empresa:
N° de cliente:

Fecha: 20.05.2020
Proyecto elaborado por: Ing. Pedro Teherán



Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Índice

Carrera 2	
Portada del proyecto	1
Índice	2
Lista de luminarias	3
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33	
Hoja de datos de luminarias	4
Diagrama de densidad lumínica	5
Carrera 2	
Datos de planificación	6
Lista de luminarias	7
Rendering (procesado) de colores falsos	8
Recuadros de evaluación	
Recuadro de evaluación Calzada 1	
Sumario de los resultados	9

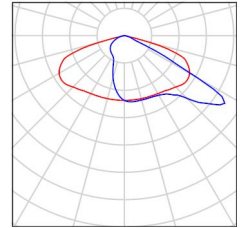


Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 2 / Lista de luminarias

11 Pieza PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92
Lámpara: 1 x LED84-4S/757 (Factor de corrección 1.000).





Ing. Pedro Teherán

Calle 65a No. 30-57
Manizales, CaldasProyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

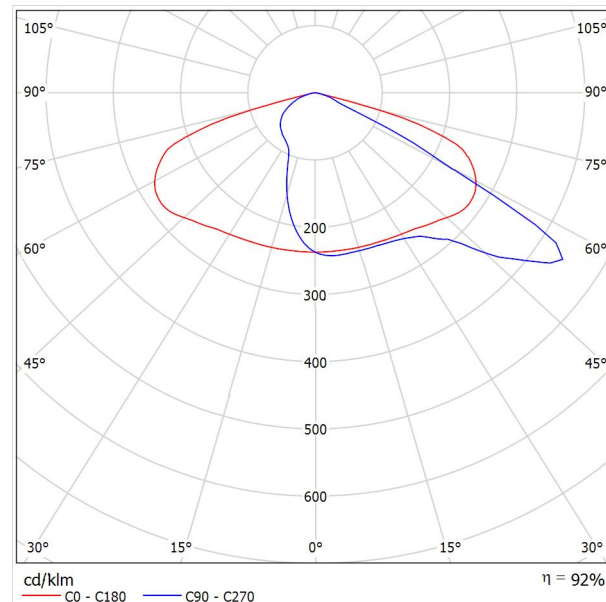
PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92

Luma: la visión se hace realidad Luma es una luminaria de alumbrado vial de alto rendimiento con una identidad de diseño clara, que ofrece una solución para cualquier calle y carretera, perfectamente refrigerada, para instalarla y olvidarse de ella. El paquete lumínico, la vida útil y el perfil energético se pueden adaptar para crear la solución deseada en términos de ahorro de costes y energético. Luma se puede programar para mantener el flujo de los LED a un nivel constante predefinido a lo largo de la vida útil de la luminaria, aumentando la corriente de funcionamiento con el tiempo para compensar la depreciación lumínica del LED. Luma utiliza el motor LEDGINE-O de alto rendimiento con el rendimiento LED más reciente y una amplia gama de ópticas que responden a los estándares más avanzados. Es más, el diseño verdaderamente plano de Luma impide la luz ascendente. Para optimizar la distribución de luz en geometrías de carreteras variantes y/o para restringir los deslumbramientos, el ángulo de inclinación se puede ajustar fácilmente durante la instalación.



Para esta luminaria no puede presentarse ninguna tabla UGR porque carece de atributos de simetría.

