

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DISEÑO DE RED DE ALUMBRADO PÚBLICO AL NUEVO CASCO URBANO DEL
MUNICIPIO DE GRAMALOTE, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER

ANDRÉS LEONARDO CALDERÓN JAIMES

Director

ING. FRANCISCO BORJA LÓPEZ BERROCAL

Pamplona, Colombia

Junio de 2016

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DISEÑO DE RED DE ALUMBRADO PÚBLICO AL NUEVO CASCO URBANO DEL
MUNICIPIO DE GRAMALOTE, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER

ANDRÉS LEONARDO CALDERÓN JAIMES

Director
Ing. Francisco Borja López Berrocal

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero Eléctrico

Pamplona, Colombia

Junio de 2016

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DISEÑO DE RED DE ALUMBRADO PÚBLICO AL NUEVO CASCO URBANO DEL
MUNICIPIO DE GRAMALOTE, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER

NOMBRES Y FIRMAS DE AUTORIZACIÓN PARA LA SUSTENTACIÓN:

Andrés Leonardo Calderón Jaimes
AUTOR

Ing. Francisco Borja López B.
DIRECTOR

M.Sc. Pablo Alexander Santafé G.
DIRECTOR DE PROGRAMA

JURADO CALIFICADOR

M.Sc. Jesús Velazco Ochoa
PRESIDENTE

M.Sc. Pablo Alexander Santafé
SECRETARIO

Ing. Luis David Pabón Fernández
OPONENTE

Pamplona, Colombia

Junio De 2016

Dedicatoria

A Dios por darme esta oportunidad para obtener un nuevo logro en mi vida.

A mis padres, Gloria Jaimes y Vladimir Calderón, a mi hermana Laura Calderón por haberme dado ese gran apoyo moral y llenarme de valores para enfrentar cada obstáculo que se presente. Porque siempre han estado ahí extendiéndome la mano y acompañándome en cada paso que doy,

A mi novia Samara Cárdenas por permitirme vivir la vida de la mejor manera y por enseñarme que la mejor manera no es como todos la viven, sino como todos la deseamos vivir, por brindarme todo su amor incondicional y apoyo en cada momento.

Mis maestros por guiarme en este constante crecimiento, por llenar mi cabeza de nuevas experiencias y conocimientos.

Agradecimientos

A la Universidad de Pamplona por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios y este
el proyecto de grado.

A la Empresa CENS S.A E.S.P, por aceptar realizar mí trabajo de grado en modalidad de
prácticas empresariales.

Contenido

Págs.

VOCABULARIO	14
ABREVIATURAS	20
RESUMEN	21
ABSTRACT	22
INTRODUCCIÓN.....	23
CAPÍTULO I.....	24
TÍTULO.....	24
Planteamiento del problema y justificación	24
Objetivos.....	25
Objetivo General.....	25
Objetivos Específicos.	25
Acotaciones.....	26
CAPÍTULO II.....	27
MARCO REFERENCIAL	27
Marco Teórico	27
Deslumbramiento y contaminación visual.	27
Elección correcta de las lámparas.....	28
Contaminación lumínica.....	29
Pavimentos.....	31
Nivel de luminancia.....	33
Nivel de iluminación.....	34
Alumbrado público.....	37
Objetivos del alumbrado público.....	38
Criterios de diseño alumbrado público.....	39
El proceso para elaborar un buen diseño de alumbrado público cuenta con los siguientes pasos:	39

Clasificación de las vías.....	39
Vías para automóviles.	39
Selección de la luminaria y fuente de luz.	42
Disposición de luminarias.	43
Unilateral.....	43
Bilateral en oposición.....	43
Bilateral alternada	43
Central sencilla.....	43
Unilateral.....	43
Central doble	44
Bilateral alternada.....	44
Disposición bilateral alternada.	45
Disposición en curvas, cruces, glorietas, convergencias y divergencias.....	46
Factor de mantenimiento.....	48
Depreciación del flujo luminoso de la bombilla (DLB).....	48
Factor de balasto (FB)	49
Herramientas de cálculo.....	53
Dialux	53
Medidores de energía.....	53
Condiciones físicas y ambientales del municipio de nuevo Gramalote.....	54
CAPITULO III	57
DISEÑO METODOLÓGICO	57
Parámetros de diseño	57
Tipo de vía vehicular.	57
Tipo de vía peatonal y de ciclistas.	57
Disposición geométrica.....	58
Factor de mantenimiento.....	59
Factor de utilización.....	59
Eficacia..	60
Cálculos computarizados de iluminancia.	61

Resultados vía principal.....	61
Cálculo transformador.....	62
Demanda máxima diversificada.....	62
Demanda máxima proyectada.....	64
Cálculo demanda máxima y potencia por circuito.....	65
Cálculo de conductores y protecciones.....	67
Análisis de corto circuito en el punto de conexión más lejano.....	69
Sistema de protección de respaldo.....	77
Diseño puesta a tierra.....	77
Investigación del suelo.....	77
Cálculos para el diseño de puesta a tierra.....	79
Duración de la falla (tf) y duración del choque (TS).....	79
Resistividad del terreno.....	79
Espesor de la capa superficial.....	79
Factor de disminución de la capa superficial (cs).....	79
Tensiones de paso y de contacto.....	79
Resistencia de un conductor enterrado horizontalmente una profundidad H.....	81
Regulación y pérdidas de potencia.....	83
Memoria descriptiva.....	87
Objeto.....	87
Ubicación.....	88
Descripción zona a iluminar.....	89
Tipo.....	89
Número de usuarios.....	89
Características de la carga.....	90
Instalación eléctrica.....	91
Circuito alimentador.....	91
Subestaciones.....	91
Normas.....	92
Redes de alumbrado público.....	92
Conductores.....	92

Luminarias.....	92
Disposición de los puntos de luz.....	95
Soportes	95
Controles.....	97
Sistema de protección y control.....	100
CAPITULO IV	102
SIMULACIÓN.....	102
Simulación vía principal DIALUX.....	102
Simulación vías peatonales dialux.....	103
Manzana A.....	104
Manzana B.....	104
Manzana C.....	107
Manzana D.....	107
Manzana E.....	109
Manzana F.....	110
Manzana G.....	112
Manzana H.....	113
Manzana J.....	116
Manzana K.....	118
Simulación completa	119
CONCLUSIONES.....	121
RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFIA.....	124
APENDICES	126

Listado de tablas

	Págs.
Tabla 1. Características de reflectancia del pavimento	32
Tabla 2. 2Tipo de vía y uso	32
Tabla 3. R para superficie R1	35
Tabla 4. R para superficie R2	36
Tabla 5. R para superficie R3	37
Tabla 6. Clasificación vial según RETILAP	40
Tabla 7. Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la luminancia de la calzada	40
Tabla 8. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas	41
Tabla 9. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal	42
Tabla 10. Recomendación para disposición de luminarias.....	43
Tabla 11. Clasificación de los niveles de contaminación.....	50
Tabla 12. Factores de ensuciamiento de las Luminarias, según el nivel de hermeticidad y el periodo de limpieza utilizado	50
Tabla 13. Grados de hermeticidad y protección contra el impacto	52
Tabla 14. Valores para un tipo de vía M4	57
Tabla 15. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal	58
Tabla 16. Recomendación para disposición de luminarias.....	58
Tabla 17. Valores máximos de densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) para vías vehiculares (W/m ²).....	60
Tabla 18. Valores vía principal.....	62
Tabla 19. Valores vía peatonal	62
Tabla 20. Constantes para diversificación carga	63
Tabla 21. Cálculo demanda máxima diversificada.....	64
Tabla 22. Cálculos para cada uno de los transformadores	65
Tabla 23. Cálculos para cada uno de los transformadores	66
Tabla 24. Cuadro de cargas	67

Tabla 25. Resistencia nominal de corriente continua, reactancia inductiva y capacidad de corriente para cable de aluminio – AAAC.	69
Tabla 26. Corrientes de cortocircuito en los transformadores.....	73
Tabla 27. Resistencia eléctrica y reactancia inductiva.	74
Tabla 28. RL y XL del conductor según la longitud	75
Tabla 29. Parámetros de transformador.....	76
Tabla 30. Zc, Zequiv, Icc para los transformadores	77
Tabla 31. Resistividad de varios suelos.....	78
Tabla 32. Valores referencia de resistencia de puesta a tierra.....	82
Tabla 33. Límites de regulación	83
Tabla 34. Valores máximos de porcentajes de pérdidas de potencia	84
Tabla 35. Constantes de regulación KG cable dúplex AAAC, AAC, ACSR B.T.	85
Tabla 36. Factores de corrección.....	85
Tabla 37. Regulación y pérdidas de potencia.....	86
Tabla 38. Número de usuarios.....	90
Tabla 39. Subestaciones	91
Tabla 40. Resultados manzana A	104
Tabla 41. Resultados manzana B.....	105
Tabla 42. Resultados Manzana C	107
Tabla 43. Resultados Manzana D.....	107
Tabla 44. Resultados manzana E.....	109
Tabla 45. Resultados manzana F	110
Tabla 46. Resultados Manzana G.....	112
Tabla 47. Resultados Manzana H.....	113
Tabla 48. Resultados manzana I.....	115
Tabla 49. Resultados manzana J.....	116
Tabla 50. Resultados Manzana K.....	118

Listado de figuras

	Págs.
Figura 1. Delimitación área de trabajo	26
Figura 2. Ángulo de deslumbramiento de luminaria	28
Figura 3. Mapa de luminancia	29
Figura 4. Nivel de luminancia	33
Figura 5. Nivel de luminancia	34
Figura 6. Disposición Unilateral.....	44
Figura 7. Disposición Central doble (para $1.5m \geq b \leq 4m$).....	44
Figura 8. Disposición bilateral alternada.....	45
Figura 9. Disposición Bilateral opuesta con separador (para cualquier valor de b).....	45
Figura 10. Disposición de curva.....	46
Figura 11. Disposición de curva.....	47
Figura 12. Disposición de glorietas	47
Figura 13. Depreciación de luminarias de A.P en cinco tipos de ambientes.....	51
Figura 14. Corrientes de corto circuito. Falla monofásica a tierra y falla bifásica	70
Figura 15. Corrientes de cortocircuito. Falla Bifásica a tierra y Falla trifásica balanceada .	71
Figura 16. Ubicación Nuevo Gramalote.....	89
Figura 17. Factibilidad aprobada	90
Figura 18. Características luminaria TECEO	93
Figura 19. Características luminaria TECEO	94
Figura 20. Instalación luminaria TECEO	94
Figura 21. Brazo metálico	96
Figura 22. Detalle de brazo metálico.....	96
Figura 23. Fococelda.....	97
Figura 24. Medición de A.P	98
Figura 25. Esquema conexión medidor Bifásico clase 2.....	98
Figura 26. Interruptor termo magnético 2x15 A	99
Figura 27. Sistema de protección y control	101
Figura 28. Vista luminarias vía principal en 3D.....	102
Figura 29. Intensidad lumínica perpendicular	103

Figura 30. Ubicación manzana A	104
Figura 31. Intensidad lumínica manzana A	105
Figura 32. Ubicación manzana B en simulación	106
Figura 33. Intensidad lumínica manzana B	106
Figura 34. Ubicación manzana D en simulación	108
Figura 35. Intensidad lumínica manzana D	108
Figura 36. Ubicación manzana E en simulación	109
Figura 37. Intensidad lumínica manzana E	110
Figura 38. Ubicación Manzana F en simulación	111
Figura 39. Intensidad lumínica manzana F.....	111
Figura 40. Ubicación manzana G en simulación	112
Figura 41. Intensidad lumínica manzana G	113
Figura 42. Ubicación manzana H en simulación	114
Figura 43. Intensidad lumínica manzana H	114
Figura 44. Ubicación manzana I en simulación	115
Figura 45. Intensidad lumínica manzana I.....	116
Figura 46. Ubicación manzana J en simulación	117
Figura 47. Intensidad lumínica manzana J	117
Figura 48. Ubicación manzana K en simulación	118
Figura 49. Intensidad lumínica manzana K.....	119
Figura 50. Intensidad lumínica municipio Nuevo Gramalote	119
Figura 51. Vista Alumbrado público Nuevo Gramalote.....	120

Listado de Apéndices

	Págs.
Apéndice A. Simulación Vía Vehicular	127
Apéndice B. Simulación Vía Peatonal	134
Apéndice C. Plano Alumbrado Público Nuevo Gramalote	137
Apéndice D. Presupuesto	138

Vocabulario

Alumbrado público: Es el servicio público consistente en la iluminación de las vías públicas, parques públicos, y demás espacios de libre circulación que no se encuentren a cargo de ninguna persona natural o jurídica de derecho privado o público, diferente del municipio, con el objeto de proporcionar la visibilidad adecuada para el normal desarrollo de las actividades tanto vehiculares como peatonales. También se incluirán los sistemas de semaforización y relojes electrónicos instalados por el Municipio. Por vías públicas se entienden los senderos peatonales y públicos, calles y avenidas de tránsito vehicular. (Resolución CREG-043-95).

Sistema vial: Se estructura como una red jerarquizada de calles en forma anillar y centrípeta desde el centro metropolitano, que articula las zonas residenciales y permite su conexión con la red vial regional y nacional.

Aceras: (andenes) Orilla de una calle o de una vía pública con pavimento adecuado para el tránsito de peatones.

Vía: Camino que traslada de un sitio a otro, está conformado por calzadas, Separadores y andenes.

Calzada: Parte de una vía comprendida entre las aceras o entre acera y separador, destinada al tránsito de vehículos, conformada por varios carriles.

Carril: parte de la calzada destinada a tránsito de un solo vehículo en un solo Sentido.

Separador: (Mediana) espacio entre calzadas.

Se describen algunos conceptos lumínicos de acuerdo a los parámetros de calidad establecidos por la NTC-900.

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

Altura de montaje: Es la distancia vertical entre la superficie por iluminar y el centro óptico de la fuente de luz de la luminaria.

Candela [cd]: Unidad del Sistema Internacional (SI) de intensidad luminosa. Una candela es igual a un lumen por estereorradián. Una candela se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de una frecuencia de 540×10^{12} Hz y en la cual la Se describen algunos conceptos lumínicos de acuerdo a los parámetros de calidad establecidos por la NTC-900.

Candela por metro cuadrado Unidad de luminancia. [Cd/m^2].

Conjunto eléctrico para una bombilla de descarga: Todos los elementos necesarios para el adecuado funcionamiento de una bombilla de descarga (balasto, condensador y arrancador) y accesorios (borneras, porta bombillas, fusibles, etc.).

Conjunto óptico: Elementos necesarios para controlar y dirigir la luz producida por una bombilla (refractor y / o reflector).

Deslumbramiento: Sensación producida dentro del campo visual por una luminancia que es suficientemente mayor o menor que la luminancia a la cual los ojos se habían adaptado y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad. Existe deslumbramiento cegador, directo, indirecto, incómodo e incapacitivo. Intensidad radiante en esa dirección es $1/683$ W por estereorradián.

Fotómetro: Instrumento para medir las cantidades fotométricas: flujo luminoso, luminancia, intensidad luminosa e iluminancia.

Factor de mantenimiento: Factor usado en el cálculo de la luminancia y de la iluminancia después de un período dado y bajo condiciones establecidas. Tiene en cuenta las variaciones de temperatura y tensión, la acumulación de suciedad sobre la luminaria y superficies de recintos, la depreciación luminosa de la bombilla, los procedimientos de mantenimiento y las condiciones atmosféricas.

Factor de uniformidad de iluminancia: Medida de la variación de la Iluminancia sobre un plano dado, expresada mediante alguno de los siguientes valores

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

Factor de uniformidad general de la luminancia (U_o): Relación entre la luminancia mínima y la luminancia promedio sobre la superficie de una calzada.

$$U_o = L_{\min} / L_{\text{pro}} \text{ en } [\%].$$

Es una medida del comportamiento visual que no puede ser inferior a 0,4 para L comprendido entre el rango de 1 cd/m² a 3 cd/m², con el fin de que un objeto sea perceptible el 75% de los casos en un tiempo no mayor a 0,1 s.

Factor de uniformidad longitudinal de luminancia (UL): La medida menor de la relación L_{mín}/L_{máx} sobre un eje longitudinal paralelo al eje de la vía que pasa por la posición del observador y situado en el centro de uno de los carriles de circulación.

Factor de utilización de la luminaria: Relación entre el flujo luminoso que llega a la calzada (flujo útil) y el flujo total emitido por la luminaria. Usualmente se aplica este término cuando se refiere a luminarias de alumbrado público.

Iluminancia [E]: Densidad del flujo luminoso incidente sobre una superficie. Es el cociente del flujo luminoso por el área de la superficie cuando ésta última está iluminada de manera uniforme.

Iluminación: Acto de iluminar. El término ha sido utilizado para notar densidad de flujo luminoso en una superficie y en este sentido debe ser desaprobado.

Intensidad luminosa de una fuente en una dirección dada (I): Cociente del flujo luminoso emitido por una fuente, propagado en un elemento de ángulo sólido que contiene la dirección dada, y el elemento de ángulo sólido. [Cd].

Luminancia (L): Bajo el concepto de intensidad luminosa, la luminancia puede expresarse como:

$$L = \left(\frac{dI}{dA} \right) * \left(\frac{1}{\cos \alpha} \right)$$

La luminancia en un punto de una superficie en una dirección se interpreta como el cociente de la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, al área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. [Cd/m²].

Luminaria: Unidad que sirve para repartir, controlar o dirigir la luz de la(s) bombilla(s), incluyendo todos los elementos y accesorios ópticos y eléctricos necesarios para fijar y proteger las bombillas y conectarlas a la red de suministro de energía eléctrica.

Lux (Lx): Unidad de medida de iluminancia en el Sistema Internacional (SI). Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado (1 lx = 1lm/m²).

Reflexión: Retorno de una radiación por una superficie sin cambio de frecuencia de las radiaciones monocromáticas que la componen.

Refracción: Cambio de la dirección de propagación de una radiación, determinada por las variaciones de velocidad de propagación en un medio ópticamente no homogéneo, o al pasar de un medio a otro.

Reflectancia: Media de una superficie, representa la capacidad de esa superficie para reflejar la luz que proviene desde las luminarias instaladas y desde las otras superficies.

Abreviaturas

U_o =	Factor de uniformidad general
L =	Luminancia
L_{min} =	Luminancia mínima
L_{prom} =	Luminancia promedio
E_m =	Iluminancia media
L_x = Lux =	Eficacia lumínica = Reflectancia de una superficie
Φ_i =	Flujo luminoso incidente
M1....M5 =	Tipo de vías
v =	Velocidad de circulación
T =	Tránsito de vehículos
K =	Factor de utilización.
H =	Altura del montaje
W =	Ancho de la vía
R1.....R4 =	Clases de superficie
L_m =	Lumen
F_m =	Factor de mantenimiento
Cd =	Candelas

Resumen

En el presente proyecto se analizaran y calcularan los parámetros para realizar el diseño del alumbrado público del municipio de Gramalote, teniendo en cuenta las normativas vigentes para este diseño, se realizara una simulación del diseño resultante.

El alumbrado público en el mundo al igual que en Colombia está reglamentado por diferentes entes públicos. En Colombia la normatividad aplicada es dictada por el RETILAP, quien se encarga año tras año de crear y reformar las normas para garantizar un alumbrado que genere seguridad tanto para los transeúntes como para los conductores de las vías.

Se estudiara el diseño de las protecciones y sistema de puesta a tierra para que el sistema de alumbrado público sea un sistema confiable, además se conformara un presupuesto para este mismo.

Palabras claves: Luminancia, iluminancia, deslumbramiento, eficiencia energética,

Abstract

In the present project will be analyzed and calculated the parameters for the design of public lighting in the municipality of Gramalote, taking into account the regulations paragraph This design , simulation Resultant A design was made.

Public Lighting in the World As in Colombia is regulated by different public entities. In Colombia the regulations applied is dictated by the RETILAP , who is in charge Year After Year Create and reform the rules to ensure the UN lighting unit that generates security management direction both for passersby as drivers of the tracks.

Design protection and grounding system is studied for the system reliable UN Public Lighting System, conform sea: In addition to the United Nations budget This Himself.

Key words: Luminance, iluminance, glare, isolux curves, energy efficiency

Introducción

El municipio de nuevo Gramalote se encuentra en construcción ya que el anterior caco urbano fue destruido en el 2010, este está proyectado como un municipio modelo en el cual su alumbrado público debe cumplir con las normas de diseños vigentes en nuestro país, como lo son RETILAP, CENS y RETIE.

El alumbrado público juega un papel importante en el desarrollo del municipio, ya que sus objetivos son brindar seguridad, disminuir la accidentalidad, mejorar la estética de las vías etc.

Este documento presenta de forma clara toda la información necesaria para el desarrollo de proyectos de iluminación pública vial.

Este proyecto desarrolla el diseño del alumbrado público eficiente, incluyendo las nuevas tecnologías en luminarias LED, ya que la tendencia mundial es la eficiencia energética debido a la contaminación que afronta actualmente el planeta tierra.

El presente documento incluye la información teórica de la iluminación en general, siendo tema de especial atención la iluminación pública, su normatividad y legislación en el país.

Se desarrolla una simulación en el software DIALux el cual permite un diseño eficiente, es de fácil uso, cuenta con amplios catálogos dando así mayores oportunidades de diseño y cumple con las normativas actuales para la iluminación pública.

Capítulo I

Título

Diseño de red de alumbrado público al nuevo casco urbano del municipio de Gramalote, departamento de Norte de Santander.

Planteamiento del problema y justificación

En diciembre de 2010 Gramalote sufre una catástrofe natural, producto de una fuerte temporada invernal en Colombia, Al parecer, una falla geológica sobre la cual se encontraba la cabecera municipal, acentuó su movimiento en parte por la desestabilización del terreno producida por las lluvias. Este movimiento originó el deslizamiento de uno de los cerros de la parte occidental; que cubrió varias casas. El 19 de diciembre las autoridades departamentales estimaban que el 40% del municipio había sido destruido. La eventual reconstrucción o re-desplazamiento es evocada enseguida. El 22 de diciembre el gobierno del presidente Juan Manuel Santos anunció que la población de Gramalote sería reubicada. El 18 de agosto de 2014 la Junta del Fondo Nacional de Adaptación, aprobó 87 mil millones de pesos, para financiar el proyecto de estructuración, reasentamiento y rehabilitación económica del municipio de Gramalote, Norte de Santander, de los cuales cerca de los 63 mil millones se utilizarán en la construcción de obras de urbanismo y servicios públicos, construcción de equipamientos dotacionales y la construcción de las viviendas.

El municipio de Gramalote cuenta con una población de 5.928 habitantes (estimada para 2010), los cuales se reubicaran en la nueva construcción del municipio, es necesario tener un sistema de alumbrado público moderno, seguro, confiable y diseñado bajo las normas vigentes que garanticen un servicio adecuado para la población.

En cuanto al consumo de energía se calcula que el total de las luminarias de alumbrado público consumen cerca del 3% del total de energía producida en el país. Según estadísticas nacionales del Ministerio De Minas Y Energía mostraron que el 73% de las luminarias son de mercurio, mientras el 24% correspondía a unidades de sodio de alta

presión y el 3% eran incandescentes o utilizan otra tecnología, aunque en muchos lugares ya se está tomando la iniciativa de cambiar por LED que tienen un consumo mucho menor. Un sistema de alumbrado público tiene su fundamentación en tres aspectos: el diseño del sistema, la gestión de la explotación y el mantenimiento.

El objetivo fundamental del alumbrado público en las vías peatonales y vehiculares es proporcionar una iluminación suficiente con la calidad que garantice la seguridad tanto para el tráfico automotor como para los peatones, así como también proporcionar un aspecto estéticamente atractivo para las vías y facilitar la preservación del orden público.

Objetivos

Objetivo General.

Diseñar la red de alumbrado público para el municipio gramalote

Objetivos Específicos.

Calcular las redes de alumbrado público, sistema de macro medición, y sistema de protección de control atendiendo a las normas CENS.

Realizar cálculos de corto circuito, seleccionar el sistema de protección y control para los diferentes circuitos de iluminación del municipio de Gramalote.

Diseñar Sistema de puesta a tierra para las redes de iluminación del municipio de Gramalote.

Desarrollar la memoria descriptiva de la red de alumbrado público.

Simular el diseño, para sectores de espacio público con vías peatonales y vehiculares.

Elaborar el presupuesto para la instalación del alumbrado público proyectado.

Acotaciones.

El proyecto solo será diseñado y simulado con la herramienta computacional DIALux.

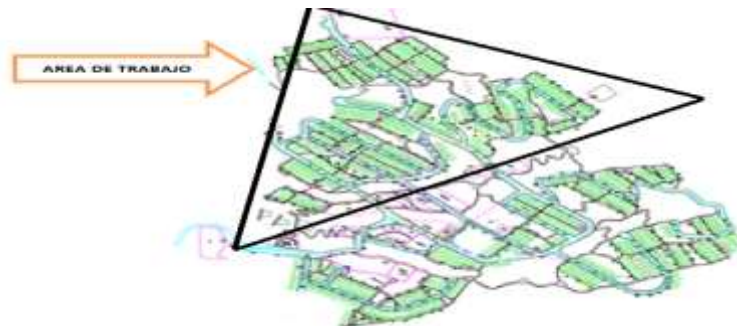
El municipio de Gramalote se encuentra en construcción de la obra civil, por lo tanto el proyecto no se ejecutara a corto plazo.

El diseño del alumbrado público no se realizara en ninguna zona que requiera circuitos especiales.

El diseño del municipio está dispuesto a cambios, lo cual inferirá en el diseño final del alumbrado público.

El diseño del alumbrado público se realizara para la mitad del municipio debido a su gran área de extensión. El área a trabajar comprende en su gran mayoría zonas residenciales y es la siguiente:

Figura 1. Delimitación área de trabajo



Fuente: Calderón, H., 2016

Capítulo II

Marco Referencial

Marco Teórico

Para realizar un proyecto de alumbrado público es necesario tener conocimiento de muchos conceptos los cuales nos indican y nos guían para el buen desarrollo del proyecto. Se debe tener claro los factores para el diseño del alumbrado como lo son los requerimientos de conductores, la correcta elección de las lámparas, pavimentos, niveles de iluminancia entre mucho más.