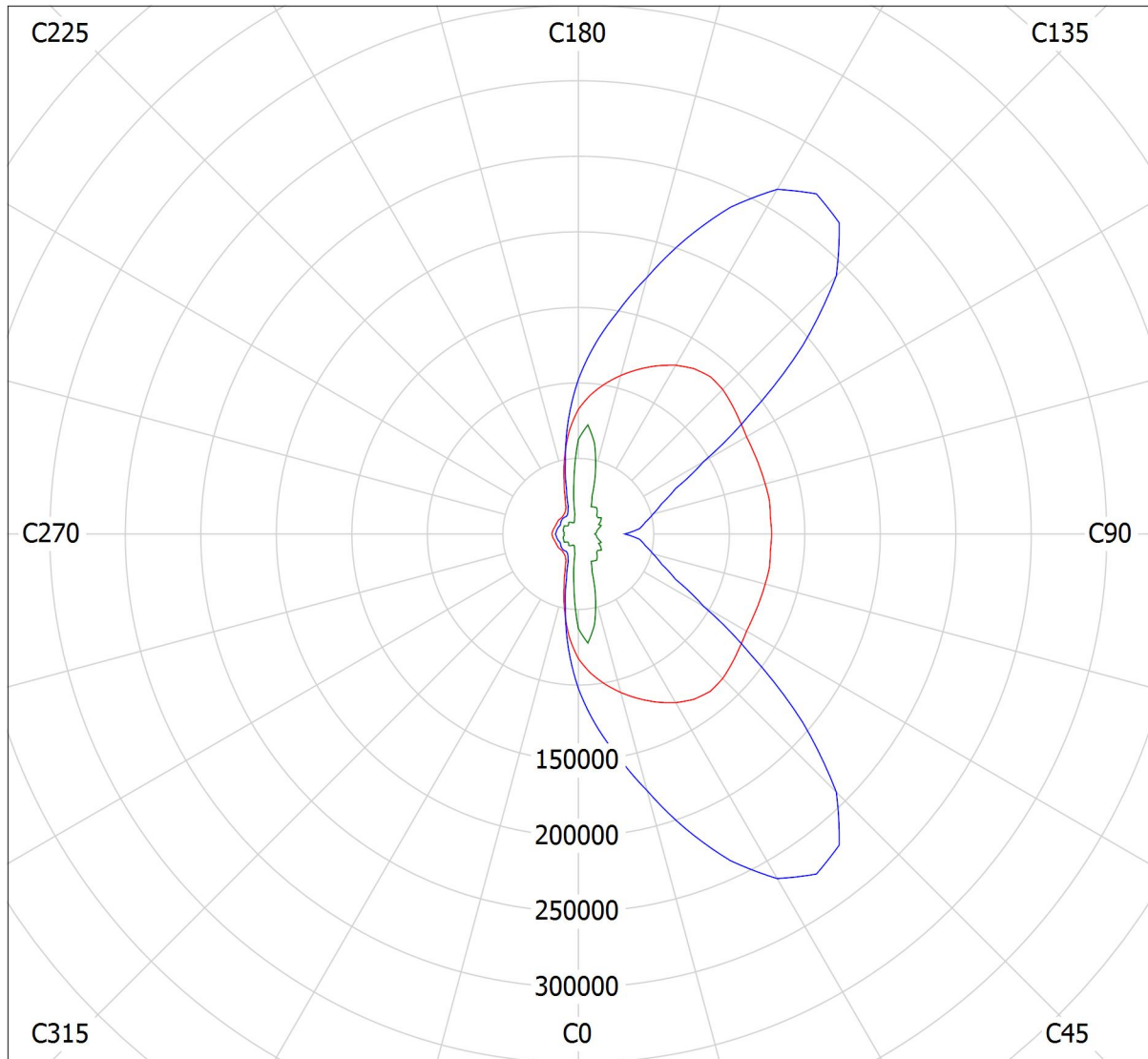


Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33 / Diagrama de densidad lumínica

Luminaria: PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
Lámparas: 1 x LED84-4S/757



cd/m²
— g = 55.0° — g = 65.0° — g = 75.0°

Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

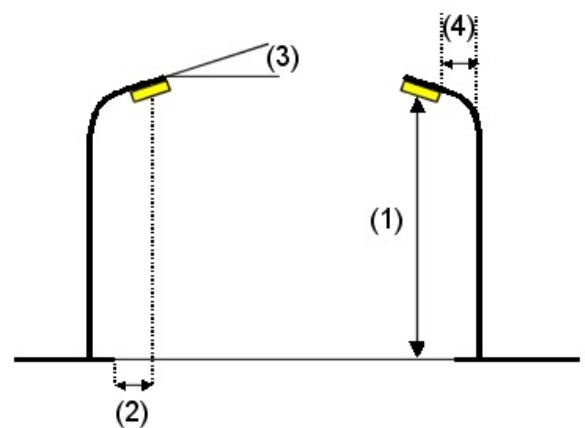
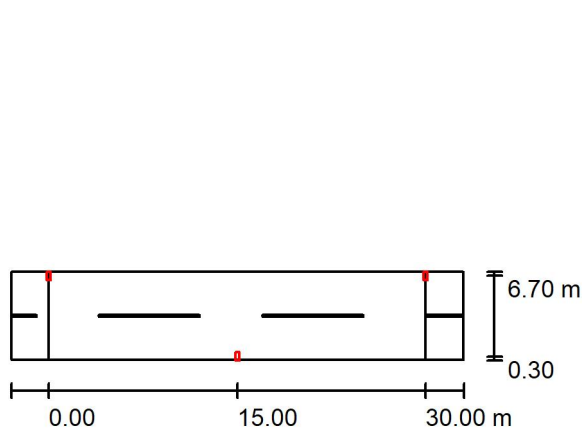
Carrera 2 / Datos de planificación

Perfil de la vía pública

Calzada 1 (Anchura: 7.000 m, Cantidad de carriles de tránsito: 2, Revestimiento de la calzada: R3, q0: 0.070)

Factor mantenimiento: 0.86

Disposiciones de las luminarias



Luminaria: PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Organización: bilateral desplazado
Distancia entre mástiles: 30.000 m
Altura de montaje (1): 8.120 m
Altura del punto de luz: 8.000 m
Saliente sobre la calzada (2): 0.300 m
Inclinación del brazo (3): 0.0 °
Longitud del brazo (4): 0.950 m

Valores máximos de la intensidad lumínica
con 70°: 294 cd/klm
con 80°: 11 cd/klm
con 90°: 0.00 cd/klm

Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).

Ninguna intensidad lumínica por encima de 90°.
La disposición cumple con la clase de intensidad lumínica G6.

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.6.



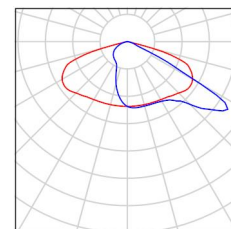
Ing. Pedro Teherán

Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 2 / Lista de luminarias

PHILIPS BGP621 T25 1 xLED84-4S/757 DM33
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 7728 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 8400 lm
Potencia de las luminarias: 53.0 W
Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 35 74 98 100 92
Lámpara: 1 x LED84-4S/757 (Factor de corrección 1.000).

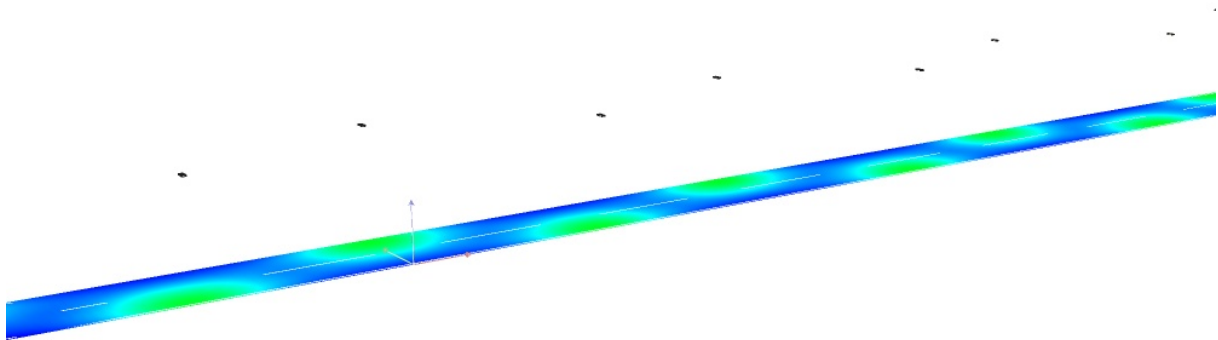




Ing. Pedro Teherán
Calle 65a No. 30-57
Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
Teléfono 3152944500
Fax
e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 2 / Rendering (procesado) de colores falsos



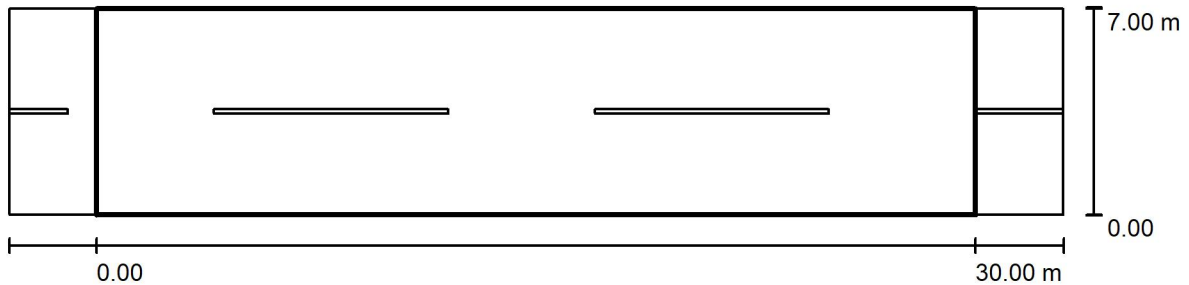
0 10 20 30 40 50 60 70 80 lx



Ing. Pedro Teherán
 Calle 65a No. 30-57
 Manizales, Caldas

Proyecto elaborado por Ing. Pedro Teherán
 Teléfono 3152944500
 Fax
 e-Mail pjteherant@unal.edu.co

Carrera 2 / Recuadro de evaluación Calzada 1 / Sumario de los resultados



Factor mantenimiento: 0.86

Escala 1:258

Trama: 10 x 5 Puntos

Elemento de la vía pública respectivo: Calzada 1.

Clase de iluminación seleccionada: CE4

(Se cumplen todos los requerimientos fotométricos.)

	E_m [lx]	U0
Valores reales según cálculo:	28.16	0.80
Valores de consigna según clase:	≥ 10.00	≥ 0.40
Cumplido/No cumplido:	✓	✓

6.3. Anexo 03: Costos de Montaje de Luminaria

COSTO MONTAJE UCAP LUMINARIA

UNIDAD CONSTRUCTIVA		Actividad X Día	Equipos								Herramientas				Materiales			Vehiculos		Sistemas Pta Tierra		Mano de Obra	COSTO TOTAL MONTAJE UC	Costo Inspectores Obra.
			Pinzas VA	Equipo P. Tierra	Equipo Prueba	Luxometro	Analizador de Red	Medidor Distancia	Equipos de Seguridad	Software	Pertiga	Escalera 12 mts	Arnes	Herramientas de mano	Conectores	Cables	Varios	Camioneta	Grua - Canasta	lum.	trafo			
			\$420	\$4.200	\$1.500	\$5.200	\$9.230	\$1.300	\$1.500	\$12.500	\$3.800	\$4.100	\$620	\$750	\$25	\$19	\$3.350	\$70.000	\$240.000	\$43	\$620	\$90.000		\$170.000
Luminaria	LED 53W	12	\$35	\$0	\$125	\$433	\$769	\$108	\$125	\$1.042	\$0	\$342	\$52	\$63	\$25	\$19	\$279	\$5.833	\$20.000	\$43	\$0	\$45.000	\$74.293	\$14.167
	LED 120W	12	\$35	\$0	\$125	\$433	\$769	\$108	\$125	\$1.042	\$0	\$342	\$52	\$63	\$25	\$19	\$279	\$5.833	\$20.000	\$43	\$0	\$45.000	\$74.293	\$14.167
	LED 150W	12	\$35	\$0	\$125	\$433	\$769	\$108	\$125	\$1.042	\$0	\$342	\$52	\$63	\$25	\$19	\$279	\$5.833	\$20.000	\$43	\$0	\$45.000	\$74.293	\$14.167
	REFLECTOR LED 200W	6	\$70	\$0	\$250	\$867	\$1.538	\$217	\$250	\$2.083	\$0	\$683	\$103	\$125	\$25	\$19	\$558	\$11.667	\$40.000	\$43	\$0	\$90.000	\$148.498	\$28.333