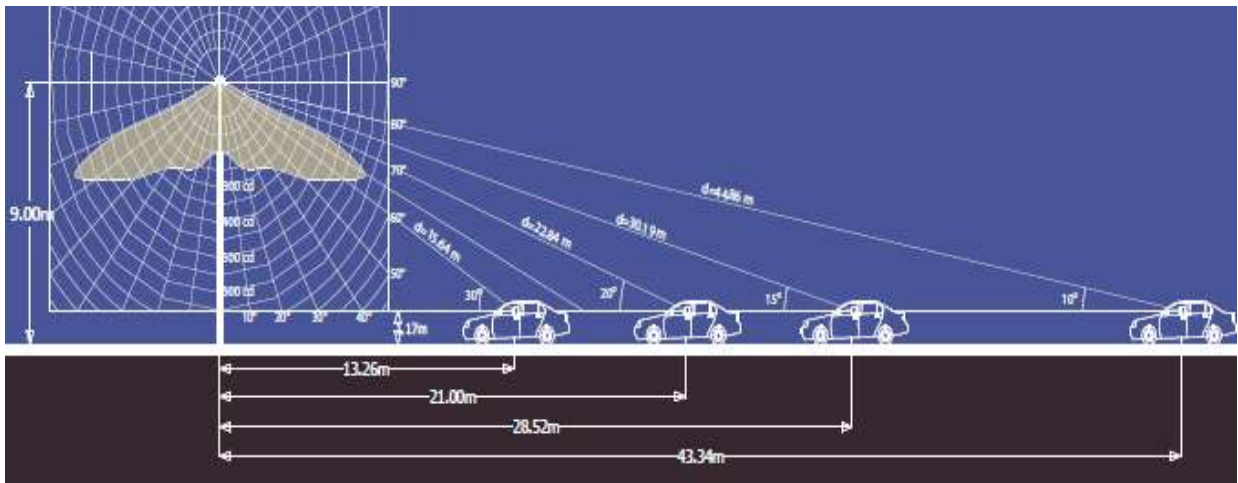
Deslumbramiento y contaminación visual.

En general el deslumbramiento es causado por las luminarias, éste disminuye la capacidad del ojo y por lo tanto la visibilidad de objetos, perjudicando el confort visual que a la larga puede provocar irritabilidad y fatiga.

Sin embargo, no hay que olvidar que existen otros factores que pueden llevar al deslumbramiento, como la presencia indeseable de grandes superficies con un alto factor de reflexión, las superficies brillantes, las vitrinas excesivamente luminosas, anuncios publicitarios o señalizaciones de tránsito (Secretaría de comunicaciones y transporte., 2015).

En el siguiente ejemplo se ve un análisis de una luminaria en donde el ángulo de abertura de la luminaria no debe de pasar de los 70° respecto a su vertical, de esta manera se evita el deslumbramiento al conductor.

Figura 2. Ángulo de deslumbramiento de luminaria



Fuente: Revista Lumitecnia, (1973)

Elección correcta de las lámparas.

Es importante entender las diferentes características y usos de las lámparas, sus ventajas y desventajas.

Las lámparas de aditivos metálicos con un alto rendimiento de color son buena opción para iluminar sitios en donde hay poco movimiento vehicular, como parques, jardines y estacionamientos, PERO NO PARA VIALIDADES en donde la percepción del movimiento y el contraste es lo más importante para la seguridad del conductor y del peatón.

Las lámparas de LEDs alcanzan por mucho los requerimientos en luminancia para vías urbanas y carreteras.

Recordemos que la luminancia y la Iluminancia son diferentes maneras de cuantificar la distribución de la luz en el espacio. La luminancia describe la cantidad de luz que despiden o refleja un objeto, mientras que la Iluminancia describe la cantidad de luz que llega a dicho objeto.

La luminancia es lo que más se aproxima a lo que ve el ojo humano, pero la mayoría de los diseños y cálculos de alumbrado se basan en la iluminancia porque en el pasado era la forma más fácil de hacer los cálculos para un proyecto.

Actualmente, con el rápido desarrollo de la tecnología y el precio relativamente barato de los equipos y programas de cómputo especializado, se pueden crear mapas de luminancia.

Un mapa de luminancia es la representación detallada de cientos o miles de valores de luminancia en cd/m^2 en un determinado campo visual, como se ve en la figura 2.2 este análisis permite estudiar los efectos del deslumbramiento, el confort visual, el nivel de iluminación, la uniformidad de la luminancia, y la contaminación visual, entre otros (Secretaría de comunicaciones y transporte., 2015).

Figura 3. Mapa de luminancia



Fuente: (Secretaría de comunicaciones y transporte., 2015)

Contaminación lumínica.

Definición. La contaminación lumínica consiste en la luz que se emite o escapa por encima de la horizontal de las luminarias, en intensidades y rangos espectrales donde ésta no es necesaria.

La energía luminosa es desaprovechada y produce un halo luminoso o resplandor sobre las poblaciones, al iluminar las partículas de polvo o agua que el aire contiene en suspensión, la luz se envía de forma directa hacia el cielo en vez de ser utilizada para iluminar el suelo (Secretaría de comunicaciones y transporte., 2015).

Causas. Esta contaminación lumínica es producida al utilizar farolas, anuncios publicitarios iluminados de abajo hacia arriba y excesivamente iluminados, que al tener un mal diseño luminotécnico o una mala colocación, dejan escapar buena parte del flujo luminoso fuera del área que se necesita iluminar (Secretaría de comunicaciones y transporte., 2015).

Efectos. Las consecuencias que tiene esta polución luminosa son: tener un consumo de energía innecesario, un desperdicio de energía y dinero al enviar hacia el cielo gran parte de la energía consumida, lo cual obliga a tener lámparas de mayor potencia. Otra consecuencia de la iluminación inadecuada y excesiva es el deslumbramiento, cuyos efectos pueden ser graves en vías de circulación de vehículos, en detrimento de la seguridad vial. La luz que incide directamente desde la lámpara hacia nuestros ojos, tiene una intensidad superior a la que nos llega reflejada por el suelo y por los obstáculos que en él se presentan, haciendo que la abertura de las pupilas se cierre para adaptarse a aquella de mayor intensidad, provocando que forcemos la vista, lo cual nos produce fatiga visual, reduce nuestra percepción y, en consecuencia, aumenta el riesgo de accidentes, perjudicando el aspecto ecológico como contribuir al cambio climático al generar residuos durante la producción de ese exceso de energía, alteración de ciclos de diversas especies animales, pérdida de visibilidad del cielo nocturno, consecuencia lamentable para todos y no solamente para astrónomos e investigadores (Secretaría de comunicaciones y transporte., 2015).

Soluciones. Evitar la contaminación lumínica no significa disminuir la seguridad ni la visibilidad, ni tampoco apagar luminarias, la solución es utilizar luminarias que emitan la luz exclusivamente hacia abajo, dispersan la luz produciendo pérdidas de energía y deslumbramiento.

Es importante al elegir el tipo de lámpara para un proyecto de alumbrado, tener en cuenta los siguientes puntos:

Rendimiento Luminoso: Es la cantidad de luz que la lámpara produce por cada watt de energía eléctrica que consume, expresada en lúmenes/watt.

Vida media o duración: Es el tiempo promedio que la lámpara durará funcionando; se expresa en horas.

Costo: Que por sí solo no debe ser determinante, ya que una lámpara de alto rendimiento, al tener un menor consumo y una mayor duración, resulta a la larga más barata aunque su costo inicial sea mayor (Ministerio de Minas y Energía., 2010).

Pavimentos.

El color del recubrimiento juega un papel muy importante en los resultados ópticos de una instalación de alumbrado, pues con carpetas de acabado granulado y más claras que las actuales, se obtendrá una superficie más difusora y más reflectora de los rayos luminosos incidentes a ella, procedentes de los equipos de iluminación, con lo cual se aumentará el rendimiento óptico del conjunto de la instalación y consecuentemente se reflejará en un menor costo de la misma.

La CIE (Comisión Internacional de Iluminación) ha determinado una clasificación de recubrimientos más usuales existentes en la actualidad, el factor R que liga al Nivel de Iluminación Promedio (que conocemos y que recomienda la I.E.S.) con el nivel de Luminancia Promedio, ha sido substituido por el establecido por la CIE en sus publicaciones N° 30.2 y 30.6 por las matrices de reflexión Q0. En la tabla 1 se muestra las

distintas características de pavimentos, y en la tabla 2.2 Los pavimentos según su uso (Secretaría de comunicaciones y transporte., 2015).

Tabla 1. Características de reflectancia del pavimento

CLASE	Q0	DESCRIPCIÓN	TIPO DE REFLECTANCIA
R1	0.01	Pavimento de concreto	Principalmente difusa o esparcida
R2	0.07	Pavimento asfáltico con mínimo de 60% de grava tamaño máximo menor a 10mm. Pavimento asfáltico con superficie de rodadura con 10 a 15% de agregado artificialmente aclarado con mezcla.	Mezcla entre brillante y difusa.
R3	0.07	Pavimento asfáltico con textura típica (Típica en Colombia)	Altamente brillante
R4	0.08	Pavimento asfáltico con textura muy suave	Principalmente brillante

Fuente: CIE, (1977)

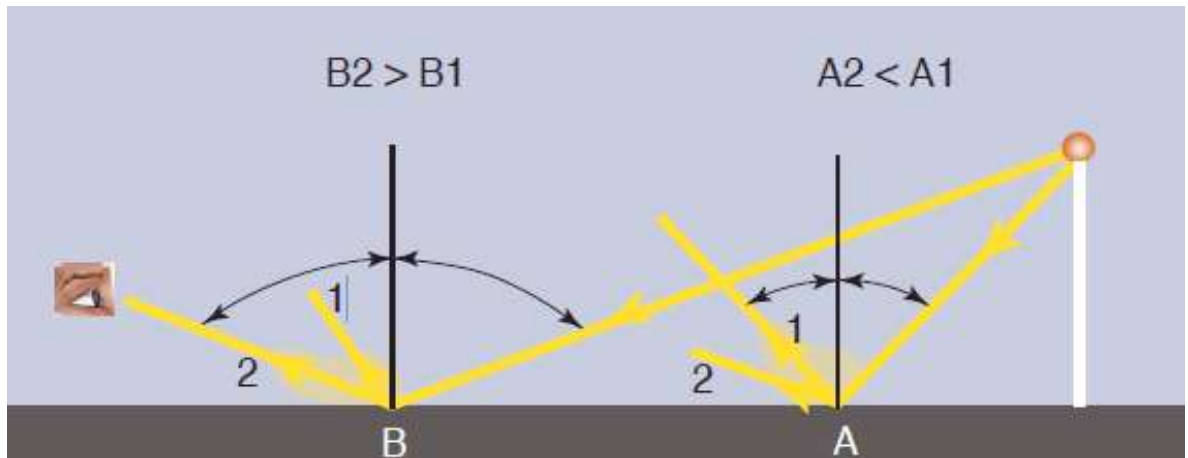
Tabla 2. 2Tipo de vía y uso

TIPO DE VÍA	VÍA Y TIPO DE USO	TIPO DE PAVIMENTO		
		R1	R2 Y R3	R4
Express way	Comercial	10	14	13
	Intermedia	8	12	10
	Comercial	6	9	8
Principal	Comercial	12	17	15
	Intermedia	9	13	11
	Comercial	6	9	8
Colectora	Comercial	8	12	19
	Intermedia	6	9	8
	Comercial	4	6	5
Principal	Comercial	6	9	8
	Intermedia	5	7	6
	Comercial	3	4	4

Fuente: Secretaría de comunicaciones y transporte., 2015

Nivel de luminancia. Los recubrimientos de las carreteras o calles se comportan como superficies semi-difusoras y semi-reflejantes (figura 4), ya que los rayos más inclinados reflejan mejor la luz hacia el observador, que los rayos cerca de la vertical, tal como se muestra en la figura 4.

Figura 4. Nivel de luminancia



Fuente: CIE, (1977)

$$\text{Luminancia [cd/m}^2\text{]} = \text{iluminancia [lux]} \times \text{reflectancia [Qo]}$$

La uniformidad de los niveles de iluminación en una carretera con un observador en posición estática se establece cuando un observador se encuentra en un vehículo en movimiento, la uniformidad de luminancia conduce a obtener alternancias de bandas claras y oscuras (Efecto de Escalera o Efecto Cebra).

En nuestro país es aceptable dadas las condiciones de los pavimentos existentes:

$$\frac{E_{Prom}}{E_{min}} > 0.4 \text{ y } < 0.8$$

Nivel de iluminación

Para verificar la uniformidad de luminancia y el confort visual, debemos saber cuál es el nivel de iluminación promedio obtenido con un sistema de iluminación bien diseñado.

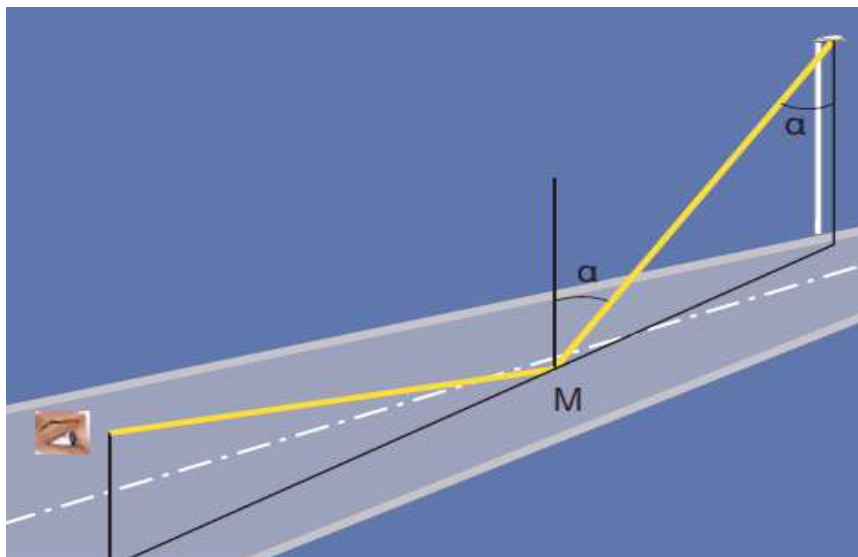
El nivel de iluminación nos indica el rendimiento de los equipos instalados y sobre todo su eficiencia para enviar hacia la calle la mayor cantidad de flujo luminoso posible, a esta acción se le denomina FACTOR DE UTILIZACIÓN DEL EQUIPO (K), el cual depende de la concepción de sus componentes, de la altura de montaje y del ancho de la calle (Secretaría de comunicaciones y transporte., 2015).

Se exige que el factor F_u sea igual o mayor a 0.40, para cualquier tipo de luminarias con la relación:

$$K = \frac{\text{ANCHO CALLE}}{\text{ALTURA DEL MONTAJE}} \geq 0.4$$

Sabemos que con un determinado nivel de iluminación obtenemos un nivel de luminancia en el sentido de observación.

Figura 5. Nivel de luminancia



Fuente: CIE, (1977)

Este nivel de luminancia depende del tipo de superficie en donde se está reflejando la luz de la fuente luminosa, como se observa en la figura 2.4, El nivel de luminancia es lo que el ojo capta, por lo que, el cálculo de luminancias es lo que más se asemeja a la sensación de ver.

Nivel de iluminación [lux]

$$Luminancia \left[\frac{cd}{m^2} \right] = \frac{Nivel\ de\ iluminación[lux]}{R}$$

El factor R, depende de las características ópticas de cada recubrimiento, y del ángulo de incidencia y reflectancia para las cuales existen tablas en las cuales se encuentran los diferentes valores para cada tipo de recubrimiento y ángulos, en las tablas 3, 4 y 5 se observan los R para las superficies (Secretaría de comunicaciones y transporte., 2015).

Tabla 3. R para superficie R1

β Tan γ	Qo= 0.10								S1= 0.25								S2= 1.53							
	0°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	60°	75°	90°	105	120	135	150	165	180				
0.00	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655	655				
0.25	619	619	619	619	610	610	610	610	610	610	610	610	610	601	601	601	601	601	601	601				
0.50	539	539	539	539	539	539	521	521	521	521	521	503	503	503	503	503	503	503	503	503				
0.75	431	431	431	431	431	431	431	431	431	431	395	386	371	371	371	371	371	386	395	395				
1.00	341	341	341	341	323	323	305	296	387	387	278	269	269	269	269	269	269	278	278	278				
1.25	269	269	269	260	251	242	224	207	198	189	189	180	180	180	180	189	198	207	224	224				
1.50	224	224	224	215	198	180	171	162	153	148	144	144	139	139	139	144	148	153	162	180				
1.75	189	189	189	171	153	139	130	121	117	112	108	103	99	99	103	108	112	121	130	139				
2.00	162	162	157	135	117	108	99	94	90	85	85	83	84	84	86	90	94	99	103	111				
2.50	121	121	117	95	79	66	60	57	54	52	51	50	51	52	54	58	61	65	69	75				
3.00	94	94	88	66	49	41	387	36	34	33	32	31	31	33	35	38	40	43	47	51				
3.50	81	80	66	46	33	28	25	23	22	22	21	21	22	22	24	27	29	31	34	38				
4.00	71	69	55	32	23	20	18	16	15	14	14	14	15	17	19	20	22	23	25	27				
4.50	63	59	43	24	17	14	13	12	12	11	11	11	12	13	14	14	16	17	19	21				
5.00	57	52	36	19	14	12	10	9.0	9.0	8.8	8.7	9.0	10	11	13	14	15	16	16	16				
5.50	51	47	31	15	11	9.0	8.1	7.8	7.7	7.7														
6.00	47	42	25	12	8.5	7.2	6.5	6.3	6.2															
6.50	43	38	22	10	6.7	5.8	5.2	5.0																
7.00	40	34	18	8.1	5.6	4.8	4.4	4.2																
7.50	37	31	15	6.9	4.7	4.0	3.8																	
8.00	35	28	14	5.7	4.0	3.6	3.2																	
8.50	33	25	12	4.8	3.6	3.1	2.9																	
9.00	31	23	10	4.1	3.2	2.8																		
9.50	30	22	9.0	3.7	2.8	2.5																		
10.00	29	20	8.2	3.2	2.4	2.2																		
10.50	28	18	7.3	3.0	2.2	1.9																		
11.00	27	16	6.6	2.7	1.9	1.7																		
11.50	26	15	6.1	2.4	1.7																			
12.00	25	14	5.6	2.2	1.6																			

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Tabla 4. R para superficie R2

	Qo= 0.07 S1= 0.58 S2= 1.80																				
β	0°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	60°	75°	90°	105	120	135	150	165	180	
<i>Tan γ</i>																					
0.00	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390
0.25	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	379	368	357	357	346	346	346	335	335	335	355
0.50	411	411	411	411	403	403	384	379	370	346	325	303	281	281	271	271	271	260	260	260	260
0.75	379	379	379	369	357	346	325	303	281	260	238	216	206	206	206	206	206	206	206	206	206
1.00	335	335	335	325	292	291	260	238	216	195	173	152	152	152	152	152	141	141	141	141	141
1.25	303	303	292	271	238	206	184	152	130	119	108	100	103	106	108	108	114	114	119	119	119
1.50	271	271	260	227	179	152	141	119	108	93	80	76	76	80	84	87	89	91	93	93	95
1.75	249	238	227	195	152	124	106	91	78	67	61	52	54	58	63	67	69	71	73	74	74
2.00	227	216	195	152	117	95	80	67	61	52	45	40	41	45	49	52	54	56	57	58	58
2.50	195	190	146	110	74	58	48	40	35	30	27	24	26	28	30	33	35	38	40	41	41
3.00	160	155	115	67	43	33	26	21	18	17	16	16	17	17	18	21	22	24	26	27	27
3.50	146	131	87	41	25	18	15	13	12	11	11	11	11	11	12	14	15	17	18	21	21
4.00	132	113	67	27	15	12	10	9.4	8.7	8.2	7.9	7.6	7.9	8.7	9.6	11	121	13	15	17	17
4.50	118	95	50	20	12	8.9	7.4	6.6	6.3	6.1	5.7	5.6	5.8	6.3	7.1	8.4	10	12	13	14	14
5.00	106	81	38	14	8.2	6.3	5.4	5.0	4.8	4.7	4.5	4.4	4.8	5.2	6.2	7.4	8.5	9.5	10	11	11
5.50	96	69	29	11	6.3	5.1	4.4	4.1	3.9	3.8											
6.00	87	58	22	8.0	5.0	3.9	3.5	3.4	3.2												
6.50	78	50	17	6.1	3.8	3.1	2.8	2.7													
7.00	71	43	14	4.9	3.1	2.5	2.3	2.2													
7.50	67	38	12	4.1	2.6	2.1	1.9														
8.00	63	33	10	3.4	2.2	1.8	1.7														
8.50	58	28	8.7	2.9	1.9	1.6	1.5														
9.00	55	25	7.4	2.5	1.7	1.4															
9.50	52	23	6.5	2.2	1.5	1.3															
10.00	49	21	5.6	1.9	1.4	1.2															
10.50	47	18	5.0	1.7	1.3	1.2															
11.00	44	16	4.4	1.6	1.2	1.1															
12.00	41	13	3.6	1.4	1.1																

Fuente: Ministerio de Minas y Energia., (2010)

Tabla 5. R para superficie R3

Qo= 0.07 S1= 1.11 S2= 2.38																				
β	0°	2°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	60°	75°	90°	105	120	135	150	165	180
Tan γ																				
0.00	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294
0.25	326	326	321	321	317	312	308	308	303	298	294	280	271	262	158	253	249	244	240	240
0.50	344	344	339	339	326	317	308	298	289	276	262	235	217	204	199	199	199	199	194	194
0.75	357	353	353	339	321	303	285	267	244	222	204	176	158	149	149	149	145	136	136	140
1.00	362	362	352	326	276	249	226	204	181	158	140	118	104	100	100	100	100	100	100	100
1.25	357	357	248	298	244	208	176	154	136	118	104	83	73	70	71	74	77	77	77	78
1.50	353	348	326	267	217	176	145	117	100	86	78	72	60	57	58	60	60	60	61	62
1.75	359	335	303	231	172	127	104	89	79	70	62	51	45	44	45	46	45	45	46	47
2.00	326	321	280	190	136	100	82	71	62	54	48	39	34	34	34	35	36	36	37	38
2.50	289	280	222	127	86	65	54	44	38	34	25	23	22	23	24	24	24	24	24	25
3.00	253	235	163	85	53	38	31	25	23	20	18	15	15	14	15	15	16	16	17	17
3.50	217	194	122	60	35	25	22	19	16	15	13	9.9	9.0	9.0	9.9	11	11	12	12	13
4.00	190	163	90	43	26	20	16	14	12	9.9	9.0	7.4	7.0	7.1	7.5	8.3	8.7	9.0	9.0	9.9
4.50	163	136	73	31	20	15	12	9.9	9.0	8.3	7.7	5.4	4.8	4.9	5.4	6.1	7.0	7.7	8.3	8.5
5.00	145	109	60	24	16	12	9.0	8.2	7.7	6.8	6.1	4.3	3.2	3.3	3.7	4.3	5.2	6.5	6.9	7.1
5.50	127	94	47	18	14	9.9	7.7	6.9	6.1	5.7										
6.00	113	77	36	15	11	9.0	8.0	6.5	5.1											
6.50	104	68	30	11	8.3	6.4	5.1	4.3												
7.00	95	60	24	6.5	6.5	5.2	4.3	3.4												
7.50	87	53	21	7.1	5.3	4.4	3.6													
8.00	83	47	17	6.1	4.4	3.6	3.1													
8.50	78	42	15	5.2	3.7	3.1	2.6													
9.00	73	38	12	4.3	3.2	2.4														
9.50	69	34	9.9	3.8	3.5	2.2														
10.00	65	32	9.0	3.3	2.4	2.0														
10.50	62	29	8.0	3.0	2.1	1.9														
11.00	59	26	7.1	2.6	1.9	1.8														
11.50	56	24	6.3	2.4	1.8															
12.00	53	22	5.6	2.1	1.8															

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Alumbrado público.

“Se debe considerar el alumbrado público como un derecho de la ciudadanía, para poder gozar de la iluminación requerida en las horas nocturnas, que se traduzca en mejor seguridad y movilidad.” (El alumbrado público debe ser un derecho ciudadano, oficina de comunicaciones, Polo Democrático Alternativo Atlántico)

Es el servicio público que no está a cargo de las personas naturales. Este se encarga de la iluminación de vías públicas, parques y otros espacios de libre circulación. Su función principal es la de proporcionar la visibilidad necesaria para el desarrollo de todo tipo de actividades.

Las lámparas más utilizadas en el alumbrado público son las de sodio y mercurio de alta y baja presión.

Objetivos del alumbrado público.

Para cumplir este propósito el sistema de iluminación vial debe cumplir tanto aspectos cuantitativos como cualitativos que permitan una rápida y confortable visibilidad en las condiciones medio ambientales más adversas. Incrementa la seguridad individual y colectiva en las vías.

Proporcionar confort y tranquilidad.

Proporcionar a los transeúntes seguridad y comodidad

Permitir a los transeúntes una clara visualización de bordes, geometría, obstáculos y superficie de la vía que están transitando.

Disminuir la accidentalidad vial.

Contribuir a detener o disminuir las acciones vandálicas.

Producir un sistema de iluminación ahorrador de energía de fácil mantenimiento y económico.

“El objeto del alumbrado público es proporcionar la visibilidad adecuada para el desarrollo normal de las actividades tanto vehiculares como peatonales en espacios de libre circulación con tránsito vehicular y peatonal” (Ministerio de Minas y Energía, 2008).

Criterios de diseño alumbrado público. Para elaborar un buen diseño del alumbrado público se deben tener en cuenta una serie de factores como lo son la visibilidad, factores económicos, estéticos, ambientales y características técnicas de los equipos.

El proceso para elaborar un buen diseño de alumbrado público cuenta con los siguientes pasos:

Clasificación de la vía a iluminar.

Selección de los valores en iluminación

Selección de la luminaria y fuente de luz

Selección del arreglo geométrico y cálculos

Clasificación de las vías. Para la iluminación de las vías públicas se dividen en dos, unas son las vías para circulación de autos y la otra para circulación exclusivamente peatonales

Vías para automóviles. Los criterios que se deben tener en cuenta para acotando asignar una clasificación de iluminación están asociados a las características de las vías, siendo las principales: la velocidad de circulación y el número de vehículos. Toda vía caracterizada con estas dos variables se les asignará un tipo de iluminación conforme a la tabla 6.

Las principales características de las vías son la velocidad de circulación y en número de vehículos.

Todas las vías existentes que presenten alguna de las dos características mencionadas con anterioridad, tendrán asignadas un tipo de luminancia

Tabla 6. Clasificación vial según RETILAP

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

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Con un conocimiento profundo de las características de las vías y sus requerimientos visuales, se debe proceder a asignar la clase de iluminación necesaria. En la tabla 7 se ilustra para cada clase de iluminación los requisitos fotométricos mínimos mantenidos a través del tiempo.

Los valores se aplican para piso seco.

Tabla 7. Requisitos fotométricos mantenidos por clase de iluminación para tráfico motorizado con base en la luminancia de la calzada

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

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Vías para tráfico peatonal y ciclistas. La iluminación de estas áreas debe garantizar que los peatones y ciclistas puedan distinguir la textura y diseño del pavimento, la configuración de bordillos, escalones marcas y señales; adicionalmente debe ayudar a evitar agresiones al transitar por estas vías. En la Tabla 8 se presentan las siete clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales.

Tabla 8. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas

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

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Las clases de alumbrado establecidas en la Tabla 8 consideran las necesidades asociadas a toda la superficie utilizada, es decir, la superficie de la acera y de la calzada, en caso que exista.

Cuando se haya establecido que en determinadas zonas se ha incrementado o se pueda incrementar la criminalidad o resulte necesaria la identificación de las personas, objetos u obstáculos, la clase de iluminación podrá ser uno o dos grados superior a la resultante de aplicar la tabla 7.

Una vez se decida la clase de iluminación en vías peatonales se puede observar en la tabla 9 los valores de luminancia requeridos.

Tabla 9. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal

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

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Selección de la luminaria y fuente de luz. Actualmente la fuente de luz más utilizada para el alumbrado público es la de sodio de alta presión debido a su eficiencia lumínica y a su valor económico, pero teniendo en cuenta que el municipio de Nuevo Gramalote es una ciudad modelo se invertirá en luminarias tipo LED ya que estas me permiten un ahorro energético, más horas de uso, menor mantenimiento entre muchas cosas más.

Para garantizar una buena selección de la luminaria y fuente de luz se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Fotométricos: la lámpara debe tener una buena distribución del flujo luminoso, Ser eficiente y controlar el deslumbramiento.

Eléctricos y mecánicos: en lo posible las lámparas deben ser de fácil mantenimiento e instalación, deben mantener dentro de sus límites la temperatura de los elementos eléctricos internos, tener en su interior un terminal que facilite su conexión a tierra, deben ser seguras y servir de soporte y conexión a los demás elementos que se encuentran alojados en su interior.

Estéticos: en cualquier estado que se encuentre, encendida o apagada, esta debe integrarse con el entorno que la rodea y crear un mejor ambiente.

Disposición de luminarias. La configuración de las luminarias depende del ancho de la vía y la altura de los puntos de luz, según la tabla 2.10 se pueden utilizar las siguientes disposiciones:

Unilateral

Bilateral en oposición

Bilateral alternada

Central sencilla

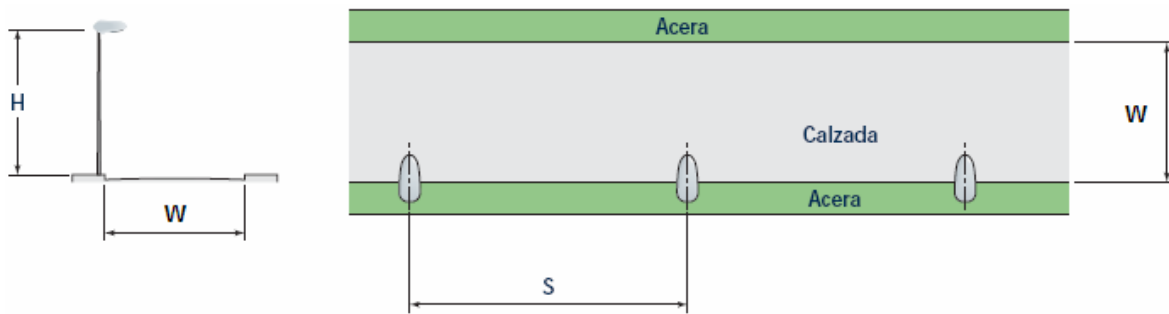
Tabla 10. Recomendación para disposición de luminarias

Clase de Iluminación	Altura (m)	Relación S/H	Disposición de las luminarias	
			Criterio	Disposición
M1	12 - 14	3,5 - 4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M2	10 - 12	3,5 - 4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M3	8,5 - 10	3,5 - 4	Ancho de la calzada menor	Unilateral
M4	7 - 9	3,5 - 4	Unilateral	
M5	6	3,5 - 4	A criterio del diseñador	

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Unilateral. Es una disposición donde todas las luminarias se instalan a un solo lado de la vía. El diseñador debe utilizar la luminaria más apropiada que cumpla con los requisitos fotométricos exigidos para las alturas de montaje, interdistancia y menor potencia eléctrica requerida. Se puede observar esta configuración en la figura 6 (Ministerio de Minas y Energía., 2010).

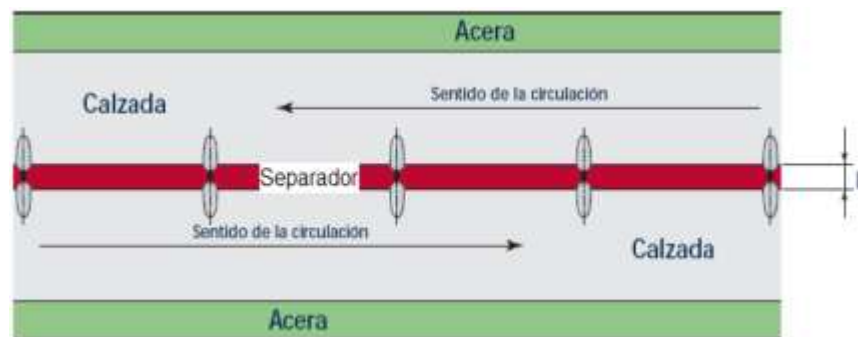
Figura 6. Disposición Unilateral



Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Central doble. Donde los carriles de circulación en una dirección y otra se encuentran separados por un pequeño separador que no debe ser menor de 1,5 m de ancho.

En la figura 7 se observa esta disposición. Se logra una buena economía en el proyecto si los postes comparten en el separador central a manera de dos disposiciones unilaterales. Esta manera de agrupar las luminarias se denomina central sencilla (Ministerio de Minas y Energía., 2010).

Figura 7. Disposición Central doble (para $1.5m \geq b \leq 4m$)

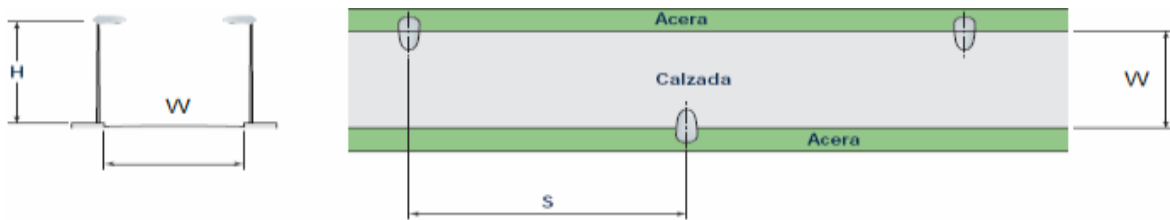
Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Bilateral alternada. Cuando la vía presenta un ancho W superior a la altura de montaje hm de las luminarias ($1.0 < (W/hm) < 1,50$), se recomienda utilizar luminarias clasificadas como **Tipo II** de la IESNA o de **dispersión media** en el modelo de la CIE. Es claro que la anterior frase no obliga al diseñador a utilizar luminarias Tipo II de manera

exclusiva, pues la presente norma es del tipo de resultados y no de materiales a utilizar en un diseño.

También es conveniente utilizar la disposición bilateral mostrada en la figura 8 alternada en zonas comerciales o de alta afluencia de personas en la noche, para iluminar las aceras y las fachadas (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

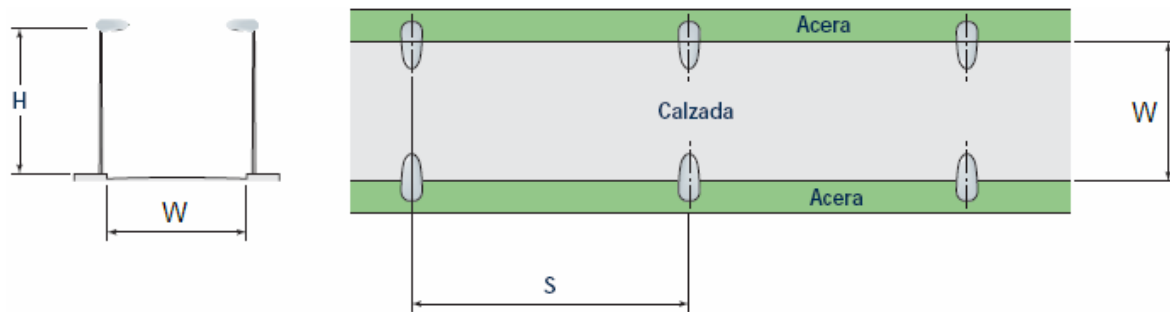
Figura 8. Disposición bilateral alternada



Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010).

Disposición bilateral alternada.

Figura 9. Disposición Bilateral opuesta con separador (para cualquier valor de b)



Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010).

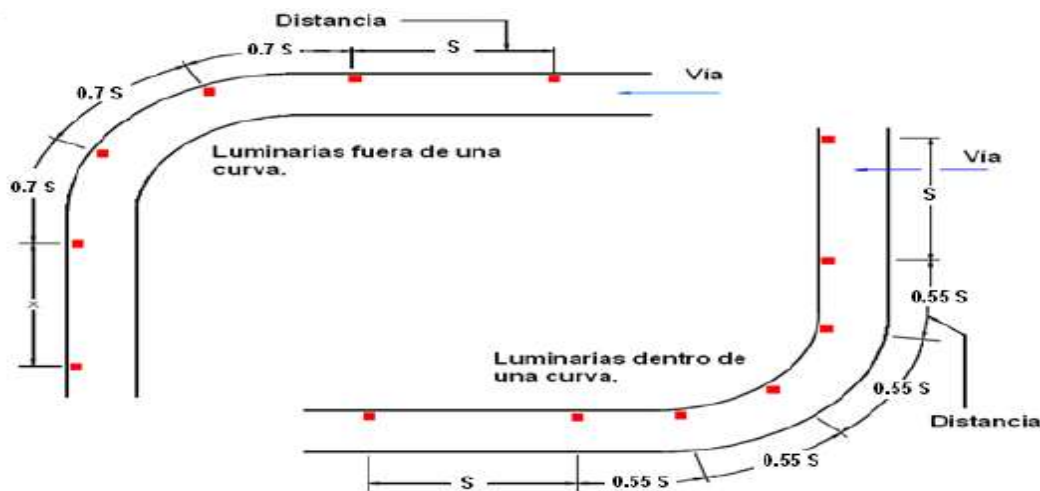
“Cuando la vía presenta un ancho W muy superior a la altura de montaje hm de las luminarias ($1.25 < (W/hm) < 1.75$), se recomienda utilizar luminarias clasificadas como de dispersión ancha.

En este caso, la iluminación consta de dos filas de luminarias: una a cada lado de la vía y cada luminaria se encuentra enfrentada con su correspondiente del lado contrario”. Se puede observar en la figura 9 (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Disposición en curvas, cruces, glorietas, convergencias y divergencias.

En curvas: se debe reforzar la iluminación disminuyendo la distancia entre las luminarias. En la figura 10 se observa que por lo general las luminarias se colocan del lado exterior de la curva siendo la distancia entre las luminarias el 70% de la distancia obtenida en el tramo recto, si la curva es de radio pequeño (curva cerrada) la distancia entre las luminarias es del 50% de la distancia obtenida en el tramo recto (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

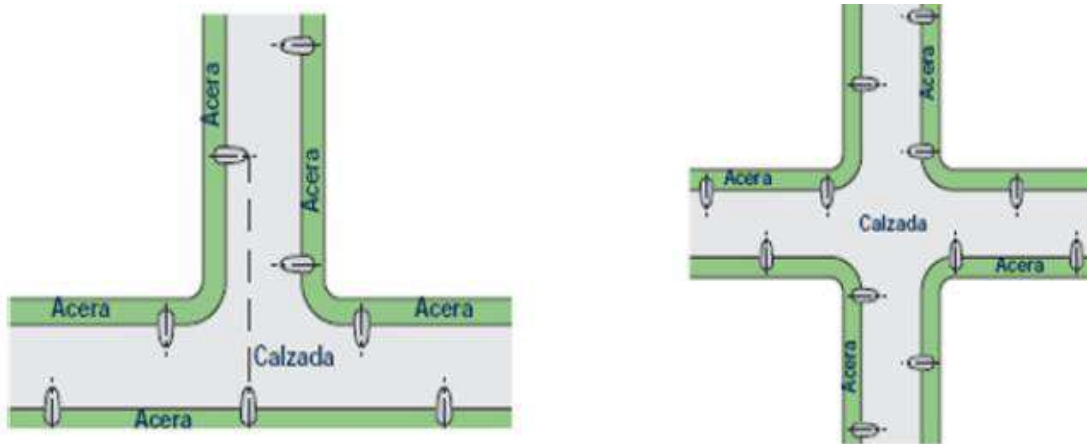
Figura 10. Disposición de curva



Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010).

En cruces: La colocación de la luminaria debe ser tal que permita al conductor como se observa en la figura 11.

Figura 11. Disposición de curva

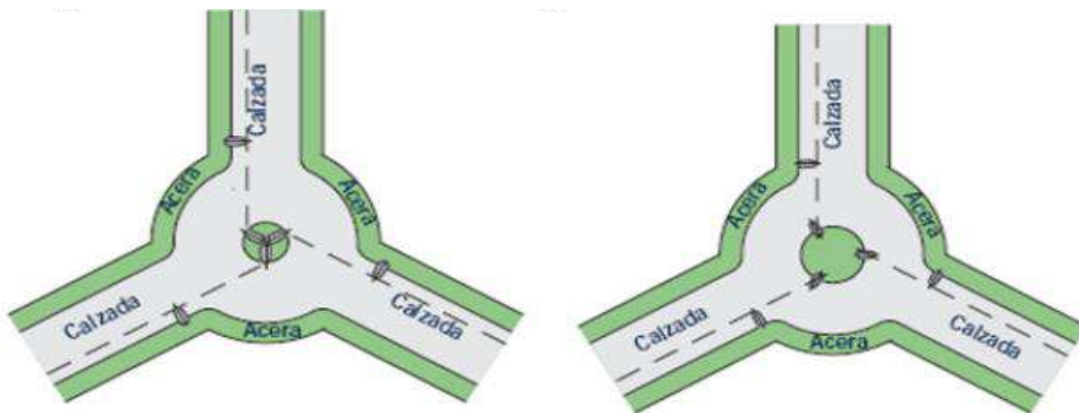


Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010).

Glorietas: Para cada vía concurrente se debe colocar una luminaria frente a su trayectoria y se complementa con la iluminación del lado exterior de la glorieta y las vías por las cuales el automovilista abandona la glorieta, como se observa en la figura 12.

Cuando las glorietas son de cuatro entradas, como es el caso de Colombia, el cálculo de las luminarias a utilizar se hace de igual manera que si tuviéramos 3 entradas (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Figura 12. Disposición de glorietas



Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010).

Factor de mantenimiento.

Las condiciones de conservación y mantenimiento de la instalación de iluminación configuran un parámetro de gran incidencia en el resultado final de un proyecto de alumbrado público, denominado factor de mantenimiento de la instalación FM y debe calcularse con la metodología adoptada de la IESNA (Illuminating Engineering Society of North América) que considera la valoración de ocho efectos, cuyo producto dará como resultado el factor de mantenimiento de la instalación de alumbrado público (FM) (Secretaría de comunicaciones y transporte., 2015).

Para calcular el factor de mantenimiento se utiliza la siguiente formula (Ministerio de Minas y Energía., 2010):

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

DLB: Depreciación por descendimiento del flujo luminoso de la bombilla.

Fb: Factor de balasto.

FE: Depreciación de la luminaria por ensuciamiento.

Depreciación del flujo luminoso de la bombilla (DLB).

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.

Los fabricantes de bombillas deben suministrar la información de la reducción del flujo luminoso de los distintos tipos de bombillas y las diferentes potencias obtenidos bajo condiciones de funcionamiento controladas. El diseñador deberá tener en cuenta tales condiciones para especificar el tipo de conjunto eléctrico necesario para cada tipo de fuente luminosa propuesta y plantear el esquema de mantenimiento.

En la práctica, las condiciones reales de operación pueden desviarse de las utilizadas en los ensayos, alterando las características de funcionamiento. En tal sentido, los operadores del servicio de alumbrado público deberán crear y alimentar las bases de datos

que les permitan determinar la depreciación y vida útil real de las bombillas por marcas, tecnología, potencia y condiciones del sitio de instalación.

En lo posible los operadores deberán, mediante muestras, hacer pruebas para verificar condiciones iniciales y durante la operación de las fuentes luminosas, tales como tensión de bombilla y flujo luminoso.

La interventoría verificará la existencia, seguridad y funcionalidad de la base de datos así como la veracidad de la información registrada.

Al finalizar periodos de 4 años a partir de la entrada en vigencia del presente reglamento, los operadores del servicio de alumbrado público evaluarán los datos del comportamiento real de las bombillas |y presentarán a la industria por intermedio del comité técnico de normalización de iluminación las sugerencias para que se realicen los ajustes pertinentes y a este Ministerio para que se hagan los ajustes al reglamento (Ministerio de Minas y Energía., 2010).

Factor de balasto (FB): Para los balastos de bombillas o lámparas fluorescentes el factor de balasto se define como la relación entre el flujo luminoso de la bombilla funcionando con el balasto de producción y el flujo luminoso de la misma bombilla funcionando con el balasto de referencia.

$$Fb = (\text{Flujo de la bombilla con balasto de producción}) / (\text{Flujo de la bombilla con balasto de referencia})$$

El diseñador debe tomar los factores de balasto suministrados por el fabricante dentro de la información de certificación del producto (Ministerio de Minas y Energía., 2010).

Depreciación por ensuciamiento (factor de ensuciamiento - FE_). 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. En la tabla

11 se observa la rapidez y severidad de la acumulación de suciedad varía de acuerdo con las condiciones existentes en el sitio de la instalación y las propiedades de hermeticidad de la luminaria (Ministerio de Minas y Energía., 2010).

En la tabla 11 se observan los factores de ensuciamiento de las luminarias

Tabla 11. Clasificación de los niveles de contaminación

	Categoría	Nivel de partículas	Observaciones
I	Ambientes poco polucionados	Bajo Menor 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	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 150 – 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	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 μm^3	Como la categoría anterior pero las instalaciones están envueltas en humo y polvo

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010).

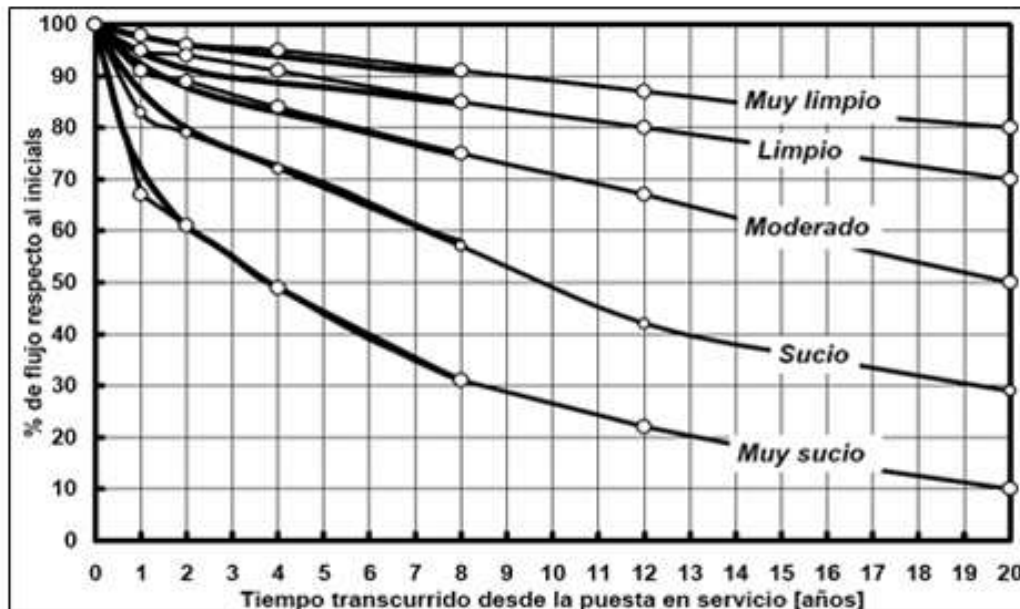
Tabla 12. Factores de ensuciamiento de las Luminarias, según el nivel de hermeticidad y el periodo de limpieza utilizado

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 F_E
Avenidas en el centro de algunas ciudades (*)	IV	6X (a)	6	0,91
		6X (b)	6	0,93
M2 y M3	III	6X (a)	12	0,91
		6X (b)	12	0,93
M4 y P1 a P3	II	6X (a)	24	0,89
		6X (b)	24	0,91
M5, P4 a P7 y parques	I	6X (a)	36 o cambio de la bombilla	0,90
		6X (b)		0,95

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010).

En la figura 13 se observa las curvas de depreciación luminosa según el tiempo transcurrido y el nivel de contaminación

Figura 13. Depreciación de luminarias de A.P en cinco tipos de ambientes



Fuente: Secretaria de comunicaciones y transporte., 2015

Índice IP e Índice IK. Los códigos **IP** se identifican con dos dígitos que indican los grados de protección:

El primer dígito, indica la protección del equipo contra la entrada de cuerpos extraños sólidos.

Corresponde al primer número y comprende siete grados, desde el *grado 0* sin protección hasta el grado 6 totalmente protegido contra polvo.

El segundo dígito, indica la protección del equipo dentro de la cubierta contra entrada de agua.

Corresponde al segundo número y comprende nueve grados, desde el grado 0 sin protección hasta el grado 8 protegido contra los efectos prolongados de inmersión bajo presión. Las luminarias clasificadas como “**a prueba de agua**”, no necesariamente son aptas para operación bajo agua. En tales casos, debe usarse las luminarias clasificadas “**a prueba de agua bajo presión** (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Clasificación con relación a la protección mecánica contra choques de cuerpos sólidos. (Índice Ik): Las luminarias se clasifican por medio de Códigos **IK**, cuyo objetivo es indicar el grado de protección provisto por un encerramiento o envolvente de materiales eléctricos contra el impacto o choque mecánico externo, como se presenta en la tabla 13 .El IK se identifica con un número que comprende once grados que van desde el grado 00 –sin protección- hasta el grado 10 -Energía de choque 20,0 J. (5 kg, en caída libre a una distancia de 40 cm) (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Tabla 13. Grados de hermeticidad y protección contra el impacto

INDICE IP				INDICE IK	
Primera cifra		Segunda cifra			
IP	Protección contra cuerpos sólidos	IP	Protección contra Líquidos	IK	Protección contra el impacto Energía de Impacto (Joules)
0	Sin protección	0	Sin protección	00	No protegido
1	Ø ≥ 50 mm (Contactos involuntarios)	1	Caída vertical de gotas de agua	01	0,15
2	Ø ≥ 12 mm (Contactos involuntarios)	2	Caída de agua hasta 15° de la vertical	02	0,20
3	Ø ≥ 2,5 mm (Herramientas cables)	3	Agua lluvia hasta 60° de la vertical	03	0,35
4	Ø ≥ 1 mm (herramientas finas - cables)	4	Proyección de agua en todas las direcciones	04	0,50
5	Protegido contra polvo	5	Lanzamiento de agua en todas las direcciones	05	0,70
6	Totalmente protegido contra polvo	6	Lanzamiento de agua similar a los golpes de mar	06	1,00
		7	Inmersión	07	2,00
		8	Efectos prolongados de inmersión bajo presión	08	5,00
				09	10,00
				10	30,00

Fuente: Secretaria de comunicaciones y transporte., 2015

Cálculo de la iluminancia promedio de una vía. Existen variados métodos que facilitan el cálculo de la luminancia promedio en una vía. Ente ellos se encuentran los siguientes:

Cálculo de la iluminancia punto a punto: Este método permite conocer la luminancia en puntos concretos y es de suma importancia ya que permite conocer la distribución de la iluminación en las instalaciones (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Cálculo de iluminancia por el método de los lúmenes o coeficiente de utilización: Este método consiste en calcular la distancia óptima entre dos postes que soportan las

luminarias con el fin de que el nivel de luminancia media esté garantizado (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Método europeo de los 9 puntos: Este método consiste en el cálculo de la iluminación media de una vía por medio de la iluminación puntual en 9 puntos seleccionados dentro de la misma (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Herramientas de cálculo. Debido a la poca practicidad de la elaboración de los cálculos manuales se desarrolló en Alemania un software que facilita el desarrollo de estos cálculos. Se trata de un programa que permite simular todo tipo de proyecto de iluminación ya sea interior o exterior.

Dialux. Es un Software que permite realizar cálculos y visualizaciones de proyectos de iluminación. Este programa gratuito, permite realizar análisis cuantitativos rápidos y sin problemas de un proyecto. Tiene un funcionamiento sencillo y permite visualizar en tercera dimensión los proyectos simulados. Permite a su vez la visualización de la distribución de intensidad luminosa.

Este programa es usado por el Instituto Alemán de Luminotecnia Aplicada (Deutsches Institut für angewandte Lichttechnik).

Medidores de energía.

Los módulos de medida centralizada deben cumplir con los requerimientos de la norma NTC 4052 en cuanto a: Exactitud, límites de error debido a variación de corriente, arranque inicial, funcionamiento sin carga y constante del medidor.

Deben ser de estado sólido, microprocesador, empleados para medir fundamentalmente energía activa y reactiva.

Los sistemas de medición deben cumplir con las siguientes condiciones:

Todos los sistemas de medición deben contar con el tipo de conexión acorde con el nivel de tensión y el consumo o transferencia de energía que se va a medir.

En los puntos de medición en los que se presenten o se prevean flujos de energía en ambos sentidos se deben instalar medidores bidireccionales para determinar de forma independiente el flujo en cada sentido.