6.4. Anexo 04: Costo Máximos de la Actividad de Inversión del Sistema de Alumbrado Público

COSTOS MÁXIMOS DE LA ACTIVIDAD DE INVERSIÓN DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO

UC LUMINARIA	CANTID.	Costo Reposición	Total Inversión	r	vi	1-(1+r)^(-vi)	CAAE _n
							COSTO ANUAL RECONOCIDO
Led 53W	5.913	\$ 1.207.215	\$ 7.138.259.930	11,64%	15	0,808264477	\$ 1.027.996.998
Led 120W	689	\$ 1.325.480	\$ 913.255.444	11,64%	15	0,808264477	\$ 131.519.987
LED 150W	559	\$ 1.545.115	\$ 863.719.061	11,64%	15	0,808264477	\$ 124.386.140
Reflector Led 200W	89	\$ 1.822.990	\$ 162.246.074	11,64%	15	0,808264477	\$ 23.365.425
	7.250		\$ 9.077.480.510			Total	\$ 1.307.268.551
						POR MES	\$ 108.939.046
						TOTAL	\$ 108.939.046

VALOR REMUNERACION DE ACTIVOS NO ELECTRICOS	CAAE _n *,041	\$4.466.501	ID	0,997707059
---	-------------------------	-------------	----	-------------

Potencia total instalada	192.620
Potencia fuera de servicio	1325
Horas fuera de servicio	4
Horas totales de operación	12

VALOR PROMEDIO MES A RECONOCER EN EJEMPLO POR INVERSION	\$ 113.145.515
--	-----------------------

6.5. Anexo 05: Costo Montaje UCAP

UNIDAD CONSTRUCTIVA		Actividad X Día	Equipos								Herramientas				Materiales			Vehiculos		Sistemas Pta Tierra		Mano de Obra	COSTO TOTAL MONTAJE UC	Costo Inspectores Obra.
			Pinzas VA	Equipo P. Tierra	Equipo Prueba	Luxometro	Analizador de Red	Medidor Distancia	Equipos de Seguridad	Software	Pertiga	Escalera 12 mts	Arnes	Herramientas de mano	Conectores	Cables	Varios	Camioneta	Grua - Canasta	lum.	trafo			
			\$420	\$4.200	\$1.500	\$5.200	\$9.230	\$1.300	\$1.500	\$12.500	\$3.800	\$4.100	\$620	\$750	\$25	\$19	\$3.350	\$70.000	\$240.000	\$43	\$620			
Transformador	15 KVA 1F, 3H	2	\$210	\$0	\$750	\$2.600	\$4.615	\$650	\$750	\$6.250	\$0	\$2.050	\$310	\$375	\$25	\$19	\$1.675	\$35.000	\$120.000	\$43	\$0	\$180.000	\$355.322	\$85.000
	25 KVA 1F, 3H	2	\$210	\$0	\$750	\$2.600	\$4.615	\$650	\$750	\$6.250	\$0	\$2.050	\$310	\$375	\$25	\$19	\$1.675	\$35.000	\$120.000	\$43	\$0	\$180.000	\$355.322	\$85.000
	45 KVA 1F, 3H	2	\$210	\$0	\$750	\$2.600	\$4.615	\$650	\$750	\$6.250	\$0	\$2.050	\$310	\$375	\$25	\$19	\$1.675	\$35.000	\$120.000	\$43	\$0	\$180.000	\$355.322	\$85.000
	75 KVA 1F, 3H	1	\$420	\$0	\$1.500	\$5.200	\$9.230	\$1.300	\$1.500	\$12.500	\$0	\$4.100	\$620	\$750	\$25	\$19	\$3.350	\$70.000	\$240.000	\$43	\$0	\$360.000	\$710.557	\$170.000
Postel y Mástil	8 mts Concreto	8	\$53	\$0	\$188	\$650	\$1.154	\$163	\$188	\$1.563	\$475	\$513	\$78	\$94	\$25	\$19	\$419	\$8.750	\$30.000	\$43	\$0	\$120.000	\$164.375	\$21.250
	10 mts Concreto	8	\$53	\$0	\$188	\$650	\$1.154	\$163	\$188	\$1.563	\$475	\$513	\$78	\$94	\$25	\$19	\$419	\$8.750	\$30.000	\$43	\$0	\$120.000	\$164.375	\$21.250
	3 mts Metálico	10	\$42	\$0	\$150	\$520	\$923	\$130	\$150	\$1.250	\$380	\$410	\$62	\$75	\$25	\$19	\$335	\$7.000	\$24.000	\$43	\$0	\$120.000	\$155.514	\$17.000
	8 mts Metálico	10	\$42	\$0	\$150	\$520	\$923	\$130	\$150	\$1.250	\$380	\$410	\$62	\$75	\$25	\$19	\$335	\$7.000	\$24.000	\$43	\$0	\$120.000	\$155.514	\$17.000
	10 mts Metálico	4	\$105	\$0	\$375	\$1.300	\$2.308	\$325	\$375	\$3.125	\$950	\$1.025	\$155	\$188	\$25	\$19	\$838	\$17.500	\$60.000	\$43	\$0	\$120.000	\$208.656	\$42.500
	16 mts Metálico	4	\$105	\$0	\$375	\$1.300	\$2.308	\$325	\$375	\$3.125	\$950	\$1.025	\$155	\$188	\$25	\$19	\$838	\$17.500	\$60.000	\$43	\$0	\$120.000	\$208.656	\$42.500
Redes	2x6+6 acsr tren. 500 mts	500	\$1	\$0	\$3	\$10	\$18	\$3	\$3	\$25	\$3.800	\$8	\$1	\$2	\$25	\$19	\$7	\$140	\$480	\$43	\$0	\$120.000	\$124.588	\$340
	2x4 + 4 acsr tren. 500 mts	500	\$1	\$0	\$3	\$10	\$18	\$3	\$3	\$25	\$3.800	\$8	\$1	\$2	\$25	\$19	\$7	\$140	\$480	\$43	\$0	\$120.000	\$124.588	\$340
	ACSR No. 4 AWG. 500 mts	500	\$1	\$0	\$3	\$10	\$18	\$3	\$3	\$25	\$3.800	\$8	\$1	\$2	\$25	\$19	\$7	\$140	\$480	\$43	\$0	\$120.000	\$124.588	\$340
Sistema de medida	1f 3h MD HASTA 25 KVA 1F	6	\$70		\$250	\$867	\$1.538	\$217	\$250	\$2.083	\$0	\$683	\$103	\$125	\$25	\$19	\$558	\$11.667	\$40.000	\$43	\$0	\$30.000	\$88.498	\$28.333