El valor registrado por los equipos de medida debe estar expresado en kilovatios-hora para la energía activa y en kilovolt-amperio reactivo - hora para la energía reactiva.

Todos los medidores que se van a instalar deben ser verificados, aprobados y registrados por la Empresa, posteriormente se procederá a su instalación.

En Colombia la Energía Eléctrica se factura teniendo en cuenta la energía activa y la energía reactiva. De acuerdo con la ley, el cliente que tenga un factor de potencia por debajo de 0.9 se le factura la energía reactiva.

De acuerdo con la capacidad instalada existen tres tipos de medición: Directa, Semidirecta e Indirecta.

Medición Directa: Es aquella en la cual se conectan directamente al medidor los conductores de la acometida, en este caso la corriente de la carga pasa totalmente a través de sus bobinas.

Medición Semidirecta: Es aquella en la cual las señales de corriente se toman a través de transformadores de corriente

Condiciones físicas y ambientales del municipio de nuevo Gramalote.

La estratigrafía aflorante en el emplazamiento de Gramalote está integrada por unidades sedimentarias Mesozoicas del Pre-Cretáceo al Cretáceo Superior. Las rocas sedimentarias del Cretáceo Medio están asociadas a la Formación Uribante (Kmu), la cual

tiene un espesor variable entre 418 y 503 m con tendencia a incrementar hacia el sur, como lo siguieren los datos del SGC que dan cuenta de espesores de hasta 825 m en el río Peralonso (SGC, 2012). De piso a techo la Formación Uribante está constituida por los miembros Tibú, Mercedes y Aguardiente (Fondo de adaptación., 2014).

Miembro Tibú. El miembro inferior Tibú Está integrado por rocas sedimentarias detríticas de granos gruesos y no detríticos de carácter organogénico, configurando un perfil diferencial con espesor variable entre 107 y 166 metros. El basamento lo constituyen areniscas de grano grueso, con guijarros de cuarzo y ortoclasa dispuesto en estratos de 5 a 12 m de espesor. A éste le suprayacen series de calizas densas fosilíferas con espesores desde 95 hasta 160 m (Fondo de adaptación., 2014).

Miembro Mercedes. El miembro Mercedes está integrado por rocas sedimentarias no detríticas, detríticas de grano fino y detrítico de grano grueso, configurando un perfil con espesor variable entre 149 y 201 m. Las calizas se encuentran intercaladas con arcillolitas pizarrosas (lutitas negras) de carácter micáceo y carbonáceo, así como con estratos de arenisca de 3 a 20 m de espesor. Las calizas son generalmente arenáceas y dentro de las arcillolitas pizarrosas existen niveles ocasionales calcáreos. Las areniscas abundan hacia la parte alta del miembro, son grises, de grano fino a medio, calcáreo y glauconíticas (Fondo de adaptación., 2014).

Miembro Tibú. El miembro inferior Tibú está integrado por rocas sedimentarias detríticas de granos gruesos y no detríticos de carácter organogénico, configurando un perfil diferencial con espesor variable entre 107 y 166 metros. El basamento lo constituyen areniscas de grano grueso, con guijarros de cuarzo y ortoclasa dispuesto en estratos de 5 a 12 m de espesor. A éste le suprayacen series de calizas densas fosilíferas con espesores desde 95 hasta 160 m (Fondo de adaptación., 2014).

Miembro Mercedes. El miembro Mercedes está integrado por rocas sedimentarias no detríticas, detríticas de grano fino y detrítico de grano grueso, configurando un perfil con espesor variable entre 149 y 201 m. Las calizas se encuentran intercaladas con arcillolitas pizarrosas (lutitas negras) de carácter micáceo y carbonáceo, así como con estratos de arenisca de 3 a 20 m de espesor. Las calizas son generalmente arenáceas y dentro de las arcillolitas pizarrosas existen niveles ocasionales calcáreos. Las areniscas abundan hacia la parte alta del miembro, son grises, de grano fino a medio, calcáreo y glauconitas (Fondo de adaptación., 2014).

Geomorfología sector Miraflores. El emplazamiento del sector de Miraflores corresponde a las laderas occidentales de una zona montañosa con pendientes onduladas y predominantemente moderadas, aunque existen escarpes ocasionados por la dinámica del drenaje local. Los estratos rocosos del miembro Aguardiente ocurren en pendiente estructural dando lugar a laderas estructurales o cuestas con inclinación al occidente. Por cuenta de la condición de pendiente estructural, las laderas suelen estar cubiertas por depósitos coluviales (matriz soportados) de poco espesor. En las zonas de pendiente suave existen afloramientos verticales de roca, situación que puede estar relacionada con la existencia de fallas de cabalgamiento (SGC, 2012). Se estudiaron elementos de origen estructural-denudativo tales como ladera de contrapendiente (Elcp), ladera estructural o cuesta (Ele). Dentro de las geoformas de origen Denudacional se clasifican siete laderas: Laderas Subhorizontales a ligeramente inclinadas (Dls), Laderas moderadas (Dlm), Laderas muy inclinadas a Escarpadas (Del), Laderas coluviales (Dc), Laderas coluviales de pendiente suave (Dcls), Laderas coluviales de pendiente moderada (Dclm) y los demás coluviales de pendiente muy inclinada a Escarpada (Dcle) (Fondo de adaptación., 2014).

Capítulo III

Diseño metodológico

Parámetros de diseño

Para empezar con el diseño del alumbrado público del municipio de Nuevo Gramalote es necesario definir el tipo de vía tanto para las vehiculares como las peatonales.

Tipo de vía vehicular.

Para la vía vehicular se define como tipo M4 ya según lo observado en la tabla 2.6 su velocidad está por debajo de 30Km/h y su tránsito vehicular se encuentra entre 100 y 250 vehículos por hora.

Ya definimos el tipo de vía ahora en la tabla 3.1 se observa los valores que se deben cumplir según el RETILAP.

Tabla 14. Valores para un tipo de vía M4

Clase de iluminación	Lprom(cd/m ²)	Factor de uniformidad u ₀	Incremento umbral ti	Factor longitudinal	Relación sr
M4	0.8	0.4	15	N.r	N.r

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010).

Tipo de vía peatonal y de ciclistas.

En la vía peatonal y de ciclistas según la tabla 15 Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes, y en la tabla 3.2 se definen los valores de luminancia a cumplir para este diseño.

Tabla 15. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal

CLASE DE ILUMINACIÓN	ILUMINANCIA PROMEDIO (LUXES)	VALOR MÍNIMO (LUXES)
P4	5	1

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010).

Disposición geométrica. Según la tabla 16 la altura del punto de luz debe estar entre 7 a 9 metros y la relación de la interdistancia y la altura del punto de luz debe estar entre 3.5 y 4.

Tabla 16. Recomendación para disposición de luminarias

CLASE DE ILUMINACIÓN	ALTURA	RELACIÓN S/H	DISPOSICIÓN LUMINARIAS
M4	7-9 metros	3.5-4	UNILATERAL

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010).

De acuerdo a la tabla anterior podemos calcular la interdistancia.

Se utilizaran apoyos de 8 metros, pero debido a que la norma CENS en su numeral 3.8.5.APOYOS, nos indica la siguiente fórmula para el empotramiento del apoyo.

$$H = (0.1) H + 0.6 \text{ (m)}$$

$$H = 8 * (0.1) + 0.6 = 1.4 \text{ metros}$$

Restando la distancia de empotramiento la altura del apoyo es 6.6 metros.

El brazo a utilizar nos ayuda a dar una altura de 1.1 metro, para llegar a una altura de 7.7 metros el punto de luz.

$$\text{RELACIÓN} = \frac{30}{7.7} = 3.89$$

Se observa que cumple con la tabla 16.

Factor de mantenimiento. El factor de balasto es uno para nuestro caso ya que utilizamos luminarias led, el DLB es 0.9

Para la vía M4 FE=0.91

$$FM = 0.91 \times 0.9 \times 1 = 0.819$$

Para la Vía peatona P4 FE=0.95

$$FM = 0.95 \times 0.9 \times 1 = 0.855$$

Factor de utilización. Para el factor de utilización utilizamos el ancho de la vía vehicular la cual es 7 m

$$k = \frac{\text{Ancho calle}}{\text{Altura montaje}} = \frac{7}{7.7} = 0.9090$$

El factor de utilización debe estar por encima de 0.40 este si cumple.

DPEA vía principal. La determinación de la DPEA se calcula a partir de la carga total conectada para alumbrado y del área total por iluminar, de acuerdo a la metodología indicada a continuación:

$$\text{DPEA} = (\text{Carga total conectada para alumbrado}) / (\text{Área total Iluminada})$$

Donde la **DPEA** está expresada en W/m², la carga total conectada para alumbrado está expresada en vatios y el área total iluminada está expresada en metros cuadrado. El ancho de la vía es 7 m y la interdistancia es de 30 metros.

$$\text{área} = 7 * 30 = 210 \text{ m}^2$$

La potencia de cada luminaria es de 44W como se encuentra en dos luminarias son 88W

$$DPEA = \frac{88}{210} = 0.41 \frac{W}{m^2}$$

Según la tabla 17 en una vía de 6 a 8 m el DPEA debe estar por debajo de 0.86, entonces nuestro diseño cumple.

Tabla 17. Valores máximos de densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) para vías vehiculares (W/m²).

Nivel de iluminancia promedio mantenido lux (lx)	ANCHO DE LA CALZADA				
	< 6 m	De 6 a 8 m	De 8.1 a 10 m	De 10.1 a 12m	De 12,1 a 14 m
3	0,29	0,26	0,23	0,19	0,17
4	0,35	0,32	0,28	0,26	0,23
5	0,37	0,35	0,33	0,30	0,28
6	0,44	0,41	0,38	0,35	0,31
7	0,53	0,49	0,45	0,42	0,37
8	0,60	0,56	0,52	0,48	0,44
9	0,69	0,64	0,59	0,54	0,50
10	0,76	0,71	0,66	0,61	0,56
11	0,84	0,79	0,74	0,67	0,62
12	0,91	0,86	0,81	0,74	0,69
13	1,01	0,94	0,87	0,80	0,75
14	1,08	1,01	0,94	0,86	0,81
15	1,12	1,06	1,00	0,93	0,87
16	1,17	1,10	1,07	0,99	0,93
17	1,23	1,17	1,12	1,03	0,97
18	1,33	1,26	1,20	1,10	1,04
19	1,40	1,33	1,26	1,17	1,10
20	1,47	1,39	1,33	1,23	1,16
21	1,55	1,46	1,39	1,29	1,22
22	1,62	1,53	1,46	1,35	1,27
23	1,69	1,60	1,53	1,41	1,33
24	1,76	1,67	1,59	1,47	1,39
25	1,83	1,73	1,66	1,53	1,45
26	1,90	1,80	1,73	1,60	1,51

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Eficacia. La cantidad de luz se mide en lúmenes. La cantidad de energía consumida se mide en Vatios. Si por una determinada cantidad de vatios, se obtiene mayor cantidad de luz.

Para nuestro diseño se va a utilizar una lámpara led de 44W con 6400 lúmenes

$$E = \frac{6400lm}{44 W} = 145.45 \frac{lm}{W}$$

La eficacia de este tipo de luminaria es bastante alta debido a que tiene una potencia baja y una luminancia alta.

Cálculos computarizados de iluminancia. Una vez tengamos los datos anteriores se ingresan al programa DIALux para que este realice los cálculos correspondientes.

Con el advenimiento de las computadoras y el software para cálculo de iluminación, la dificultad para obtener los valores de manera manual, prácticamente desapareció y hoy en día, todos los cálculos comerciales se realizan a través de software especializado. Así mismo, se puede incrementar el número de puntos considerados, pues los 9 del método europeo son un límite de aproximación.

La iluminancia horizontal en un punto se calcula a partir de la siguiente fórmula u otra matemáticamente equivalente:

$$Eh = \frac{\sum I(c\gamma) \cos^3(\gamma\phi FM)}{H^2}$$

En donde

Eh = luminancia horizontal mantenida en el punto, en luxes. Indica la sumatoria de la contribución de todas las luminarias.

$I(c, \gamma)$ = intensidad en cd/klm emitida por la luminaria en la dirección del punto; ángulo de incidencia de la luz en el punto.

H = altura de montaje en m de la luminaria.

ϕ = Flujo luminoso inicial en klm de la bombilla o bombillas de la luminaria.

FM = Factor de mantenimiento.

Resultados vía principal. Ya simulado se obtienen los datos correspondientes a la misma, en la tabla 18 se observan los resultados para la vía principal y en la tabla 3.6 los resultados de la vía peatonal.

Tabla 18. Valores vía principal

	Lm[cd/m2]	U0	UI	TI[%]	EIR
Valor calculado	0.81	0.51	0.91	9.91	0.34
Valor RETILAP	0.8	0.4	0.6	15	0.3
Dictamen	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Tabla 19. Valores vía peatonal

	Em[lx]	Emin[lx]
Valor calculado	6.92	1.8
valor RETILAP	5	1
Dictamen	Cumple	Cumple

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Cálculo transformador.

Una vez realizada la simulación y ya teniendo las diferentes ubicaciones de las luminarias (ver Apéndice A Y B) se procede a calcular los transformadores siguiendo las normas CENS.

Demanda máxima diversificada. Para la determinación de la demanda máxima diversificada en viviendas multifamiliares o grupos de viviendas que permita calcular la capacidad de un transformador, una acometida o un alimentador, se realizará de acuerdo con los cuadros o métodos descritos en el numeral 2.10 y cuadro “Normas para el diseño y construcción de sistemas de distribución” de CENS, así:

$$D_{\text{máx div}} = \left\{ \frac{1}{A * N + B} + C \right\} * N$$

Dónde:

N = Número de usuarios residenciales. Las diferentes constantes toman los siguientes valores, según el nivel de consumo.

El número de usuarios están descritos en los planos existentes arquitectónicos.

Se va a realizar el ejemplo con el cálculo del transformador número 2, teniendo en cuenta que para el municipio de Nuevo Gramalote es nivel de consumo 3, y el transformador uno es de uso exclusivo del estadio. En la tabla 3.7 se observan los valores de las constantes A, B, C para el nivel de consumo 3.

Tabla 20. Constantes para diversificación carga

NIVEL DE CONSUMO	CONSTANTES		
	A	B	C
1	1,30	3,51	0,28
2	0,52	1,76	0,43
3	0,70	0,42	0,49
4	0,40	0,25	0,72
5	0,41	0,22	1,17
6	0,21	0,14	1,82

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Realizando el cálculo de la demanda máxima diversificada para el Transformador.

Transformador 2

Número de usuarios= 52

$$D_{máxdiv} = \left(\frac{1}{(0.7 * 52) + 0.42} + 0.49 \right) * 52 = 26.40 \text{ kVA}$$

Realizando los cálculos para cada uno de los transformadores obtenemos:

Tabla 21. Cálculo demanda máxima diversificada

Nº TRANSFORMADOR	DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA (kVA)
2	26.4
3	25.42
4	15.72
5	12.66
6	28.36
7	25.91
8	13.65
9	25.42
10	21.5
11	38.17
12	16.1
13	21.99
14	17.08
15	21.5

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Demanda máxima proyectada.

$$D_{\text{m} \times \text{p} \times \text{y}} = (D_{\text{m} \times \text{d} \times \text{v}}) * (1.01)^N$$

Dónde:

$D_{\text{m} \times \text{p} \times \text{y}}$ = Demanda máxima proyectada

$D_{\text{m} \times \text{d} \times \text{v}}$ = Demanda máxima diversificada

Realizando el cálculo de la demanda máxima proyectada para el Transformador 2 como ejemplo:

Demanda Máxima Proyectada a 8 Años para el Transformador 2:

$$D_{\text{m} \times \text{p} \times \text{y}} = (D_{\text{m} \times \text{d} \times \text{v}}) * (1.01)^N$$

$$D_{\text{m} \times \text{p} \times \text{y}} = (26.40 \text{ kVA}) * (1.01)^8$$

$$D_{\text{máx proy}} = 28.59 \text{ kVA}$$

Realizando los cálculos para cada uno de los transformadores obtenemos los valores registrados en la tabla 21.

Tabla 22. Cálculos para cada uno de los transformadores

N° TRANSFORMADOR	DEMANDA MÁXIMA DIVERSIFICADA (kVA)
2	28.59
3	28.62
4	17.77
5	14.5
6	32.07
7	29.15
8	15.66
9	28.4
10	24.02
11	42.34
12	18.4
13	24.38
14	19.33
15	24.24

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

Cálculo demanda máxima y potencia por circuito. Para el cálculo de cada uno de los transformadores se tomará la demanda máxima proyectada a 8 años más las lámparas de alumbrado público asociadas a cada uno de estos:

$$D_{\text{máx proy}} = (D_{\text{máx div}}) * (1.01)^8 + (N_{\text{lámp A. P}} * P(\text{kVA}))$$

Realizando el cálculo del transformador N # 2 incluida las lámparas de alumbrado público de 75W (93.75 VA):

$$D_{\text{máx}} = (D_{\text{máx div}}) * (1.01)^N + (N_{\text{lámp A. P}} * P(\text{KVA}))$$

$$D_{\text{máx}} = 28.59 + (34 * 0.0488)$$

Realizando los cálculos para cada uno de los transformadores se registran los resultados en la tabla 3.10.

Tabla 23. Cálculos para cada uno de los transformadores

NIVEL DE CONSUMO	TRANSF.	USUARIOS	N°	KVA	KVA	KVA
	No.	No.	LAMP.	DIVERS	8 años + AP	TRAFO
3	2	51	34	26.4	30.2492	45
3	3	49	25	25.42	29.84	45
3	4	28	17	15.72	18.5996	30
3	5	23	18	12.66	15.3784	30
3	6	55	31	28.36	33.5828	45
3	7	50	25	25.91	30.37	45
3	8	25	20	13.65	16.636	30
3	9	49	20	25.42	29.376	45
3	10	41	17	21.5	24.8496	45
3	11	75	23	38.17	43.4624	75
3	12	30	22	16.1	19.4736	30
3	13	42	13	21.99	25.0144	45
3	14	32	19	17.08	20.2572	30
3	15	41	22	21.5	25.3136	45

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

El transformador 1 se reserva la siguiente capacidad de potencia teniendo en cuenta que, es equipamiento especial correspondiente al Estadio y los diseños no son objeto de este proyecto. Potencia 30kVA.

Estos equipamientos requieren diseños detallados acorde a su arquitectura y necesidades de carga, que estarán sujetos a tramites, revisión y aprobación por el Operador de Red CENS S.A. E.S.P. cuando se solicite el respectivo servicio de energía.

Cálculo de conductores y protecciones.

Para hallar el calibre del conductor y las protecciones se calcula la corriente teniendo en cuenta las luminarias por transformador y el factor de potencia que para este caso es 0.9, los resultados se ven reflejados en la tabla 3.11.

Tabla 24. Cuadro de cargas

TRANSFORMADOR	LUMINARIAS	POTENCIA (W)	FP	CORRIENTE	CALIBRE DEL CONDUCTOR	FACTOR DE PROTECCIÓN	PROTECCIÓN(A)
1	17	748	0.9	3.77777778	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	4.72222222	2x15
2	34	1496	0.9	7.55555556	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	9.44444444	2x15
3	25	1100	0.9	5.55555556	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	6.94444444	2x15
4	17	748	0.9	3.77777778	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	4.72222222	2x15
5	18	792	0.9	4	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	5	2x15
6	31	1364	0.9	6.88888889	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	8.61111111	2x15
7	25	1100	0.9	5.55555556	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	6.94444444	2x15
8	20	880	0.9	4.44444444	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	5.55555556	2x15

9	20	880	0.9	4.44444444	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	5.55555556	2x15
10	17	748	0.9	3.77777778	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	4.72222222	2x15
11	23	1012	0.9	5.11111111	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	6.38888889	2x15
12	22	968	0.9	4.88888889	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	6.11111111	2x15
13	13	572	0.9	2.88888889	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	3.61111111	2x15
14	19	836	0.9	4.22222222	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	5.27777778	2x15
15	22	968	0.9	4.88888889	Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG	6.11111111	2x15

Fuente: Ministerio de Minas y Energía., (2010)

El conductor Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG tiene una capacidad de 114 A según la tabla 25. La capacidad está sobredimensionada pero debido a que el cable trenzado con estas características y mayor calibre no está disponible en el mercado se utiliza este conductor.

Tabla 25. Resistencia nominal de corriente continua, reactancia inductiva y capacidad de corriente para cable de aluminio – AAAC.

NOMBRE CLAVE	CALIBRE (AWG, Kcmil)	Nº DE HILOS	R _{NCC} 20 °C (Ω/Km)	REACTANCIA INDUCTIVA (Ω/Km)	CAPACIDAD DE CORRIENTE (A)
-	6	7	2,52	0.3915	85
AKRON	30.58	7	2,16	0.3858	94
-	4	7	1,59	0.3740	114
ALTON	48.69	7	1,36	0.3682	126
-	2	7	0,996	0.3566	153
AMES	77.47	7	0,852	0.3507	168
-	1/0	7	0,626	0.3390	204
AZUSA	123.3	7	0,536	0.3332	225
-	2/0	7	0,497	0.3303	236
ANAHEIM	155.4	7	0.426	0.3245	260

Fuente Tomada de numeral 3.2.3.1.Características Eléctricas. Norma CENS

Para el cálculo del conductor desde la luminaria al cable trenzado:

$$I = \frac{44W}{0.9 * 220V} = 0.22 A$$

El calibre del conductor de cable trenzado triplex a la luminaria es un cable encauchetado 3X12AWG.

Análisis de corto circuito en el punto de conexión más lejano.

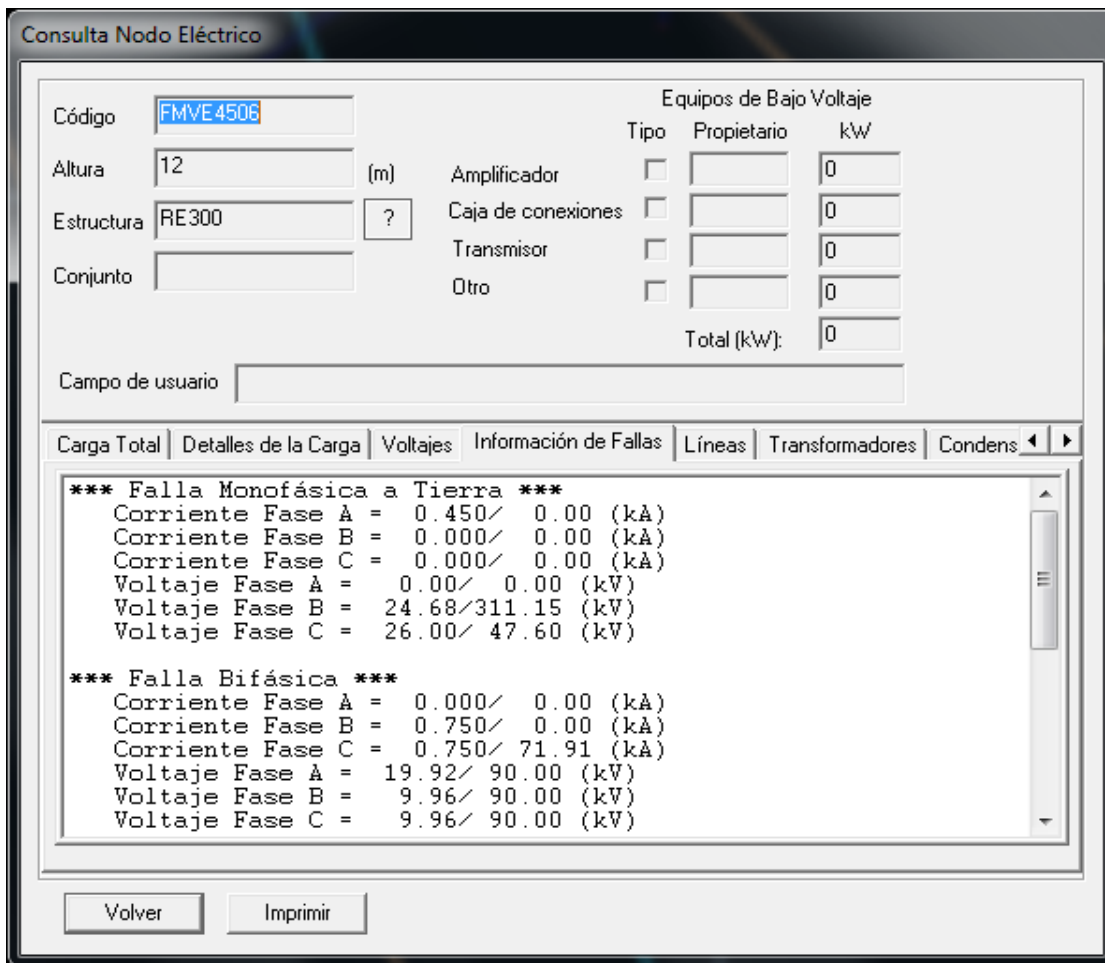
Corriente de cortocircuito celda belc 36. El municipio de Nuevo Gramalote se Conectara a la red de CENS por medio de la línea de 34.5 kV llamada BELC 36 en las coordenadas:

X=1140628

Y=1366146

La corriente de cortocircuito en este punto se muestra en las imágenes 14 y 15.

Figura 14. Corrientes de corto circuito. Falla monofásica a tierra y falla bifásica.



Fuente: SOFTWARE SPARD CENS, 2016

Figura 15. Corrientes de cortocircuito. Falla Bifásica a tierra y Falla trifásica balanceada

Consulta Nodo Eléctrico

Código:

Altura: (m)

Estructura: ?

Conjunto:

Campo de usuario:

Equipos de Bajo Voltaje

Tipo	Propietario	kW
<input type="checkbox"/> Amplificador	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Caja de conexiones	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Transmisor	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Otro	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
Total (kW):		<input type="text" value="0"/>

Carga Total | Detalles de la Carga | Voltajes | Información de Fallas | Líneas | Transformadores | Condens

```

*** Falla Bifásica a Tierra ***
Corriente Fase A = 0.000/ 0.00 (kA)
Corriente Fase B = 0.760/ 61.48 (kA)
Corriente Fase C = 0.730/ 85.03 (kA)
Voltaje Fase A = 25.74/270.02 (kV)
Voltaje Fase B = 0.00/ 0.00 (kV)
Voltaje Fase C = 0.00/ 0.00 (kV)

*** Falla Trifásica Balanceada ***
Corriente Fase A = 0.840/342.94 (kA)
Corriente Fase B = 0.840/ 42.94 (kA)
Corriente Fase C = 0.840/282.94 (kA)
Voltaje Fase A = 0.00/ 0.00 (kV)
Voltaje Fase B = 0.00/ 0.00 (kV)
Voltaje Fase C = 0.00/ 0.00 (kV)

```

Volver Imprimir

Fuente: SOFTWARE SPARD CENS, 2016

Las corrientes de cortocircuito fueron suministradas a través de un software manejado por CENS llamado SPARD.

El transformador tiene los siguientes datos

Con la corriente de cortocircuito que me da CENS hallo la S_{cc} . El transformador es de 5MVA y su $E_{cc}=5\%$, Coeficiente de temperatura del aluminio: $0,004\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$

El transformador es de relación 34.5 kV /13.2 IV

Su valor de relación es 2.6126

Este valor lo multiplico por la corriente de corto para halla la ICC en las líneas de 13.8 kV

$$I_{cc} 13.2 = 0.840 * 2.6126$$

$$I_{cc} 13.2 = 2.19 \text{ KA}$$

Se calcula la potencia de corto

$$S_{cc} = V \times I_{cc}$$

$$S_{cc} = 13.2 \text{ kV} \times 2.19 \text{ kA} = 28.980 \text{ MVA}$$

$$Z_{red} = \frac{u^2}{S_{cc}}$$

$$Z_{red} = \frac{\frac{13.2 \text{ kV}^2}{\sqrt{3}}}{28.980 \text{ MVA}} = 2.004 \text{ Ohm}$$

Según la tabla 25 para un conductor 4/0

$$R_k = 0.346 \text{ (Ohm/Km)}$$

$$X_k = 0.103 \text{ (Ohm/Km)}$$

$$R(20^\circ\text{C}) = R(90^\circ\text{C})[1 + \alpha(20 - 90)] = 0.346 \times (1 + 0.004(-70)) = 0.24912 \text{ Ohm/Km}$$

La distancia al transformador 1 es 1.5 Km

$$Z_L = \sqrt{(R(20^\circ\text{C}) * L)^2 + (X * L)^2}$$

$$Z_L = \sqrt{(0.24912 * 1.5)^2 + (0.103 * 1.5)^2}$$

$$Z_L = 0.40435 \text{ Ohm}$$

La corriente de cortocircuito en el transformador

$$I_{cc} = \frac{\frac{13.2 \text{ kV}}{\sqrt{3}}}{0.40435 + 13.69} = 540.714 \text{ A}$$

Tabla 26. Corrientes de cortocircuito en los transformadores

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR kVA	Zred (Ohm)	Distancia Km	ZL (Ohm)	ICC (A)
1	2.004	1.5	0.404359979	3164.40236
2	2.004	1.8	0.485231974	3061.59493
3	2.004	1.9	0.512189306	3028.79437
4	2.004	2.9	0.781762626	2735.7033
5	2.004	0.8	0.215658655	3433.41981
6	2.004	2.2	0.593061302	2934.47829
7	2.004	2.9	0.781762626	2735.7033
8	2.004	1	0.269573319	3352.00098
9	2.004	1.4	0.377402647	3200.2232
10	2.004	2.1	0.56610397	2965.25747
11	2.004	2.5	0.673933298	2845.85878
12	2.004	2.8	0.754805294	2762.43489
13	2.004	1.6	0.431317311	3129.37454
14	2.004	2.3	0.620018634	2904.33151
15	2.004	1.3	0.350445315	3236.86431

Fuente: Elaboración propia

Corriente de cortocircuito de cada circuito de iluminación. Para realizar el cálculo de cortocircuito se tomaron en cuenta parámetros del transformador que alimenta cada uno de los circuitos dados a conocer el diseño de redes de baja tensión utilizamos el valor de la potencia, el voltaje con que suministra, la impedancia de este.

A su vez calculamos las impedancias de los conductores a utilizar, basándonos en sus calibres, longitudes, resistencias y reactancias y el factor de potencia con la que trabajaría el circuito.

Teniendo el valor del voltaje nominal y la impedancia equivalente calculamos la corriente corto circuito representada en las tablas siguientes.

Tabla 27. Resistencia eléctrica y reactancia inductiva.

Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables de Aluminio tipo Múltiplex para 600V a 60Hz. Instalación aérea autoportada				
Calibre AWG	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)		Reactancia inductiva X _L (ohm/km)	
	75°C	90°C	Triplex	Cuádruplex
4	1.666	1.748	0.103	0.116
2	1.048	1.100	0.098	0.112
1/0	0.659	0.692	0.095	0.109
2/0	0.523	0.549	0.093	0.107
3/0	0.415	0.436	0.091	0.105
4/0	0.329	0.346	0.090	0.103

Fuente: Catálogo CELSA, 2016

Según la tabla 26 el conductor es triplex 4AWG.

$$R_k = 1.66 \text{ (Ohm/Km)}$$

$$X_k = 0.103 \text{ (Ohm/Km)}$$

Para el cálculo de RL y XL se multiplica RK y XK por las respectivas distancia al punto más lejano en Km y los resultados se ven reflejados en la tabla 26.

$$RL = 0.364 \text{ Km} * 1.66 \frac{\Omega}{\text{Km}} = 0.60424 \Omega$$

$$XL = 0.364 \text{ Km} * 0.103 \frac{\Omega}{\text{Km}} = 0.03792 \Omega$$

Tabla 28. RL y XL del conductor según la longitud

PARÁMETROS DEL CONDUCTOR						
CIRCUITO	CALIBRE CONDUCTOR	LONGITUD (Km)	RK Ohm/Km	XK Ohm/Km	RL Ohm	XL Ohm
1	4 AWG	0.364	1.66	0.103	0.60424	0.037492
2	4 AWG	0.359	1.66	0.103	0.59594	0.036977
3	4 AWG	0.178	1.66	0.103	0.29548	0.018334
4	4 AWG	0.263	1.66	0.103	0.43658	0.027089
5	4 AWG	0.103	1.66	0.103	0.17098	0.010609
6	4 AWG	0.236	1.66	0.103	0.39176	0.024308
7	4 AWG	0.147	1.66	0.103	0.24402	0.015141
8	4 AWG	0.178	1.66	0.103	0.29548	0.018334
9	4 AWG	0.225	1.66	0.103	0.3735	0.023175
10	4 AWG	0.127	1.66	0.103	0.21082	0.013081
11	4 AWG	0.162	1.66	0.103	0.26892	0.016686
12	4 AWG	0.241	1.66	0.103	0.40006	0.024823
13	4 AWG	0.188	1.66	0.103	0.31208	0.019364
14	4 AWG	0.132	1.66	0.103	0.21912	0.013596
15	4 AWG	0.191	1.66	0.103	0.31706	0.019673

Fuente: Elaboración propia

Los parámetros de los transformadores de distinta capacidad como lo son los de 30kVA, 45kVA y 75 kVA y se encuentran en la tabla 27.

Tabla 29. Parámetros de transformador

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR kVA	ICC (A)	Zt=V/IK
1	3164.40236	0.0695234
2	3061.59493	0.07185797
3	3028.79437	0.07263616
4	2735.7033	0.08041808
5	3433.41981	0.06407606
6	2934.47829	0.07497074
7	2735.7033	0.08041808
8	3352.00098	0.06563244
9	3200.2232	0.06874521
10	2965.25747	0.07419255
11	2845.85878	0.07730531
12	2762.43489	0.07963989
13	3129.37454	0.07030159
14	2904.33151	0.07574893
15	3236.86431	0.06796701

Fuente: Elaboración propia

Se calcula los parámetros del transformador 1 como ejemplo y los resultados de los demás transformadores se encuentran en la tabla 30.

$$Z_c = R_L \cdot \cos \theta + X_L \cdot \sin \theta$$

$$Z_c = (0.60424 \cdot \cos (25.84)) + (0.037492 \cdot \sin (25.84)) = 0.560 \text{ Ohm}$$

El transformador uno es de 30kVA su $Z_t = 0.06952 \text{ Ohm}$

$$Z_{\text{equiv}} = Z_c + Z_t$$

$$Z_{\text{equiv}} = 0.560 + 0.08461538 = 0.6267 \text{ Ohm}$$

$$I_{cc} = V_n / Z_{\text{equiv}}$$

$$I_{cc} = 220V / 0.6446 \text{ Ohm} = 349.38 \text{ A}$$

Tabla 30. Zc, Zequiv, Icc para los transformadores

CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR kVA	Zc (Ohm)	Zt (Ohm)	Zequiv (Ohm)	ICC (A)
30	0.56015501	0.0695234	0.62967841	349.384698
45	1.49190563	0.07185797	1.5637636	140.686226
45	0.73971923	0.07263616	0.81235539	270.81743
30	1.09295594	0.08041808	1.17337402	187.493499
30	0.42803978	0.06407606	0.49211584	447.049219
45	0.98075134	0.07497074	1.05572208	208.388178
45	0.61089172	0.08041808	0.6913098	318.236485
30	0.73971923	0.06563244	0.80535167	273.172588
45	0.93503835	0.06874521	1.00378356	219.170755
45	0.5277772	0.07419255	0.60196975	365.466872
75	0.67322761	0.07730531	0.75053292	293.12505
30	1.00152997	0.07963989	1.08116986	203.483291
45	0.78127649	0.07030159	0.85157808	258.343898
30	0.54855583	0.07574893	0.62430476	352.391996
45	0.79374367	0.06796701	0.86171068	255.306107

Fuente: Elaboración propia

Sistema de protección de respaldo. No es necesario utilizar un sistema de protección de respaldo ya que para la protección principal se va a utilizar un termo magnético de 2x15 A 10KA 240V, y como ninguna corriente de cortocircuito supera su poder de corte no es necesario utilizar otra protección.

Diseño puesta a tierra

Para el diseño del sistema de puesta a tierra se utiliza un estudio para la investigación del suelo y estimar la resistividad del suelo, para así proceder con los respectivos cálculos.

Investigación del suelo. De acuerdo a la investigación realizada por el “proyecto de diseño urbano-paisajístico, estudios ambientales, modificación EOT y estudios y diseños de infraestructura para el nuevo casco urbano de Gramalote” (Fondo de adaptación., 2014).

El sector Miraflores se desarrolla sobre laderas de origen estructural (contrapendiente estructural) con pendientes menores de 25° en las unidades de areniscas cuarzosas, en condición de roca ligeramente meteorizada con el desarrollo de un horizonte de suelo residual arenoso y cuyos planos de estratificación muestran una inclinación de 25° (Fondo de adaptación., 2014).

Se trata de una componente de terreno de origen residual expuesta en la parte central lote por causa de los procesos de meteorización de los niveles de areniscas pobremente cementadas y con una disposición estructural casi horizontal. Se suelen exhibir un horizonte de suelos arenosos, donde las condiciones climáticas húmedas de la región han favorecido el desarrollado de un perfil de arenas de grano medio a fino, de alta permeabilidad (Fondo de adaptación., 2014).

Según estos datos podemos observar en la siguiente tabla 3.17 la resistividad promedio de un terreno arenoso húmedo como $\rho=200$ (Ωm).

Tabla 31. Resistividad de varios suelos.

Tipo de terreno	Resistividad del terreno ρ [Ωm]	
	Margen de valores	Valor medio
Terreno pantanoso	2 - 50	30
Barro mezclado con paja	2 - 200	40
Terreno fangoso y arcilloso, humus	20 - 260	100
Arena y terreno arenoso	50 - 3.000	200 (húmedo)
Turba	> 1.200	200
Grava (húmeda)	50 - 3.000	1.000 (húmedo)
Terreno pedregoso y rocoso	100 - 8.000	2.000
Hormigón: 1 parte de cemento + 3 partes de arena	50 - 300	150
1 parte de cemento + 5 partes de grava	100 - 8.000	400

Fuente: La resistividad del suelo en función de la frecuencia, (2010)

Cálculos para el diseño de puesta a tierra.

Duración de la falla (tf) y duración del choque (TS). El tiempo de despeje de la falla lo da el operador de red que en este caso es CENS EMP. Para este caso el valor de tiempo de despeje de la falla es el siguiente.

$$ts=0.35 \text{ s}$$

Resistividad del terreno

$$\rho=200 \text{ } (\Omega\text{m})$$

Espesor de la capa superficial.

$$hs=0.2 \text{ m}$$

Además la base a utilizar en el terreno es de concreto la cual será la capa superficial de nuestro SPT dando así el siguiente resultado.

$$\rho_s=2200 \text{ } (\Omega\text{m})$$

Factor de disminución de la capa superficial (cs)

$$Cs = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2hs + 0.09}$$

$$Cs = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{200}{2200})}{2(0.2) + 0.09}$$

$$Cs = 0.833$$

Tensiones de paso y de contacto. La seguridad de una persona depende de la prevención de cantidades críticas de energía de choque absorbidas por el cuerpo humano, antes de que la falla sea despejada y el sistema desenergizado. Los voltajes máximos tolerables por un cuerpo humano de 50 kg. De peso corporal, durante un circuito accidental no debe exceder los siguientes límites:

Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF

Tensión de paso límite tolerable por un cuerpo de 50 kg. De peso corporal:

$$Et_{50} = (1000 + 6C_s \rho_s) * \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

$$Et_{50} = (1000 + 6(0.833)(2200)) * \frac{0.116}{\sqrt{0.35}}$$

$$Et_{50} = 2352.04 V$$

Tensión de toque límite tolerable por un cuerpo de 50 kg. De peso corporal:

$$Et_{50} = (1000 + 1.5C_s \rho_s) * \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$$

$$Et_{50} = (1000 + 1.5(0.833)(2200)) * \frac{0.116}{\sqrt{0.35}}$$

$$Et_{50} = 735.06 V$$

$R_B = 1000\Omega \rightarrow$ Resistencia promedio del cuerpo humano.

$I_B = \frac{0.116}{\sqrt{t_s}}$ Corriente tolerable en función del tiempo por el cuerpo (A).

$6C_s \rho_s = 2R_f \rightarrow$ Resistencia a tierra de los 2 pies separados 1m en serie sobre la capa superficial.

$1.5C_s \rho_s = R_f / 2 \rightarrow$ Resistencia a tierra de los 2 pies juntos en serie sobre la capa superficial.

Resistencia de un conductor enterrado horizontalmente una profundidad H.

Se utiliza la siguiente ecuación:

$$R = \frac{\rho}{2\pi nL} * \ln \frac{h(2a + L)}{a(l + 2h)} + \frac{\rho}{2\pi n(L + 2h)} * \left(\ln \frac{4h + L}{2h} + \ln \frac{Dn + h + L}{Dn} \right)$$

- ρ = Resistividad del terreno
 L = Longitud pica en metros.
 a = Radio pica en metros.
 h = Profundidad de enterramiento
 Dn = Separación de cada pica
 n = Número de electrodos

Para hacer este cálculo se toma como referencia 2 picas con una distancia de 90 metros ya que el diseño está contemplado una pica cada e luminarias

El electrodo tiene las siguientes características:

- L = 2.4 metros.
 a = 0.127 metros.
 h = 1 metro
 Dn = 180 metros
 n = 3

$$R = \frac{200}{2\pi * 3 * (2.4)} * \ln \frac{1(2 * 0.127 + 2.4)}{0.127(2.4 + 2 * 1)} + \frac{200}{2\pi * 2 * (2.4 + 3 * 1)} * \left(\ln \frac{4 * 1 + 2.4}{2 * 1} + \ln \frac{180 + 1 + 2.4}{180} \right)$$

$$R = 9.72 \Omega$$

Tabla 32. Valores referencia de resistencia de puesta a tierra.

DESCRIPCIÓN.	NIVELES.	VALORES DE REFERENCIA DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA. (Ohmio Ω).
Estructuras de líneas de transmisión.	> 57,5 kV	20
Subestaciones de alta y extra alta tensión.	>57,5 kV	1
Subestaciones de media tensión.	1000 V-57,5 kV	10
Protección contra rayos.	Todos los niveles	10
Punto neutro de acometidas en baja tensión.	<1000 V	25
Redes para equipos electrónicos o sensibles	<1000 V	10

Fuente: Centrales Eléctricas del Norte de Santander, 2016

Según la norma CENS el valor máximo de la resistencia de puesta a tierra para este tipo de circuito es 10 Ω , Como se puede observar en la tabla 31.

Tratamiento del suelo para obtener resistividad más baja. Con frecuencia, es imposible obtener la reducción deseada de resistencia de tierra agregando más conductores o más varillas de tierra a la malla. Una solución alternativa es incrementar de manera efectiva el diámetro de los electrodos, modificando el suelo alrededor del electrodo. Los métodos más conocidos son los siguientes:

El uso de bentonita, una arcilla natural que contiene montmorillonita, que se formó por acción volcánica hace mucho tiempo, y es un elemento no corrosivo, estable y tiene una resistividad de 2.5 Ω -m al 300% de humedad. Es de naturaleza higroscópica.

El uso de sales como cloruro de sodio, magnesio y sulfatos de cobre, o cloruro de calcio, para incrementar la conductividad del suelo alrededor del electrodo. Pero estas sales emigran a otras áreas.

El uso de electrodos de tipo químico que constan de un tubo de cobre relleno de una sal. Los agujeros en el tubo permiten la entrada de humedad, disolver las sales y permitir que la solución de sal se filtre en la tierra.

Materiales artificiales de tierra, de baja resistividad colocados alrededor de las varillas y de los conductores en la zanja. En Colombia se conocen como Hidrosolta y Fabigel.

Electrodos revestidos de concreto, donde el concreto por ser un material higroscópico y que atrae la humedad, al ser enterrado en el suelo se comporta como un semiconductor mediano con resistividades de 30 a 90 Ω -m, pero facilita la corrosión.

El tratamiento que se va a utilizar en el municipio de Nuevo Gramalote es tierra artificial llamada Hidrosolta. Se utiliza 30 kilogramos por varilla para *disminuir la resistividad del terreno*.

Regulación y pérdidas de potencia.

Los límites de regulación según las normas CENS se encuentran en la tabla 32 el cual para alumbrado público son de 3%.

Tabla 33.Límites de regulación

Nivel de tensión	Área	Límites de regulación de tensión
Circuitos de baja tensión	Zona urbana	3%
	Zona Rural	3%
	Alumbrado público	3%
	Acometidas	2 %

Fuente: Centrales Eléctricas del Norte de Santander, (2016)

Para las pérdidas de potencia los límites están dados en la tabla 3.20 y son 4% para redes de baja tensión.

Tabla 34. Valores máximos de porcentajes de pérdidas de potencia

Componente.	Pérdidas de potencia.
Líneas de distribución (M.T).	1 %
Redes de baja tensión.	4 %
Transformadores.	De acuerdo a NTC 818, 819 y 1954- última actualización.

Fuente: Centrales Eléctricas del Norte de Santander, (2016)

$$\text{Regulación (\%)} = F_c \cdot \frac{k_G}{V_L^2} * M = F_c * K * M$$

Dónde:

F_c = Factor de corrección

M = Momento eléctrico = Potencia aparente (kVA) x Longitud del tramo (m)

$K = k_G/V_L^2$ = Constante de regulación de cable para distintos valores de Voltaje,

Según Norma CENS numeral 11.4.4.2

Para el cálculo de regulación se tiene en cuenta la siguiente fórmula:

$$\text{Regulación (\%)} = F_c \cdot \frac{k_G}{V_L^2} * M = F_c * K * M$$

Dónde:

F_c = Factor de corrección

M = Momento eléctrico = Potencia aparente (kVA) x Longitud del tramo (m)

$K = k_G/V_L^2$ = Constante de regulación de cable para distintos valores de Voltaje.

$$PL\% = \frac{r M}{V_L^2 \cos\phi} 100$$

En donde:

M = Momento eléctrico en kVA*m

R = Resistencia por unidad de longitud en Ohm/Km

V_L =Tensión de línea en voltios

ϕ = Ángulo del factor de potencia de la carga

En la tabla 34 se observa el valor de la constante KG para el calibre 4AWG.

Tabla 35. Constantes de regulación KG cable dúplex AAAC, AAC, ACSR B.T.

Calibre (AWG)	Constante KG para distintos factores de potencia		
	0,80	0,90	0,95
6	186.35	209.85	221.41
4	117.18	131.90	139.14
2	73.90	83.15	87.69
1/0	46.55	52.33	55.16
2/0	37.03	41.61	43.85
3/0	29.23	32.89	34.69
4/0	23.27	26.17	27.60

Fuente: Centrales Eléctricas del Norte de Santander, (2016)

Se utiliza la constante KG para cables dúplex ya que el tercer conductor es la tierra.

$KG=131.90$.

Tabla 36. Factores de corrección

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

Fuente: Centrales Eléctricas del Norte de Santander, (2016)

Para este caso tenemos la tabla 35 que muestra el factor de corrección según el tipo de subestaciones. Para este caso es una trifásica con tipo de red bifilar (FF)

$F_c=1.732$

Según la tabla 36 encontramos la resistencia del conductor el cual es:

$$R=1.59 (\Omega (\text{Km}))$$

Según Norma CENS capítulo 11 numeral 3.2.3.1. Características eléctricas

Los conductores seleccionados son los siguientes: Cable Trenzado triplex 2x4+1x4 AWG

En la tabla 37 se observan los resultados de regulación y pérdidas de potencia para todos los circuitos de alumbrado público.

Tabla 37. Regulación y pérdidas de potencia

TRANSFORMA DOR	CONDUC TOR	S (kVA)	LONGI TUD (m)	MOMEN TO(kVA- m)	KG	VL	FC	REGULACI ÓN	% PÉRDIDA
1	Trenzado triplex 2x4+1x4	0.83111	364	302.524	131.9	220	1.732	1.427932879	1.15287093
2	Trenzado triplex 2x4+1x5	1.66222	359	596.738	131.9	220	1.732	2.816636833	2.17817508
3	Trenzado triplex 2x4+1x6	1.22222	178	217.556	131.9	220	1.732	1.026874808	0.79410774
4	Trenzado triplex 2x4+1x7	0.83111	263.4	218.915	131.9	220	1.732	1.033289891	0.79906869
5	Trenzado triplex 2x4+1x8	0.88	103	90.64	131.9	220	1.732	0.427826044	0.33084848
6	Trenzado triplex 2x4+1x9	1.51556	236	357.671	131.9	220	1.732	1.688228336	1.30554882
7	Trenzado triplex 2x4+1x10	1.22222	147	179.667	131.9	220	1.732	0.848037061	0.65580808

8	Trenzado triplex 2x4+1x11	0.97778	178	174.044	131.9	220	1.732	0.821499846	0.6352862
9	Trenzado triplex 2x4+1x12	0.97778	225	220	131.9	220	1.732	1.038412727	0.8030303
10	Trenzado triplex 2x4+1x13	0.83111	127	105.551	131.9	220	1.732	0.498207351	0.38527609
11	Trenzado triplex 2x4+1x14	1.12444	162	182.16	131.9	220	1.732	0.859805738	0.66490909
12	Trenzado triplex 2x4+1x15	1.07556	241	259.209	131.9	220	1.732	1.223480951	0.94614815
13	Trenzado triplex 2x4+1x16	0.63556	188	119.484	131.9	220	1.732	0.56397349	0.43613468
14	Trenzado triplex 2x4+1x17	0.92889	132	122.613	131.9	220	1.732	0.578742027	0.44755556
15	Trenzado triplex 2x4+1x18	1.07556	191	205.431	131.9	220	1.732	0.969646729	0.74985185

Fuente: Elaboración propia

Memoria descriptiva

En esta memoria se describen todos los elementos utilizados en el proyecto de alumbrado público para el municipio de Nuevo Gramalote.

Objeto.

El objetivo del alumbrado público es permitir el desplazamiento de peatones y el movimiento de vehículos de una vía en horas de la noche con la mayor seguridad y comodidad, como si lo hicieran durante el día, proporcionando las condiciones visuales necesarias para el movimiento rápido y fácil. Debe permitir visualizar todo obstáculo, señalización, vehículo en desplazamiento, así como también la geometría de la vía, es decir, sus bordes, curvas, aceras, separadores, desviaciones, de tal forma que el conductor o peatón pueda reaccionar con tiempo.

La comodidad de un sistema de alumbrado depende del patrón de luminancia, de su uniformidad, del nivel de iluminación, del grado de deslumbramiento directo (de las fuentes) o indirecto (objetos brillantes sobre la calzada), de la disposición y de la naturaleza de las fuentes luminosas, debe ser tenido en cuenta también el color de la luminaria por esta razón es necesario escoger bien estos criterios de tal manera que reduzcan al mínimo la tensión nerviosa de los usuarios de la vía.

Ubicación.

El nuevo casco urbano del Municipio de Gramalote estará asentado en la actual Vereda Miraflores en la subregión Centro Norte del Departamento de Norte de Santander, limita al norte con los municipios de El Zulia, Sardinata, y Lourdes; al sur con el Municipio de Salazar; al oriente con el municipio de Santiago y al occidente con los municipios de Lourdes y Villa caro, como se observa en la figura 16.

El sector Miraflores se localiza al NNE de la antigua cabecera municipal de Gramalote, entre las coordenadas Norte: 1.367.000 - 1.368.000 y Este: 1.141.500 - 1142.750 (CPO Bogotá), cubriendo una superficie de 148 Ha, de las cuales 114.56 Ha fueron dispuestas para la reubicación de la cabecera municipal.

Se encuentra entre 1400 y 1500 msnm, sobre un terreno ondulado con predominio de pendientes entre los 12% y 25%. En el sector ocurren drenajes secundarios en dirección NESW (quebradas Los Apios, Trinidad, Cristalina y La Chuspa), afluentes de la quebrada Miraflores la cual representa el drenaje de mayor importancia como corriente receptora de vertimientos.

Figura 16. Ubicación Nuevo Gramalote



Fuente: SOFTWARE MAP SERVER CENS, 2016

Descripción zona a iluminar.

La zona del municipio de NUEVO GRAMALOTE se divide en una vía principal Tipo M4, según tabla 510.3.1 RETIPAP su ancho es de 7 metros y las zonas urbanas exclusivamente peatonales P4 según tabla 510.3.2. RETILAP, de ancho 3 metros y algunas zonas de parqueo pequeñas.

Tipo.

Será un Tipo de Servicio para un nivel de consumo 3 urbano.

Número de usuarios

La cantidad de usuarios a atender en este proyecto es de (592) quinientos noventa y dos usuarios repartidos de la siguiente forma mostrada en la tabla 38.