6.6. Anexo 06: Costo Máximo de la Actividad de Administración, Operación y Mantenimiento del Sistema de Alumbrado Público.

Unidad Constructiva		Cantidad	Costo Reposición	Costo Inversión
Luminaria	Led 53W	5913	\$ 1.207.215	\$ 7.138.259.930
	Led 120W	689	\$ 1.325.480	\$ 913.255.444
	LED 150W	559	\$ 1.545.115	\$ 863.719.061
	Reflector Led 200W	89	\$ 1.822.990	\$ 162.246.074
Costo total				\$ 9.077.480.509

Unidad Constructiva		Cantidad	Costo Reposición	Costo Inversión
Transformador	15 KVA 1F, 3H	16	\$ 4.466.795	\$ 71.468.726
	25 KVA 1F, 3H	6	\$ 5.014.895	\$ 30.089.372
	45 KVA 1F, 3H	1	\$ 6.339.470	\$ 6.339.470
	75 KVA 1F, 3H	1	\$ 9.618.605	\$ 9.618.605
Postel y Mástil	8 mts Concreto	136	\$ 1.050.936	\$ 142.927.296
	10 mts Concreto	335	\$ 1.366.236	\$ 457.689.060
	3 mts Metálico	43	\$ 1.476.791	\$ 63.502.004
	8 mts Metálico	72	\$ 2.107.391	\$ 151.732.138
	10 mts Metálico	4	\$ 3.041.553	\$ 12.166.213
	16 mts Metálico	4	\$ 5.353.753	\$ 21.415.013
Redes	2x6+6 acsr tren. 500 mts	25,2	\$ 21.179.438	\$ 533.721.828
	2x4 + 4 acsr tren. 500 mts	14,5	\$ 26.434.438	\$ 383.299.345
	ACSR No. 4 AWG. 500 mts	42,7	\$ 19.077.438	\$ 814.606.586
Sistema de medida	1f 3h MD HASTA 25 KVA 1F	33	\$ 606.945	\$ 20.029.172
COSTO TOTAL				\$ 2.718.604.828

ID	0,997707059
-----------	-------------

CRTA	FAOM	FAOMS	VCEEI
\$ 11.796.085.337	0,103	0,005	\$3.005,10

COSTO RECONOCIDO AOM	\$ 105.921.088
-----------------------------	-----------------------

6.7. Anexo 07: Flujo Financiero

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO PITALITO - HUILA

FLUJO DE CAJA

Table with columns for Referencia, Ingresos Proyecto (Recaudo Impuesto Alumbraado Publico, Capital de Riesgo, Total Ingresos), Egresos del Proyecto (Inversiones del Concesionario, O y M, Inicial, O y M Expansiones, Impuestos), and Total Costos O y M Mensual. Rows include monthly data from 2011 to 2015, with annual totals for each year.

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO PITALITO - HUILA

REFERENCIA				INGRESOS PROYECTO			EGRESOS DEL PROYECTO						
				RECAUDO IMPUESTO ALUMBRADO PUBLICO	CAPITAL DE RIESGO	TOTAL INGRESOS	INVERSIONES DEL CONCESIONARIO			O Y M INICIAL	O Y M EXPANSIONES	IMPUESTOS	TOTAL COSTOS O Y M MENSUAL
NO.	MES	IPC	IPP				INVERSION INICIAL	EXPANSIONES	TOTAL INVERSIONES				
FACTORES													
	TOTALES			\$ 137.644.593.756	\$ 9.077.480.510	\$ 146.722.074.266	\$ 9.077.480.510	\$ 3.088.727.688	\$ 12.166.208.198	\$ 60.663.674.556	\$ 470.100.288	\$ 482.233.728	\$ 61.616.008.572