El municipio de Nuevo Gramalote tiene una factibilidad de 2000 kVA aprobada, como se puede observar en la figura 17.

Tabla 38. Número de usuarios

Transformador No. 1		Transformador No. 6		Transformador No. 11	
1	Estadio	55	Vivienda estrato 3	75	Vivienda estrato 3
Transformador No. 2		Transformador No. 7		Transformador No. 12	
51	Vivienda estrato 3	50	Vivienda estrato 3	30	Vivienda estrato 3
Transformador No. 3		Transformador No. 8		Transformador No. 13	
49	Vivienda estrato 3	25	Vivienda estrato 3	42	Vivienda estrato 3
Transformador No. 4		Transformador No. 9		Transformador No. 14	
28	Vivienda estrato 3	49	Vivienda estrato 3	32	Vivienda estrato 3
Transformador No. 5		Transformador No. 10		Transformador No. 15	
23	Vivienda estrato 3	41	Vivienda estrato 3	41	Vivienda estrato 3

Fuente: Elaboracion propia

Figura 17. Factibilidad aprobada

DATOS DEL PREDIO
 Dirección : MUNICIPIO NUEVO GRAMALOTE VDA MIRAFLORES, GRAMALOTE, GRAMALOTE
 Proyecto : DISEÑO ELECTRICO PROYECTO NUEVO GRAMALOTE
 Comercializador de Energia : CENS S.A. E.S.P.

DATOS DEL PROPIETARIO
 Dirección : CLL 72 7-64 PISO 10 BOGOTA D.C, GRAMALOTE, GRAMALOTE
 Propietario : FONDO DE ADAPTACION MUNICIPIO GRAMALOTE, Documento : 890501404-1
 Correo Electrónico : LUISCARRILLO05@YAHOO.ES, Numero de Contacto : 5763322.

ESPECIFICACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO
 Potencia Máxima Aprobada : 2000kVA Nivel Tensión Punto de Conexión (A) : NIVEL 2(13.2kV)
 Conexión a Subestación : SALAZAR Celda : SALC3
 Tipo de Conexión : TRIFASICO FFF Construir Red de Media Tensión : AEREA
 Construir Acometida Media Tensión : -****- Instalar Subestación Tipo : Interior
 Cantidad de Transformadores : -****-
 Cuentas Aprobadas :Residencial [2,000] TOTAL [2,000]
 Ampliaciones Aprobadas : TOTAL [0]
 Presentar : PROYECTO, Compra de Bien Futuro : SI
 Revisó en Terreno : LUIS JAVIER LAGUADO CORREDOR Fecha : 03/02/2016

Fuente: CENS, 2016

Características de la carga.

En general la carga que alimentará estos transformadores corresponde alumbrado público a 220 V.

Instalación eléctrica.

Circuito alimentador.

Este proyecto será alimentado mediante la red de propiedad de Centrales Eléctricas del Norte de Santander de la siguiente manera:

Actualmente existe disponibilidad de servicio de energía en Media Tensión para el Nuevo Casco Urbano del Municipio de Gramalote a través de la Celda BELC36 Subestación Belén por 34.5 kV.

Se ubicara para la distribución del servicio de energía, una subestación eléctrica receptora a la intemperie (tipo patio) de 5 MVA relación de 34.5 kV a 13.2 kV.

Esta subestación eléctrica receptora, será construida por el Operador de Red Centrales Eléctricas del Norte de Santander en un espacio aproximado de 900 m² a un costado de la vía principal de acceso al casco urbano de manera tal que permita la interconexión con la red eléctrica de alta tensión existente, garantizar las condiciones de operatividad y mantenimiento y abastecer del servicio de energía el área rural y los municipios vecinos de Lourdes y Villa caro como se hacía anteriormente en el antiguo Municipio de Gramalote.

Subestaciones

Teniendo en cuenta, que la red de media tensión será de tipo aéreo y subterráneo, existirán subestaciones tipo Aéreas con transformadores convencionales trifásicos y subestaciones tipo PAD MOUNTED trifásicas, distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 39. Subestaciones

Subestación Aérea de 30 kVA	6
Subestación Aérea de 45 kVA	8
Subestación Aérea de 75 kVA	1
TOTAL SUBESTACIONES	15

Fuente: Elaboración propia

Estas subestaciones tendrán las siguientes características y respectivos accesorios:

Características de los transformadores

Conexión:	DYn5
Tensión:	13200/240-120 V
Icc:	25 KA
BIL:	95 KV
Uz:	3,0%

Normas.

Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP

Reglamento técnico de instalaciones eléctricas - RETIE.

Código eléctrico colombiano. (NTC 2050).

Normas para el diseño y construcción de redes de distribución. CENS, San José de Cúcuta.

Resolución CREG 123 de 2011.

Ley 2424 de 2006 por el cual se regula la prestación del servicio de alumbrado público.

La ley 697 de 2001, declara que el uso racional y eficiente de la energía es un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional.

Resolución CREG-043-95.

Redes de alumbrado público.

Conductores.


Las redes de alumbrado público fueron diseñadas en cable trenzado triplex N° 2 X 4 + 1 X 4 AWG AAAC XLPE 600 V instaladas sobre la posteria de la red eléctrica en baja tensión cuando está sea de tipo aéreo.

Luminarias. Las luminarias para alumbrado público con tecnología LED diseñadas serán Marca SCHRÉDER LED de 44W TECEO 1 IP 66, las características se muestran en las figuras 18, 19, y 20.

Las luminarias con tecnología LED además de tener una vida útil más prolongada evitan costos por mantenimiento y trae altos beneficios al Municipio de Gramalote debido a que se reducen notablemente el consumo energético que se ven reflejados en recibos de energía más bajos.

La disposición de la portería será instalada de manera tal que permita que el servicio de alumbrado público sea adecuado, eficiente y óptimo.

Figura 18. Características luminaria TECEO


TECEO 1

Rendimiento fotométrico optimizado con mínimo coste inicial para la propiedad

Descripción

TECEO OFRECE UN COSTE OPTIMIZADO PARA ALUMBRADO DE CALLES Y CARRETERAS GRACIAS A SUS ELEVADAS PRESTACIONES FOTOMETRICAS Y AHORROS ENERGETICOS

- ▶ Altura 4m - 12m
- ▶ Ahorros energéticos y costes de mantenimiento maximizados
- ▶ Motor fotométrico LensoFlex2® que ofrece un alto rendimiento fotométrico, confort y seguridad
- ▶ Motor fotométrico LensoFlex2® con flexibilidad en combinaciones de módulos LED
- ▶ FutureProof
- ▶ ThermiX®
- ▶ Materiales duraderos y reciclables

Descripción

Luminaria LED hermética disponible en dos tamaños, TECEO, compuesta por un protector de vidrio extraclearo y un cuerpo de aluminio donde se ubica el bloque óptico (IP66) compuesto por 16-24-32-40 o 48LED en la versión pequeña, y 56-64-72-80-88-96-104-112-120-128-136 o 144 LEDs de alto flujo luminoso blanco neutro y el compartimento de auxiliares (IP66), ambos independientes y accesibles in situ, lo cual permite el sistema Futureproof de actualización a lo largo del tiempo. Diseño compacto gracias a la tecnología LED con alturas de montaje de 4 a 10m (según versión y corriente de funcionamiento), tanto en posición vertical como horizontal (ajustable in situ). Diferentes ópticas disponibles para ofrecer la solución óptima a cada aplicación (funcional o urbana). Dispone de un sistema de protección contra sobretensiones de hasta 10KV. Aplicación: Grandes áreas, Carriles bici

Altura de instalación recomendada: entre 4m y 12m

Pintura: Poliéster electrodepositado en polvo

Color: AKZO o RAL

TECEO 1 - Tu configuración:

Reflector: 5137

Protector: Glass Extra Clear Flat Smooth

Fuente de luz: 40 LEDs 350mA NW

Reglaje: - 324582

Dimensiones: Ancho: 318 Alto: 113 Longitud: 607 Peso: 9,6

Características mecánicas y eléctricas: IP: IP66 IK: IK08 Clase eléctrica: Class II, Class I




Diagrama polar

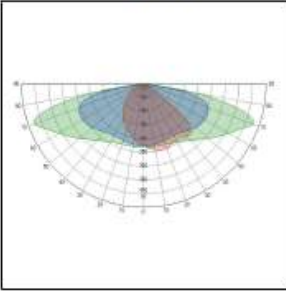
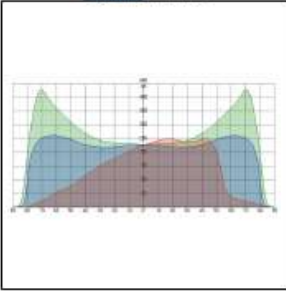


Diagrama cartesiano



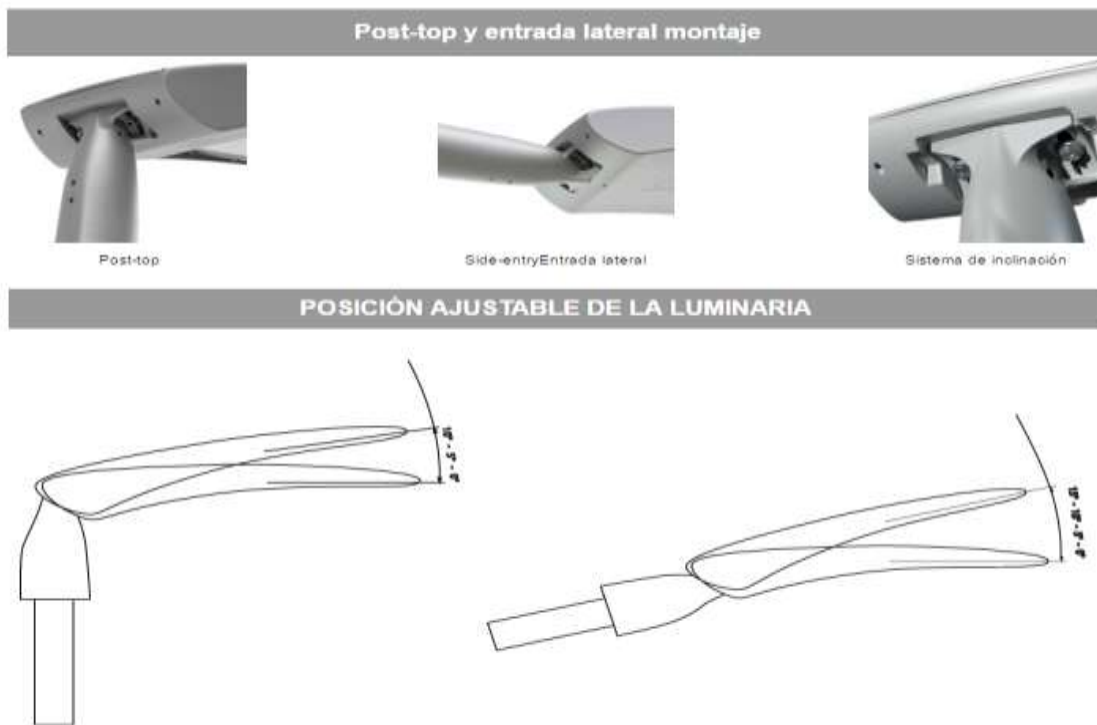
Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO 6, 2016

Figura 19. Características luminaria TECEO

 <p>TECEO</p> <p>Diseño: Michel Tortel</p>	Grado de hermeticidad			
	Bloque óptico		IP 66 (*)	
	Auxiliares eléctricos		IP 66 (*)	
	Resistencia a los impactos		Vidrio	IK 08 (**)
	Resistencia aerodinámica (CxS)		Teceo 1	0.060 m²
		Teceo 2	0.064 m²	
	Tensión nominal			230 V - 50 Hz
	Clase eléctrica			I ó II (*)
	(*) según IEC - EN 60598 - (**) según IEC - EN 62262			
	Peso		Teceo 1	9,6 kg
	Teceo 2	17,5 kg		
Materiales				
Cuerpo + raqueta			Aluminio inyectado	
Protector			Vidrio plano extra-transparente	
Color			Gris claro AKZO 150 enarenado	

Fuente: Catalogo Schreder Colombia, 2016

Figura 20. Instalación luminaria TECEO



Fuente: Catalogo Schreder Colombia, 2016

Disposición de los puntos de luz. Considerando la relación entre la anchura de las calzadas y la altura de los puntos de luz se ha previsto una disposición a solo una cara del vial.

Se utilizaran apoyos de 8 metros, pero debido a que la norma CENS en su numeral 3.8.5.APOYOS, nos indica la siguiente fórmula para el empotramiento del apoyo.

$$H = (0.1) H + 0.6 \text{ (m)}$$

$$H = 8 * (0.1) + 0.6 = 1.4 \text{ metros}$$

Restando la distancia de empotramiento la altura del apoyo es 6.6 metros.

El brazo a utilizar nos ayuda a dar una altura de 1.1 metro, para llegar a una altura de 7.7 metros el punto de luz.

Soportes puntos de luz. Se utilizaran postes de 8 metros x 750 Kg de concreto , en caso que se utilice un poste de M.T se utilizan de 12 metros x 1050 Kg de concreto .

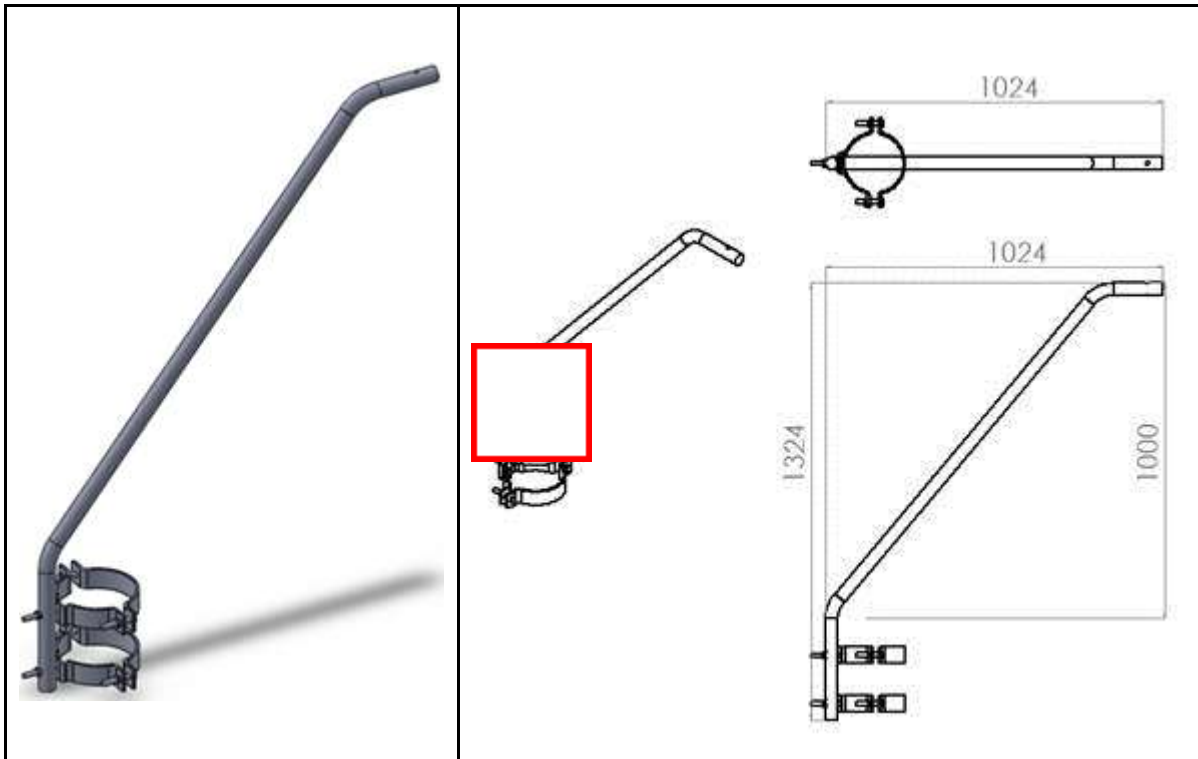
El brazo de A.P tendrá las siguientes características según sea el poste de B.T o M.T,

Las características se muestran en las figuras 21 y 22.

Brazo metálico galvanizado 1 ½" con abrazadera 4-6" para alumbrado público

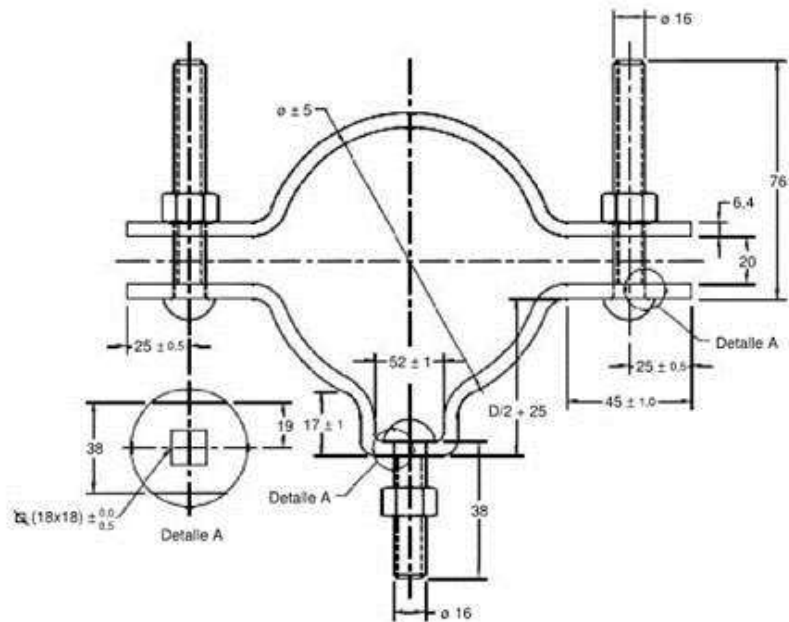
Brazo metálico galvanizado 1 ½" con abrazadera 6-8" para alumbrado público

Figura 21. Brazo metálico



Fuente: Catalogo de Materiales Cens, 2016

Figura 22. Detalle de brazo metálico



Fuente: Catalogo de Materiales Cens, 2016

Controles. Los circuitos de alumbrado público dispondrán para su operación, de un dispositivo de fotocontrol independiente para cada Luminaria, que le permita su operación, a partir de las variaciones de la iluminación exterior del medio ambiente. Las celdas fotoeléctricas deben conectar la carga entre niveles de iluminación de 3 a 20 luxes, el fotocotrol se observa en la figura 23.

Las celdas fotoeléctricas deben ser tipo electromagnéticas o electrónico, multi-tensiones con tensión nominal para la conexión del circuito de mando de 120 a 277 voltios, rango de tensión de 105 a 285 voltios, con capacidad de carga (resistiva o inductiva) de 1.000 Vatios (1.800 VA). Para control individual se requiere contactos normalmente cerrados (NC) Grado de protección IP > 54.

Fabricadas en material plástico, resistente a la acción de los rayos ultravioletas, que no sufra ningún deterioro o decoloramiento durante su vida útil. Deben tener marcado en forma permanente, como mínimo información del fabricante, tensión nominal a aplicar en el circuito de mando, potencia activa y aparente de la carga, indicación de norte para su orientación, dirección de instalación y remoción.

Cada luminaria lleva su dispositivo de control independiente.

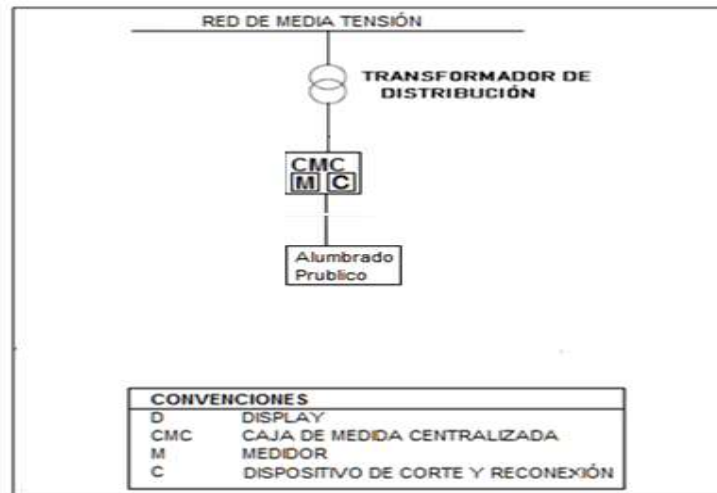
Figura 23. Fotocelda



Fuente: Catalogo Cens, 2016

Equipo de medida. El dispositivo de medición está alojado en una caja de medida centralizada ubicada en el poste, como se puede observar en la figura 24.

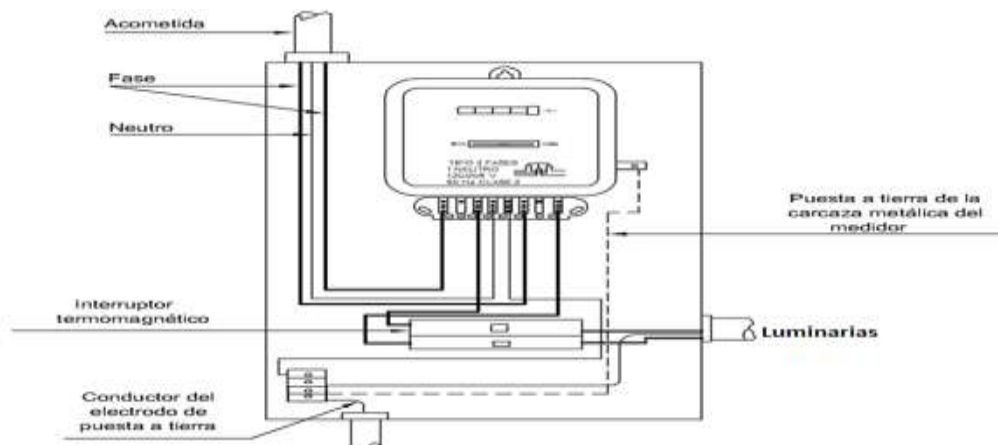
Figura 24. Medición de A.P



Fuente: Elaboración propia

El medidor a usar en cada circuito de iluminación es un **medidor electrónico 2f 3h 120/208 v ≤15 (60) a clase 2.0 con terminal individual de lectura (til)**, como se muestra en la figura 25.

Figura 25. Esquema conexión medidor Bifásico clase 2.



Fuente: http://ikinormas.micodensa.com/Norma/acometidas_medidores/acometidas_electricas/ae2031_acometida_esquema_conexion_caja_medidor

Interruptores control alumbrado. Los interruptores sencillos serán de tipo de incrustar, apropiados para instalaciones con corriente alterna, con una capacidad de 15 Amp. 10kA 240 V de contacto permanente, dos posiciones con terminales de tornillo para recibir alambres de cobre de calibres No 12 con herrajes, tornillos y placa exterior. Como se observa en la figura 4.6 .Se deben conectar únicamente al conductor activo. Los interruptores dobles, triples, conmutables y dobles conmutables deberán tener características similares a las anteriores y cumplir con el artículo 380 del Código Eléctrico Colombiano, y el RETIE.

Figura 26. Interruptor termo magnético 2x15 A



Fuente: <http://pylimportaciones.com/productos-marcas-categorias.php?idmar=10&idsub=54>

Sistema de puesta a tierra. Se construirá un sistema de puesta a tierra, conformado por un Electrodo de 5/8" x 2.4 m instalado a no más de un (1) metro de distancia del pie del poste del transformador.

El bajante a tierra se protegerá con un tubo conduit metálico galvanizado de 1/2" hasta una altura de 3 metros sobre el nivel del terreno, fijado al poste con dos amarres de cinta de acero inoxidable bandi 3/4" con su respectiva hebilla.

Este sistema de puesta a tierra debe ser inspeccionable por lo que debe contar con su respectiva caja de inspección (0.3 x 0.3 m si es cuadrada ó 30 cm de diámetro si es circular, con su tapa removible). En general cumplirá con los requisitos señalados en los artículos 15.2 y 15.3 del RETIE.

De igual manera, en el sitio previsto para la instalación del medidor de energía será necesario aterrizar el medidor y la caja del mismo con un conductor en cable de cobre N° 8 AWG THHN al sistema de puesta a tierra instalada.

Para tener en cuenta:

No se permitirá empalmes de ninguna clase en los cables de puesta a tierra.

La lectura promedio de la resistividad de la puesta a tierra debe ser inferior a 10 ohmios.

La continuidad e integridad del sistema de puesta a tierra deberán ser aseguradas teniendo en cuenta el esfuerzo térmico y mecánico causado por la corriente que este va a transportar en caso de falla.

La conexión de cada uno de los bajantes con el electrodo de puesta a tierra, bajo el nivel del suelo, deben ser realizada mediante soldadura exotérmica o conector certificado para enterramiento y demás condiciones de uso conforme a la guía norma IEEE 837 o la norma NTC 2206.

Cada una de las partes metálicas que forman parte del sistema eléctrico como, tablero de acometidas, ductos, cajas, etc., deben ser conectadas sólidamente al conductor de tierra mediante conector terminal y un conductor de cobre N° 8 AWG THHN y apantallamiento de la estructura metálica rígida.

Sistema de protección y control.

Para el sistema de protección y control se utiliza el CIRLAMP en el cual se puede detectar las anomalías en la luminaria, como por ejemplo, luminaria fundida, parpadeo de la lámpara, condensador abierto, o controlar el tiempo de vida de cada lámpara, lo que asegura el correcto mantenimiento de las instalaciones. En cuanto el sistema **CirLAMP** detecta una incidencia, envía un correo electrónico con información detallada. Se pide observar su funcionamiento en la figura 27.

Para un control del mantenimiento de las luminarias, el **CirLAMP Manager** dispone de:

Comunicación PLC en CENELEC Banda B con sistema DCSK.

Gestión de los puntos de luz mediante acceso por localización.

Aplicación CirLAMP NODE Location

Posibilidad de envío de correos electrónicos ante detección de fallos o incidencias.

Gestión de tareas y órdenes de configuración a los **CirLAMP Nodos**.

Lectura periódica de estado de alarmas, tensiones y potencias.

Histórico de eventos en memoria.

Posibilidad de descarga automática de ficheros de eventos.

Gestión de alarmas y control de eventos externos mediante el módulo de entradas y salidas. (**M8180** Módulo de expansión).

Este sistema es opcional ya que su costo es alto y su presupuesto se puede observar en el Apéndice D.

Figura 27. Sistema de protección y control



Fuente: Manual de instrucciones, sistema de gestión de alumbrado público, CIRCUTOR, sistema CIRLAMP, M029B01-01-15B, (2015)

Capítulo IV

Simulación

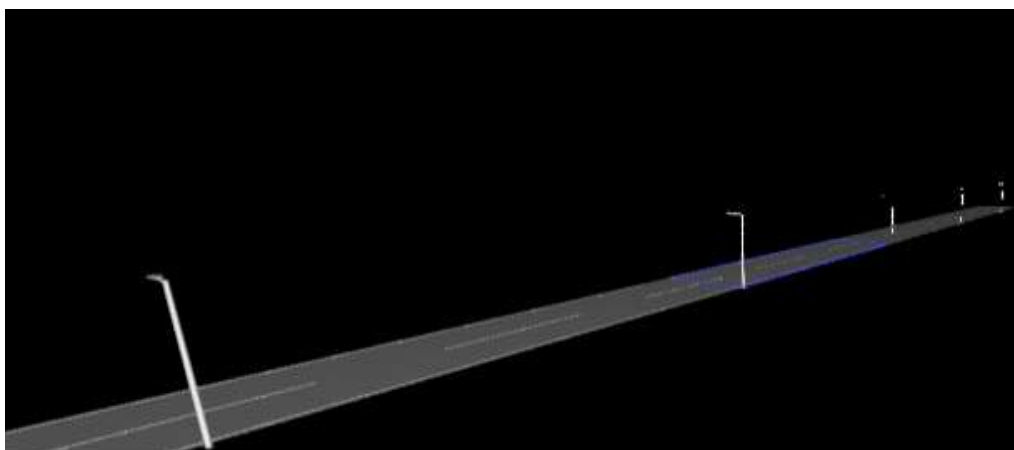
Para esta simulación se divide en dos partes principales una la vía vehicular y la otra las vías peatonales, las cuales se subdividen en manzanas para facilitar la simulación.

Los resultados de isocintas, luminancia etc se encuentran en los anexos como parte de la simulación individual de la vía vehicular y principal.

Simulación vía principal DIALUX

Vista en 3D. La simulación en la vía vehicular se encuentra en 3D en la figura 27.

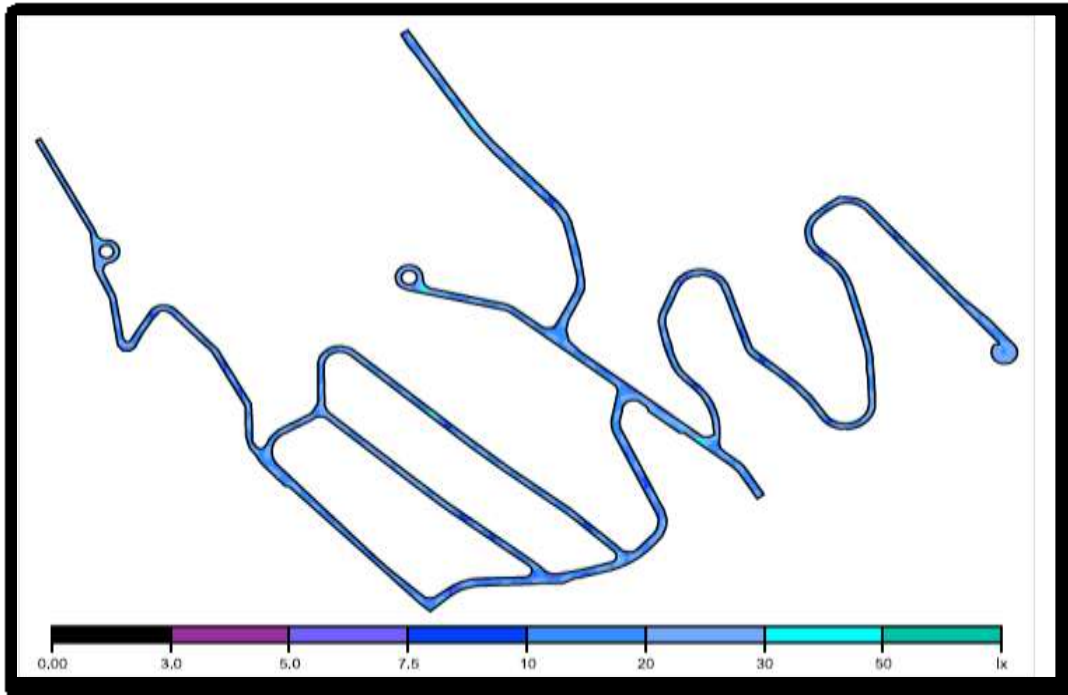
Figura 28. Vista luminarias vía principal en 3D



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Intensidad lumínica. Se puede observar en la figura 28 que en la vía principal no se presenta efecto cebra y sus luminarias estas distribuidas de manera uniforme para permitir esto.

Figura 29. Intensidad lumínica perpendicular



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Simulación vías peatonales dialux.

Para facilitar la simulación se dividió las manzanas peatonales en 11 sectores y estas mismas en subsectores dependiendo de la longitud para realizar las simulaciones, las manzanas se le dieron los siguientes nombres:

A	B	C	D	E
F	G	H	I	J
K				

Los valores se comparan con la Tabla 2.9 Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal.

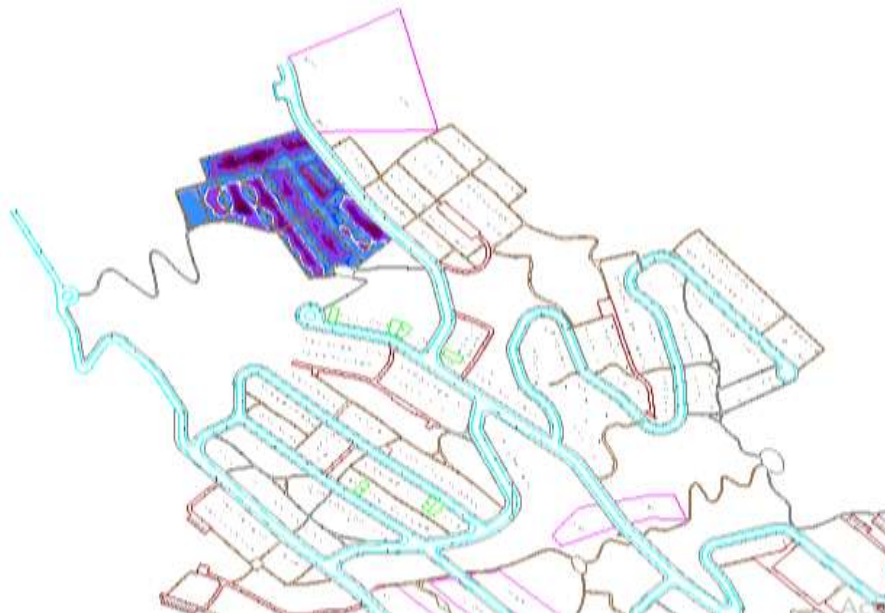
Manzana A. La manzana A se divide en 4 partes donde en cada uno de estas cumple con los requisitos mínimos del RETILAP como se observa en la tabla 40 y en la figura 30 se observa la ubicación de esta manzana en el municipio de Nuevo Gramalote, y en la imagen 6.4 se muestra la simulación de la manzana A verificando la no existencia de efecto cebra y su intensidad lumínica.

Tabla 40. Resultados manzana A

MANZANA A					
ILUMINACIÓN HORIZONTAL (LUXES)					
LOTE	VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR PROMEDIO RETILAP	VALOR MÍNIMO RETILAP	CUMPLE
1	8.8	1.6	5	1	SI
2	8.5	1.6	5	1	SI
3	8.4	1.28	5	1	SI
4	8.3	2.5	5	1	SI

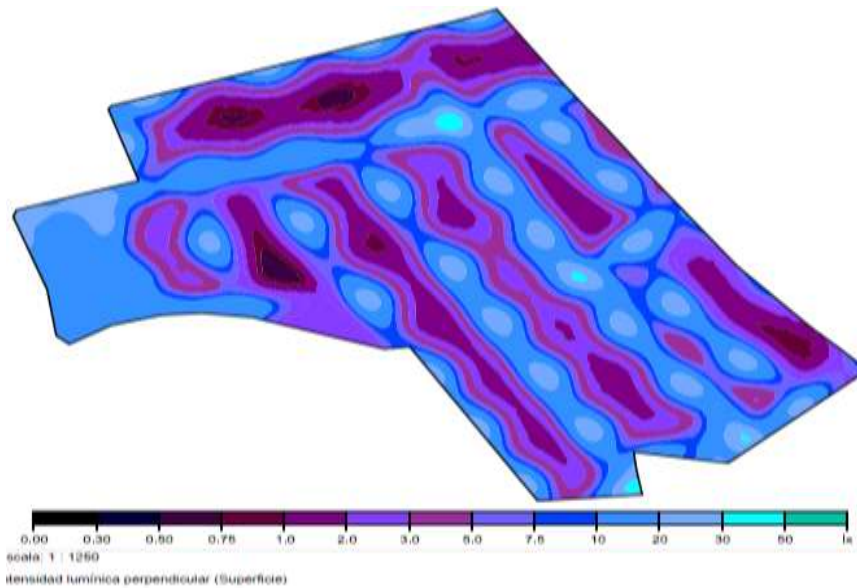
Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Figura 30. Ubicación manzana A



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Figura 31. Intensidad lumínica manzana A



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Tabla 41. Resultados manzana B

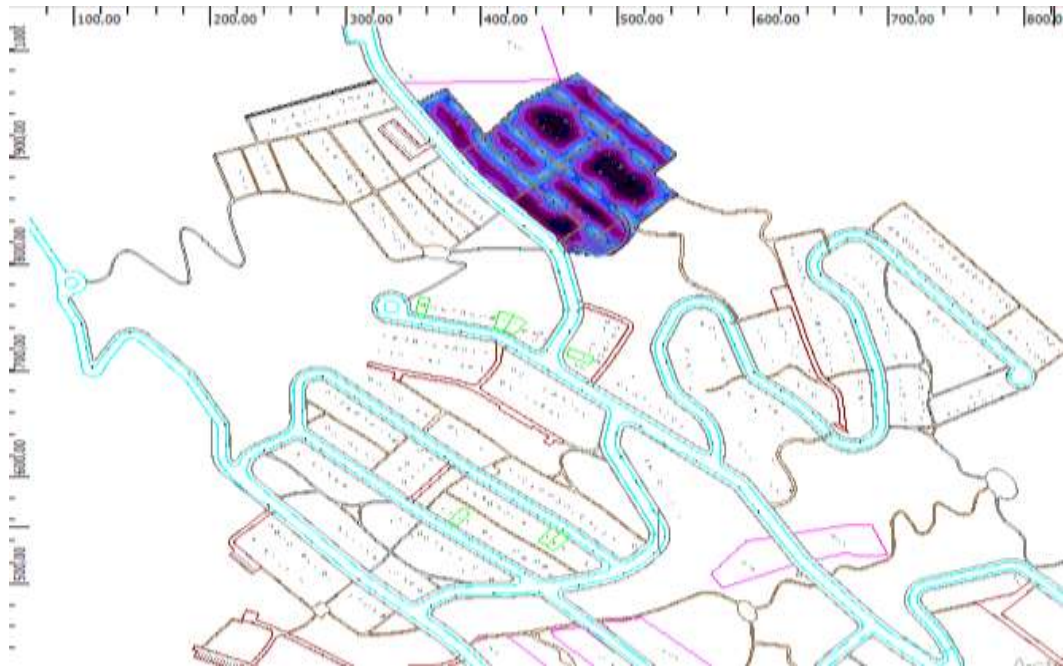
MANZANA B					
ILUMINACIÓN HORIZONTAL (LUXES)					
LOTE	VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR PROMEDIO RETILAP	VALOR MÍNIMO RETILAP	CUMPLE
1	6.68	1.58	5	1	SI
2	6.6	1.7	5	1	SI
3	6.7	1.42	5	1	SI

Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Manzana B.

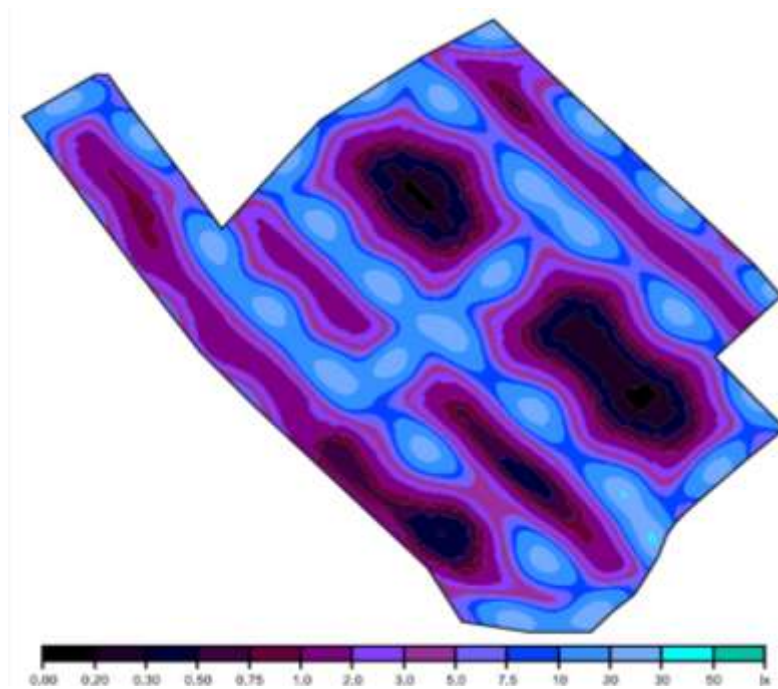
Se divide en 3 partes donde en cada uno de estas cumple con los requisitos mínimos del RETILAP como se observa en la tabla 40 y en la figura 31 se observa la ubicación de esta manzana en el municipio de Nuevo Gramalote, y en la imagen 6.6 se muestra la simulación de la manzana A verificando la no existencia de efecto cebra y su intensidad lumínica.

Figura 32. Ubicación manzana B en simulación



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Figura 33. Intensidad lumínica manzana B



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Manzana C.

Tabla 42. Resultados Manzana C

ILUMINACIÓN HORIZONTAL (LUXES)					
LOTE	VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR PROMEDIO RETILAP	VALOR MÍNIMO RETILAP	CUMPLE
1	6.87	1.65	5	1	SI

Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Esta manzana es pequeña no hubo necesidad de dividirla en varios lotes en la tabla 41 se observa los resultados obtenidos tras la simulación.

Manzana D.

Tabla 43. Resultados Manzana D

MANZANA D					
ILUMINACIÓN HORIZONTAL (LUXES)					
LOT E	VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR PROMEDIO RETILAP	VALOR MÍNIMO RETILAP	CUMPLE
1	6.27	1.74	5	1	SI
2	6.25	1.65	5	1	SI

Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

En esta manzana se nota claramente que está dividida en 2 lotes cuyos valores promedio y mínimo están dados en la tabla 42.

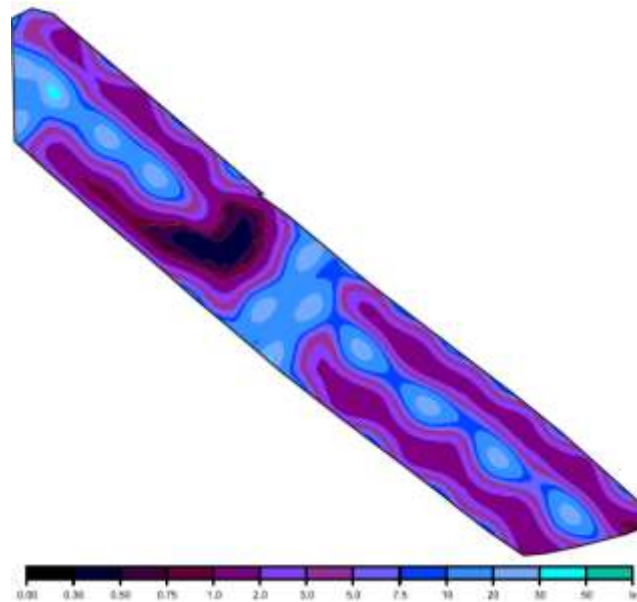
Figura 34. Ubicación manzana D en simulación



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

La ubicación e intensidad lumínica se pueden observar la figura 33 y 34 respectivamente.

Figura 35. Intensidad lumínica manzana D



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

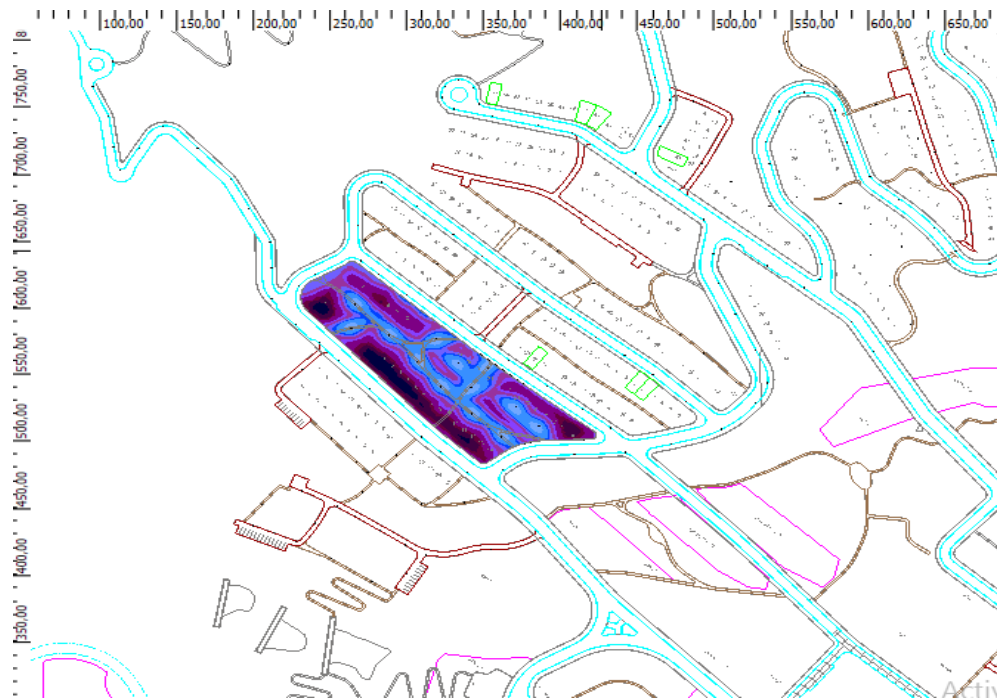
Manzana E. Los resultados de la manzana E se encuentran en la siguiente tabla 43.

Tabla 44. Resultados manzana E

MANZANA E					
ILUMINACIÓN HORIZONTAL (LUXES)					
LOTE	VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR PROMEDIO RETILAP	VALOR MÍNIMO RETILAP	CUMPLE
1	6.36	1.41	5	1	SI

Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

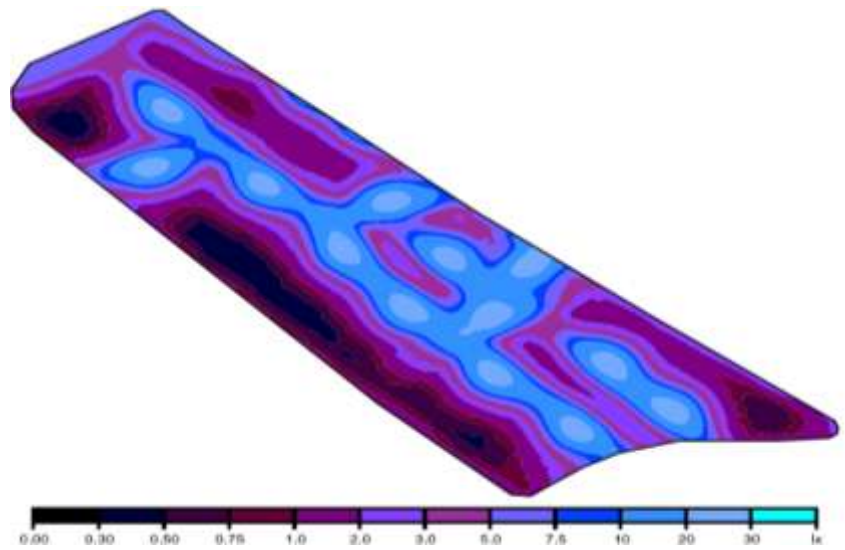
Figura 36. Ubicación manzana E en simulación



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Los resultados de la manzana E se encuentran ilustrados en la figura 36 y su ubicación en el municipio en la figura 35 en estas se observa que no existe efecto cebra.

Figura 37. Intensidad lumínica manzana E



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

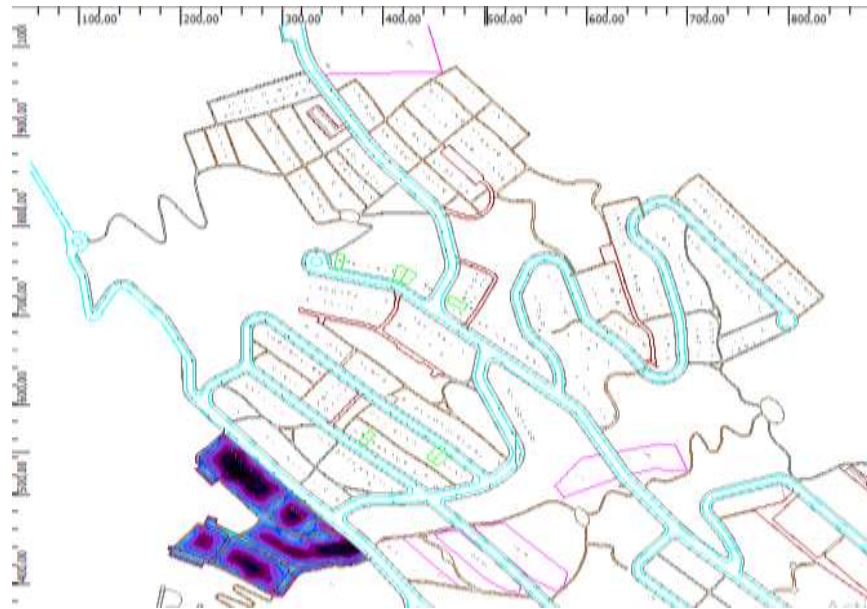
Manzana .

Tabla 45. Resultados manzana F

Manzana F					
Iluminación horizontal (luxes)					
Lote	Valor promedio	Valor mínimo	Valor promedio retilap	Valor mínimo retilap	Cumple
1	6.36	1.69	5	1	Si

Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

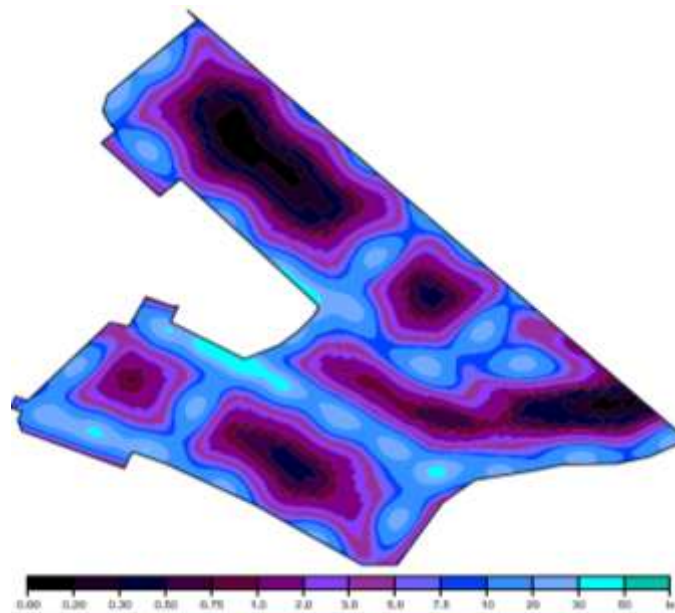
Figura 38. Ubicación Manzana F en simulación



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

La intensidad lumínica y su ubicación se puede observar en las imágenes 38 y 37 respectivamente, y sus resultados están ilustrados en la tabla 44.

Figura 39. Intensidad lumínica manzana F



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Manzana G.

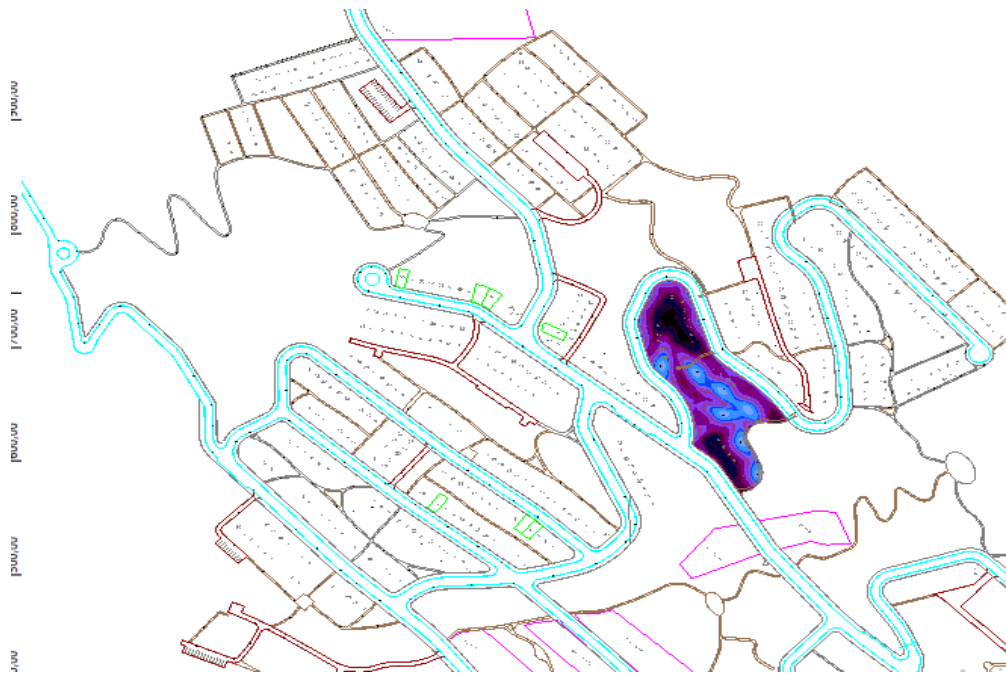
Tabla 46. Resultados Manzana G

MANZANA G					
LOTE	ILUMINACIÓN HORIZONTAL (LUXES)				CUMPLE
	VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR PROMEDIO RETILAP	VALOR MÍNIMO RETILAP	
	1	5.2	1.56	5	
2	5.02	1.25	5	1	SI

Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

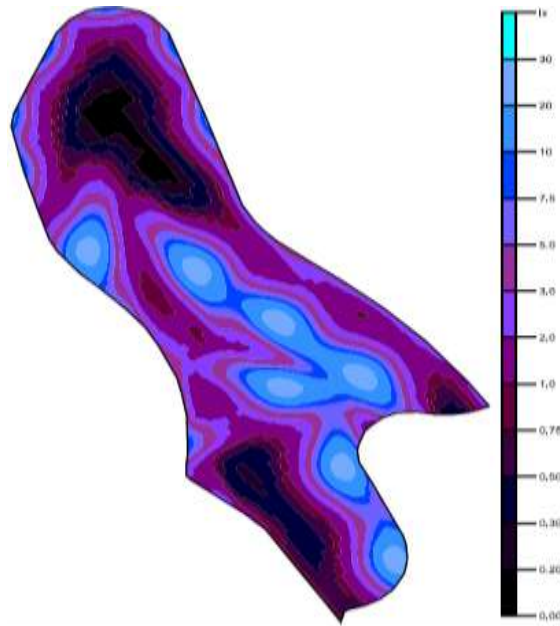
La manzana G se divide en dos lotes los cuales sus resultados están en la tabla 45, su intensidad lumínica en la imagen 40 y su ubicación en la imagen 39.