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO PITALITO - HUILA

REFERENCIA				EGRESOS DEL PROYECTO					TOTAL EGRESOS	FLUJO CAJA PROYECTO	SALDO CAJA PROYECTO	
				COSTOS DE ENERGIA	PAGO INVERSION	IMPUESTOS	TOTAL PAGO INVERSION	INTERVENTORIA				EGRESOS FINANCIEROS ADMÓN FIDUCIARIA (INC.IVA)
NO.	MES	IPC	IPP									
FACTORES								5%		5%		
TOTALES				\$ 32.270.825.007	\$ 68.567.266.553	\$ 652.576.557	\$ 69.219.843.110	\$ 6.882.229.680	\$ 550.168.764	\$ 7.983.386.652	\$ 190.688.669.983	\$ (43.966.595.717)

7. REFERENCIAS

- [1] “DECRETO 2424 DE 2006.” <http://www.suin-juricol.gov.co/viewDocument.asp?id=1449077> (accessed May 19, 2020).
- [2] “Sentencia nº 410012331000200900115 01(18806) de Consejo de Estado - Sala de lo Contencioso Administrativo - Sección Cuarta, de 19 de Julio de 2012 - Jurisprudencia - VLEX 411224666.” <https://consejo-estado.vlex.com.co/vid/-411224666> (accessed May 19, 2020).
- [3] “Comisión de Regulación de Energía y Gas METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS MÁXIMOS QUE DEBERÁN APLICAR LOS MUNICIPIOS O DISTRITOS, PARA REMUNERAR A LOS PRESTADORES DEL SERVICIO ASÍ COMO EL USO DE LOS ACTIVOS VINCULADOS AL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO CIRCULACIÓN: MIEMBROS DE LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS 3 5 7 D-102-11 METODOLOGÍA COSTOS MÁXIMOS SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO,” 2011.
- [4] Departamento Nacional de Planeación, “Producto 4: Resumen ejecutivo del informe de resultados de la evaluación,” Bogotá D.C., 2017. Accessed: May 19, 2020. [Online]. Available: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Producto4_Resumen_Ejecutivo_Alumbrado_Publico.pdf.
- [5] Ministerio de Minas y energía e INEA, “Plan de reducción de consumo de energía eléctrica en alumbrado público.,” 1955, Accessed: Jun. 17, 2020. [Online]. Available: https://biblioteca.minminas.gov.co/pdf/PLAN_DE_REDUCION_DEL_CONSUMO_DE_ENERGIA_ELECTRICA_1995.pdf.
- [6] “Ley 697 de 2001 Nivel Nacional.” <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449> (accessed May 19, 2020).
- [7] A. Santiago, P. Tovar -Asesor, M. Alberto, and R. Mesías, “CAMBIO DE TECNOLOGÍA DEL ALUMBRADO PÚBLICO EN LA CIUDAD DE TUNJA DESDE UNA PERSPECTIVA TÉCNICA Y ECONÓMICA,” Bogotá D.C., 2014. Accessed: May 19, 2020. [Online]. Available: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/17211/u703681.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [8] G. Carrillo-Rojas, J. Andrade-Rodas, A. Barragán-Escandón, and A. Astudillo-Alemán, “Impacto de programas de eficiencia energética eléctrica, estudio de caso: Empresas alimentarias en Cuenca, Ecuador,”

- DYNA*, vol. 81, no. 184, pp. 41–48, Mar. 2014, doi: 10.15446/dyna.v81n184.40821.
- [9] “MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO. RETILAP 2010 República de Colombia.”
- [10] F. de D. Territorial, “Alumbrado público: un camino hacia la Eficiencia Energética.”
- [11] D. EL PAÍS, “A más luz, más seguridad ciudadana | Planeta Futuro | EL PAÍS.”
https://elpais.com/elpais/2019/09/05/planeta_futuro/1567677726_913160.html (accessed Jun. 17, 2020).
- [12] M. de Y. Valle del Cauca, “ESTUDIO TECNICO DE REFERENCIA 2018 ALUMBRADO PUBLICO. YUMBO-VALLE DEL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA YUMBO-VALLE,” 2018. Accessed: May 24, 2020. [Online]. Available: www.yumbo.gov.co.
- [13] “LEY 97 DE 1913.” <http://www.suin-juricol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30019426> (accessed Sep. 12, 2020).
- [14] “LEY 84 DE 1915.” <http://www.suin-juricol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1628014> (accessed Sep. 12, 2020).
- [15] “Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY_0142_1994].”
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html (accessed Sep. 12, 2020).
- [16] “Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY_0136_1994].”
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0136_1994.html (accessed Sep. 12, 2020).
- [17] “Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY_1150_2007].”
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1150_2007.html (accessed Sep. 12, 2020).
- [18] “Ley 1819 de 2019,” 2016. Accessed: Sep. 12, 2020. [Online]. Available: http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY_1819_DEL_29_DE_DICIEMBRE_DE_2016.pdf.
- [19] Ministerio de Minas y Energía, “Decreto 943 de 2018 ,” Bogota D.C., 2018. Accessed: Jun. 18, 2020. [Online]. Available:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=86680>.

- [20] yuly natalia, "NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 900 (Tercera actualización." Accessed: Sep. 12, 2020. [Online]. Available: https://www.academia.edu/10870083/NORMA_TÉCNICA_COLOMBIANA_NTC_900_Tercera_actualización.
- [21] "RESOLUCION 180265 DE 2010." [http://www.suin-juricol.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/30039091?fn=document-frame.htm&f=templates\\$3.0](http://www.suin-juricol.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/30039091?fn=document-frame.htm&f=templates$3.0) (accessed Sep. 12, 2020).
- [22] "Ministerio de Minas y Energía R. 180540 de 2010. RETILAP 2010 República de Colombia." Accessed: Sep. 12, 2020. [Online]. Available: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=430&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME.
- [23] "Normograma Municipio de Medellín [RESOLUCION_MINMINAS_181568_2010]." https://www.medellin.gov.co/normograma/docs/resolucion_minminas_181568_2010.htm (accessed Sep. 12, 2020).
- [24] "Normograma del SENA [RESOLUCION_MINMINAS_182544_2010]." http://normograma.sena.edu.co/normograma/docs/resolucion_minminas_182544_2010.htm (accessed Sep. 12, 2020).
- [25] "RESOLUCIÓN 91872 DE 2012."
- [26] "RESOLUCION 90980 DE 2013." [http://www.suin-juricol.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/30039237?fn=document-frame.htm&f=templates\\$3.0](http://www.suin-juricol.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/30039237?fn=document-frame.htm&f=templates$3.0) (accessed Sep. 12, 2020).
- [27] "RESOLUCIÓN 40122 DE 2016," 2016. Accessed: Sep. 12, 2020. [Online]. Available: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col157670.pdf>.
- [28] "CREG 043 de 1995 ." Accessed: Sep. 13, 2020. [Online]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolución-1995-CRG95043>.
- [29] "CREG 043 de 1996." <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolución-1996-CRG43-96> (accessed Sep. 13, 2020).
- [30] "CREG 089 de 1996," 1996. <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolución-1996-CRG89-96> (accessed Sep. 13, 2020).
- [31] "CREG 076 de 1997," 1997. Accessed: Sep. 13, 2020. [Online]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolución-1997->

CRG76-97.

- [32] “CREG 070 de 1998.” Accessed: Sep. 13, 2020. [Online]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resolución-1998-CREG070-98>.
- [33] “CREG 122 de 2011.” Accessed: Sep. 13, 2020. [Online]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/2b8fb06f012cc9c245256b7b00789b0c/962d2e577db186460525790b00711384?OpenDocument>.
- [34] COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS, “Resolución 123 de 2011 CREG ,” Bogotá D.C. Colombia, 2011. Accessed: May 25, 2020. [Online]. Available: [https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_123_de_2011_creg_-_comision_de_regulacion_de_energia_electrica_y_gas_combustible.aspx#/.](https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_123_de_2011_creg_-_comision_de_regulacion_de_energia_electrica_y_gas_combustible.aspx#/)
- [35] “CREG 005 de 2012.” Accessed: Sep. 13, 2020. [Online]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/8ced1760f632587d052579c900798466?OpenDocument>.
- [36] “Circular CREG 008 de 2020.” Accessed: Sep. 13, 2020. [Online]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/52188526a7290f8505256eee0072eba7/a7d98d631b17a73405258504007d271e>.
- [37] “Vista de Crisis energética en Colombia.” <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/10411/pdf> (accessed May 19, 2020).
- [38] “Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY_0136_1994].” http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0136_1994.html (accessed Sep. 13, 2020).
- [39] Unidad de Planeación Minero-Energética, “Boletín Estadístico de Minas y Energía,” 1994. Accessed: Jun. 17, 2020. [Online]. Available: https://www1.upme.gov.co/PromocionSector/SeccionesInteres/Documents/Boletines/Boletin_Esta_Minas_Energia.pdf.
- [40] M. De Minas *et al.*, *Alumbrado público exterior Impresión POLIGRAMA*. Bogotá (Colombia) :, 2007.
- [41] V. de I. de la L. Chontla, “Proyecto de Modernización del Alumbrado y Aplicación de Tecnologías Inteligentes en Servicios Públicos mediante el esquema de Asociaciones Público-Privadas,” Chontla, 2014. Accessed: Jun. 18, 2020. [Online]. Available:

- <http://transparencia.chontla.gob.mx/uploads/transparencia/ab8dd1955cf6c3b4a9c9e5d1477c1e2f.pdf>.
- [42] Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE, “NORMA Oficial Mexicana NOM-031-ENER-2012,” *DOF - Diario Oficial Mexicano*, 2012. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5276652&fecha=06/11/2012 (accessed May 19, 2020).
- [43] V. Chontla, “Informe Individual de la Fiscalización Superior,” Chontla, 2018. Accessed: Jun. 18, 2020. [Online]. Available: <http://www.orfis.gob.mx/CuentasPublicas/informe2018/archivos/TOMO3/Volumen7/009Chontla.pdf>.
- [44] Ministerio de Energía y Minería, “Plan de Alumbrado Eficiente (PLAE),” 2017. Accessed: Jun. 18, 2020. [Online]. Available: <https://www.argentina.gob.ar/produccion/energia/eficiencia-energetica/eficiencia-energetica-en-sector-publico/plan-de-alumbrado-eficiente-plae>.
- [45] SUBSECRETARÍA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, “Disposición 1/2018,” Buenos Aires, 2018. Accessed: Jun. 18, 2020. [Online]. Available: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/310000-314999/312028/norma.htm>.
- [46] G. Veloza and L. E. Vargas, “ET808 Luminarias LED ESPECIFICACIÓN TÉCNICA Elaborado por: Revisado por.” Accessed: May 19, 2020. [Online]. Available: <http://likinormas.micodensa.com/>.
- [47] Departamento Nacional de Planeación, “¿Cómo opera el alumbrado público? ¿Por qué se realiza esta evaluación?,” Bogotá D.C., 2017. Accessed: May 19, 2020. [Online]. Available: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Infografia_Alumbrado_Publico.pdf.
- [48] S. Gaviria Muñoz, M. Fernando Castro Quiroz Secretaría General Edgar Antonio Gomez Alvarez, C. María Aguilar Londoño, and C. Alberto Aparicio Patiño Grupo de Estudios Territoriales Cristian Oswaldo Carmona Sanchez Diego Supelano González, “Tipologías Departamentales y Municipales: Una propuesta para comprender las entidades territoriales colombianas,” 2015. Accessed: Aug. 16, 2020. [Online]. Available: www.dnp.gov.co.
- [49] Concejo Municipal de Pitalito Huila, “POR MEDIO DEL CUAL SE MODIFICAN Y COMPLEMENTAN LOS CAPÍTULOS II Y IX DEL CÓDIGO DE

- RENTAS MUNICIPALES,” 2015, Accessed: Jun. 18, 2020. [Online]. Available:
https://www.alcaldiapitalito.gov.co/normatividad/Acuerdo_033-2015.pdf.
- [50] República de Colombia, “LEY 1819 DE DICIEMBRE 29 DE 2016,” Bogotá D.C., 2016. Accessed: May 24, 2020. [Online]. Available: http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_225b86585caa44dd8abbe4eab4c520b2.
- [51] S. A. Delelco and S. A. Febrero, “ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO DEL MUNICIPIO DE CHÍA CUNDINAMARCA INFORME FINAL PRESENTADO EN EL MARCO DEL CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS PROFESIONALES NÚMERO 382 DE 2016, SUSCRITO ENTRE EL MUNICIPIO DE CHÍA Y DESARROLLO ELÉCTRICO DE COLOMBIA,” 2017.
- [52] T. Taguchi, “Present Status of Energy Saving Technologies and Future Prospect in White LED Lighting,” *IEEJ Trans. Electr. Electron. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 21–26, Jan. 2008, doi: 10.1002/tee.20228.
- [53] A. Serrano-Tierz, A. Martínez-Iturbe, O. Guarddon-Muñoz, and J. L. Santolaya-Sáenz, “Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso,” *DYNA*, vol. 82, no. 191, pp. 231–239, Jul. 2015, doi: 10.15446/dyna.v82n191.45442.
- [54] H. Baldomiro and C. Garzón, “APLICACIONES DE ILUMINACIÓN CON LEDs,” *Sci. Tech. Año XVI*, vol. 45, 2010, Accessed: May 19, 2020. [Online]. Available: http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura_de_color.
- [55] B. Giménez, M. Antón, P. Villa, and R. María, “Criterios de elección de lámparas.” Accessed: May 19, 2020. [Online]. Available: <http://es.wi>.
- [56] G. LED Outdoor Lighting Fixtures, “GE Evolve LED Fixtures ERL1-ERLH-ERS1-ERS2 Streetlight — Data Sheet | OLP3105.” Accessed: May 20, 2020. [Online]. Available: www.currentbyge.com.
- [57] Philips, “BGP621 LED109-4S/740 I DM11 GR DDF7 SRG Luma - Philips.” Accessed: May 20, 2020. [Online]. Available: https://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-exterior/alumbrado-publico-y-residencial/luminarias-publico-y-residencial/luma/912300023803_EU/product.
- [58] ROY ALPHA SOLUCIONES EFECTIVAS DE ILUMINACIÓN, “Catalogo RALED,” Cali Colombia, 2018. Accessed: May 20, 2020. [Online]. Available: <https://www.royalpha.com/assets/documentos/catalogos/raled2.pdf>.

- [59] Wikipedia, “Información general de Pitalito,” Alcaldía del municipio, 2019. Accessed: May 20, 2020. [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Pitalito>.
- [60] COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS, “RESOLUCIÓN No. 183 DE 2010,” Bogotá D.C. Colombia, 2010. Accessed: May 28, 2020. [Online]. Available: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1aed427ff782911965256751001e9e55/d07f5c7ecc3504810525785a007a764c?OpenDocument>.
- [61] Comisión Reguladora de Energía y Gas, “CIRCULACIÓN: MIEMBROS DE LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y,” 2010.
- [62] Finanzas | Economía | Portafolio, “Alumbrado público debe ser con bombillas de sodio ,” Bogotá D.C., 2011. Accessed: Jun. 02, 2020. [Online]. Available: <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/alumbrado-publico-debe-bombillas-sodio-132534>.
- [63] Departamento Nacional de Planeación, “Demografía y población Pitalito Huila,” 2018. Accessed: Jun. 26, 2020. [Online]. Available: http://www.sirhuila.gov.co/images/sirhuila/SIR_2018/BOLETINES/DNP/FICHAS_DE_CHARACTERIZACION_2018/Pitalito.pdf.
- [64] “Smart City: Las ciudades inteligentes en la actualidad,” 2020. Accessed: Jul. 18, 2020. [Online]. Available: <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-smart-city>.
- [65] “Smart cities – Asociación Nacional de Alumbrado Público,” 2020. Accessed: Jul. 18, 2020. [Online]. Available: <http://www.anap.co/smart-cities/>.