Figura 40. Ubicación manzana G en simulación



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Figura 41. Intensidad lumínica manzana G



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Manzana H.

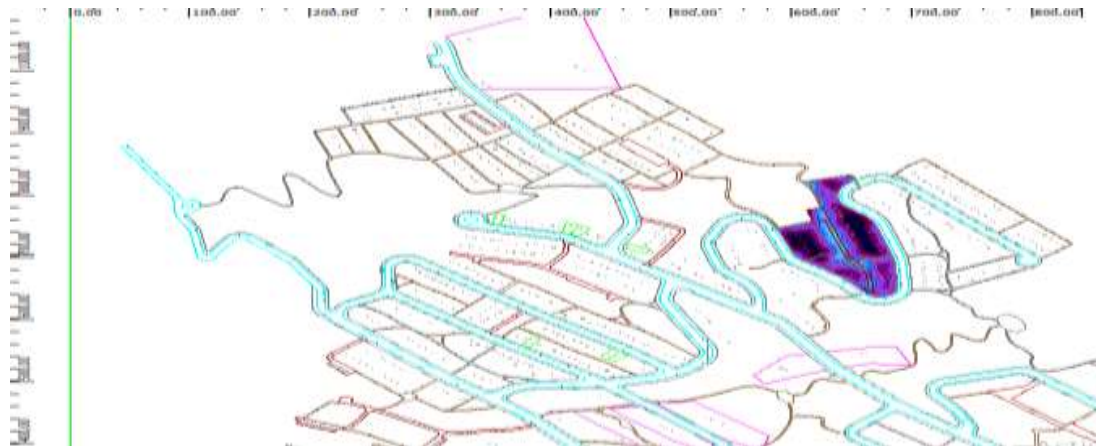
Como se puede observar la intensidad lumínica en la imagen 40 cumple con los requisitos y se ven reflejados en la tabla 46.

Tabla 47. Resultados Manzana H

MANZANA H					
ILUMINACIÓN HORIZONTAL (LUXES)					
LOT	VALOR	VALOR	VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	CUMP
E	PROMEDIO	MÍNIMO	RETILAP	RETILAP	LE
1	5.59	1.25	5	1	SI
2	5.54	1.23	5	1	SI

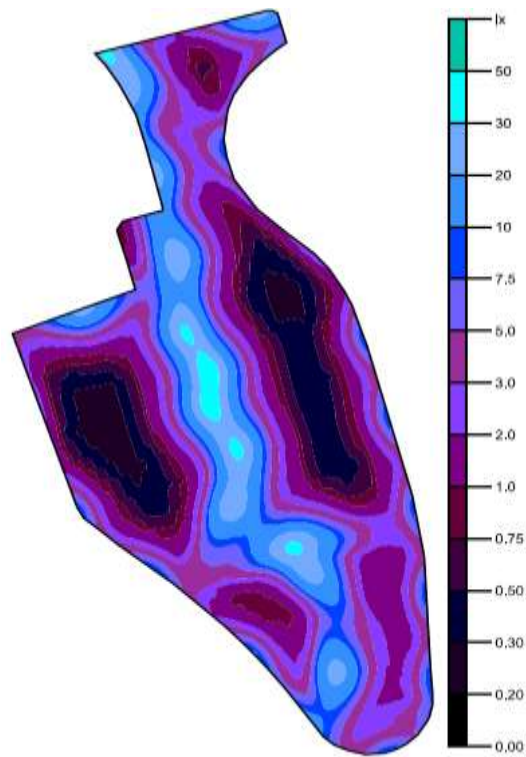
Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Figura 42. Ubicación manzana H en simulación



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Figura 43. Intensidad lumínica manzana H



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

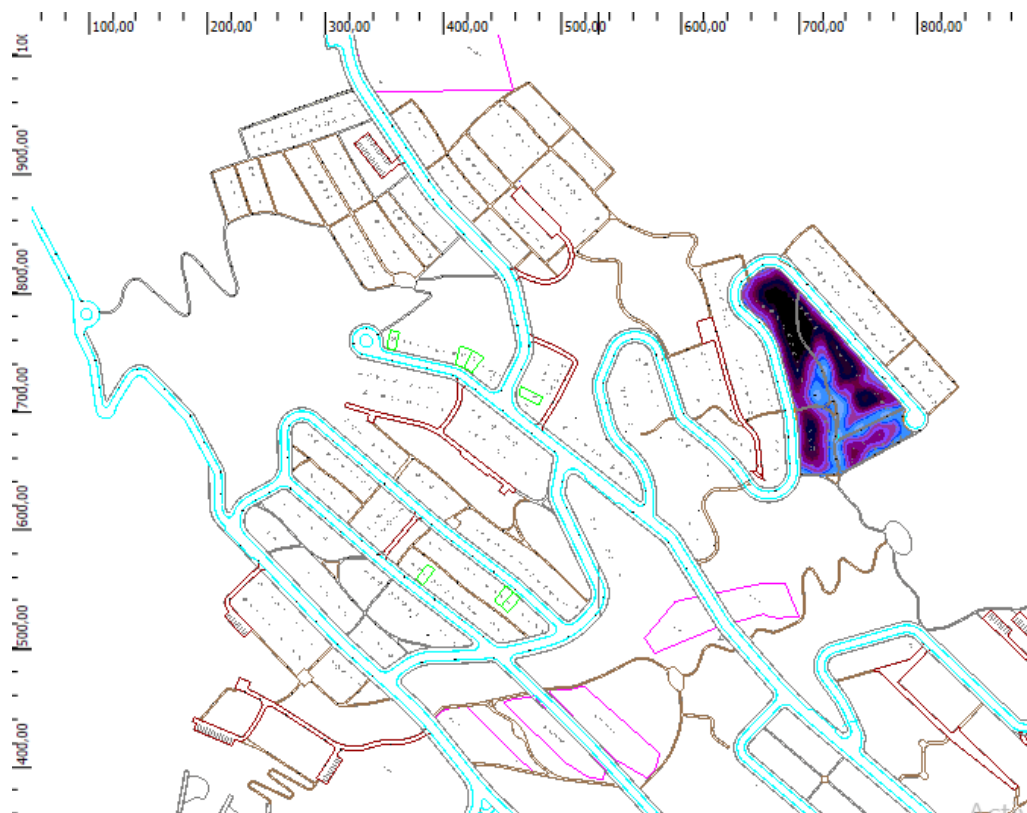
Tabla 48. Resultados manzana I

MANZANA I					
ILUMINACIÓN HORIZONTAL (LUXES)					
LOTE	VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR PROMEDIO RETILAP	VALOR MÍNIMO RETILAP	CUMPLE
1	5.97	1.47	5	1	SI

Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

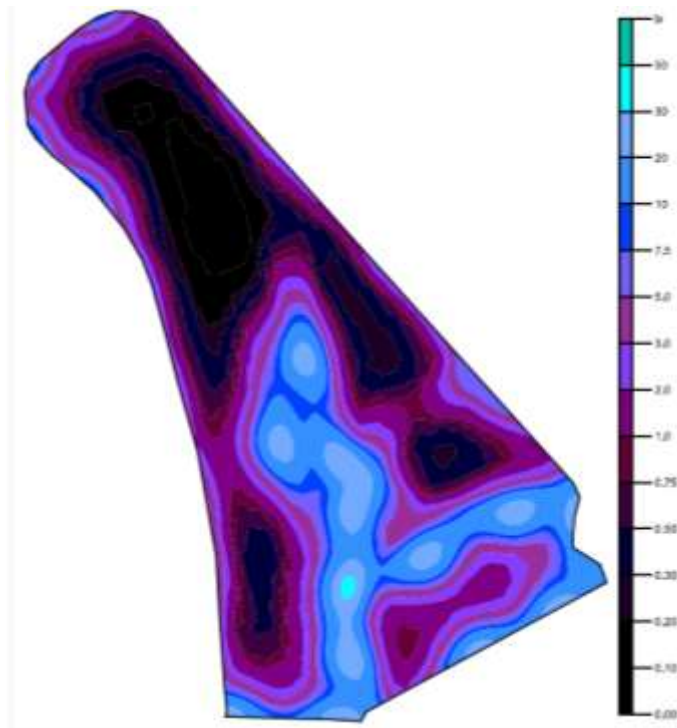
Esta manzana se ubica en el mapa como lo muestra la imagen 44 y su intensidad lumínica está representada en la imagen 43 con los resultados de la tabla 47.

Figura 44. Ubicación manzana I en simulación



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Figura 45. Intensidad lumínica manzana I



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Manzana J.

Tabla 49. Resultados manzana J

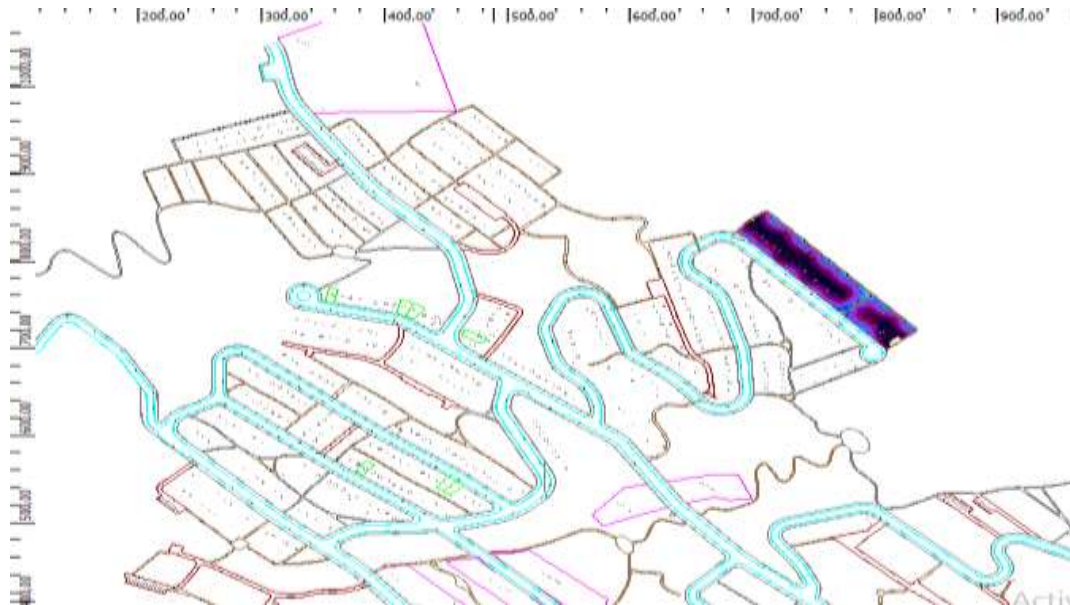
MANZANA J					
ILUMINACIÓN HORIZONTAL (LUXES)					
LOTE	VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR PROMEDIO RETILAP	VALOR MÍNIMO RETILAP	CUMPLE
1	6.38	2	5	1	SI

Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Esta manzana se divide en un lote y como lo muestra la tabla 48 cumple con los requerimientos mínimos según RETILAP la ubicación está ilustrada en la figura 45.

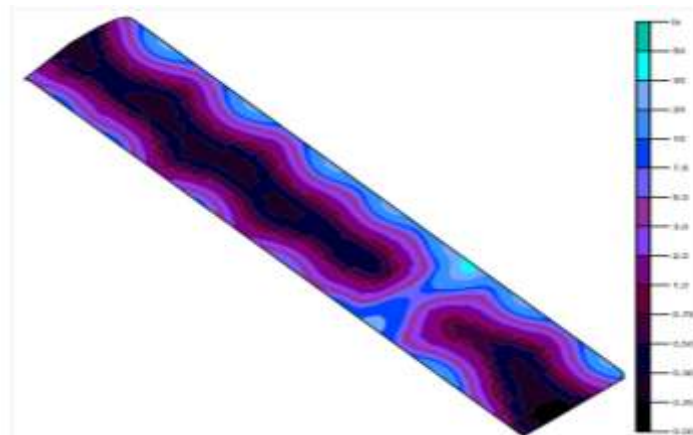
La distribución de las luminarias muestra una correcta intensidad lumínica como lo muestra la figura 46.

Figura 46. Ubicación manzana J en simulación



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Figura 47. Intensidad lumínica manzana J



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Manzana K.

Tabla 50. Resultados Manzana K

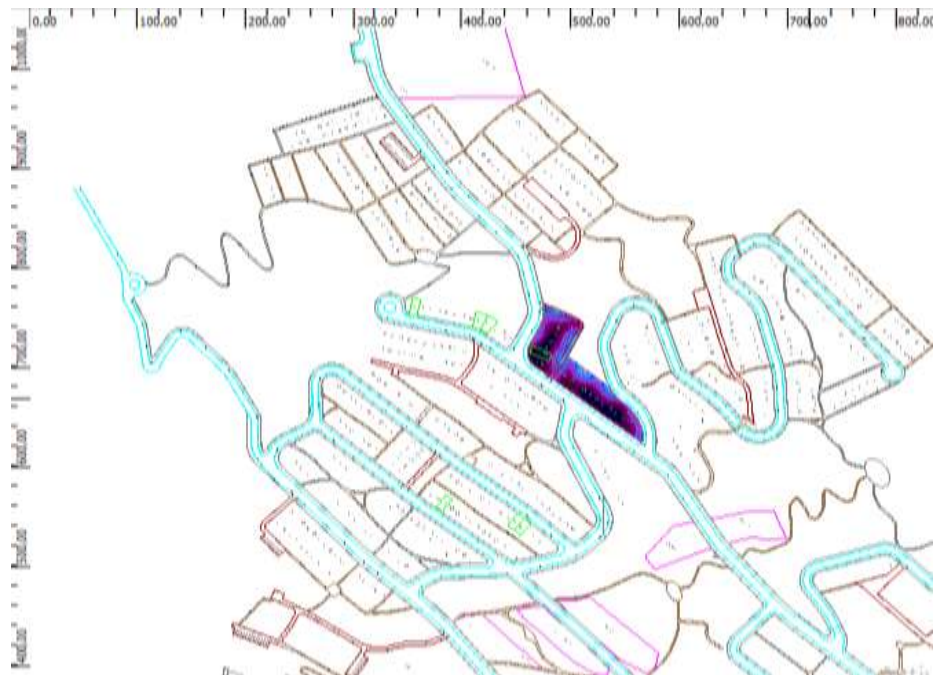
MANZANA K					
LOTE	ILUMINACIÓN HORIZONTAL (LUXES)				CUMPLE
	VALOR PROMEDIO	VALOR MÍNIMO	VALOR PROMEDIO RETILAP	VALOR MÍNIMO RETILAP	
	1	6.56	1.42	5	

Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

La manzana K solo consta de un lote sus resultados están en la tabla 49.

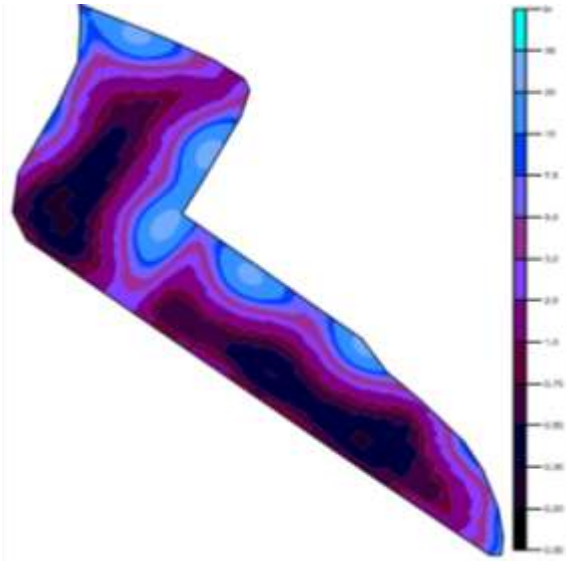
La ubicación de la manzana K se muestra en la imagen 47.

Figura 48. Ubicación manzana K en simulación



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Figura 49. Intensidad lumínica manzana K

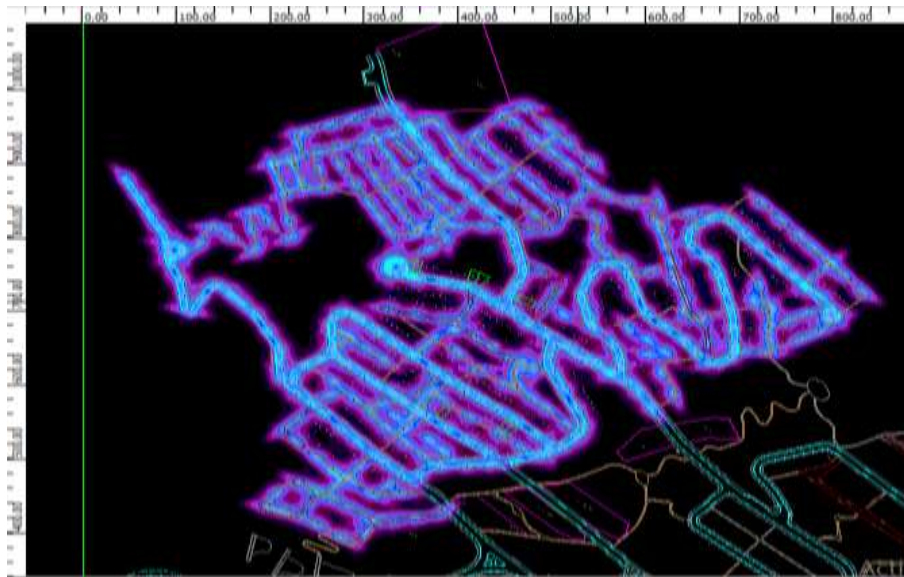


Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Simulación completa .

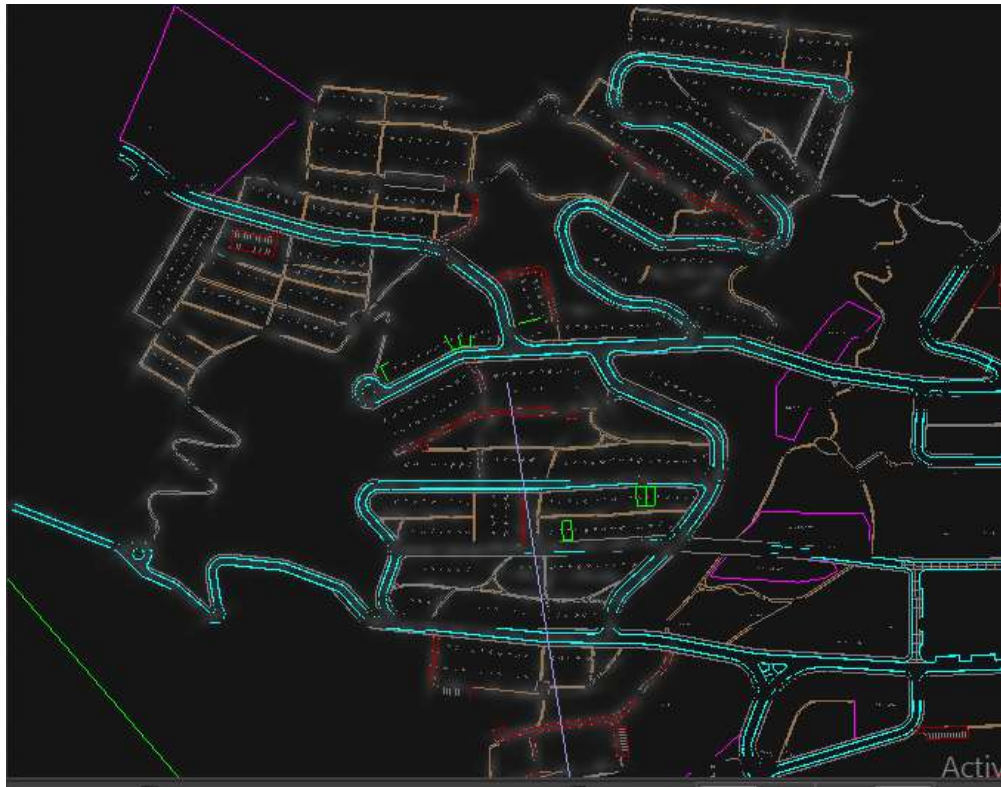
En la imagen 49 se pudo observar todo el municipio de Nuevo Gramalote en la simulación con su intensidad lumínica, a su vez en la imagen 6.24 se observa la simulación completa sin presentar efecto cebra.

Figura 50. Intensidad lumínica municipio Nuevo Gramalote



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Figura 51. Vista Alumbrado público Nuevo Gramalote



Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO, 2016

Conclusiones

El avance de la tecnología nos permite hacer diseños con los cuales aportamos al medio ambiente con el ahorro energético y uso eficiente de la energía.

Se realizó este proyecto siguiendo las normativas vigentes para alumbrado público en Colombia, como lo es el RETILAP.

La inversión inicial debido a las luminarias tipo led es bastante alta pero ya que estas tienen más horas de uso y ahorran energía se deben implementar para mitigar los efectos de la contaminación mundial.

Se realizó la simulación del alumbrado público en el software Dialux.

El software DIALux es una gran herramienta para el diseño de un alumbrado tanto interior como exterior, ya que genera todos los resultados necesarios para cumplir con las normativas vigentes, además de realizar un cálculo muy exacto de la luminancia e iluminancia.

Todos los circuitos cumplen con la regulación y pérdidas de potencia exigidas por CENS S.A E.S.P las cuales están en 3% y 4% respectivamente.

CENS S.A E.S.P se encuentra individualizando cada luminaria con un fotocontrol para evitar daños a gran escala del alumbrado público.

El sistema de puesta a tierra cumple con los límites que exige CENS el cual debe estar por debajo de 10Ω y se debe encontrar cada 3 postes como máximo con una varilla de $5/8''$ y 2.4 m.

En la simulación se demuestra la ausencia de efecto cebrado en el municipio de Gramalote.

Las imágenes de intensidad luminica demuestran una iluminación eficiente y confortante para la comunidad del municipio de Nuevo Gramalote.

El análisis de las corrientes de cortocircuitoo de cada tramo demuestran que estan por debajo de la corriente de corte del sistema de protección del cual es $2 \times 15A$ 10kA.

Las luminarias recomendadas para este proyecto tienen una vida util media de 16 años, mientras que las luminarias comunes de sodio su vida util varia de 4 a 5 años, sin tener en cuenta que estas presentas daños y fallas mas comunes teniendo que realizarse un mantenimiento periodico. Las luminarias led su mantenimiento no es tan frecuente lo que hace que su inversión a mediano plazo no sea tan alta.

La luminaia tiene una eficacia de 145.45 Lm/W la cual la hace una herramienta de buen uso para la iluminación pública.

El presupuesto para la ejecución de la obra \$ 998,261,614.00 en pesos Colombianos.

El valor de la certificación ReTILAP para el municipio de Nuevo Gramalote es de 10.0000.000 pero no se toma en cuenta en el presupuesto debido a que este se realiza después de ejecutada la obra.

Recomendaciones

Es necesario realizar la medida de la resistividad del terreno para obtener un cálculo de la resistencia de puesta a tierra mas exacto y así tomar la decision si es necesario realizar un tratamiento de tierras.

El mercado actual no ofrece la facilidad de conductores tripelx AAAC con menor calibre. Para ahorrar costos se hace necesario buscar conductores distintos ya que para sistemas electricos el conductor número 4 AWG esta sobredimensionado porque su corriente nominal es 114 A y las corrientes de cada circuito no supera los 10 A.

Para el presupuesto no se tuvo en cuenta el costo del diseño, es de gran importancia verificar estos valores para tener un presupuesto mas real.

Bibliografía

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2009). “*Manual Único de Alumbrado Público*”. Unidad ejecutiva de servicios públicos Colombia.

Centrales Eléctricas del Norte de Santander. (s.f.). (2016). *Normas para el diseño y construcción de redes de distribución*. San José de Cúcuta .

Chapa, J. (1990). “Manual de Instalaciones de Alumbrado y Fotometría”. Limusa, México.

De Metz-Noblat B. Dumas, F. Thomasset, G. (2000). “*Cuaderno técnico N° 158: Cálculo de Corrientes de corto circuito*”. Schneider Electric, España.

Fondo de adaptación. (2014). *Proyecto de diseño urbano-paisajístico, estudios ambientales, modificación eot y estudios y diseños de infraestructura para el nuevo casco urbano de Gramalote contrato No. 165/2013*. . San José de Cúcuta.

Harper, G. (2007) . “*Manual práctico del alumbrado*”. Limusa, México.

Instituto Colombiano De Normas Técnicas Y Certificación (2000). “*Código eléctrico colombiano*”. (NTC 2050). ICONTEC, Bogotá, Colombia.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas Y Certificación (2010). “*Normativa de Alumbrado Público (NTC 900)*”. ICONTEC, Bogotá, Colombia.

Ministerio de Minas y Energía. (2010). *Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público - RETILAP*. Colombia: MinMinas.

Ministerio de Minas y Energía (2013). "*Reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE*". MinMinas, Colombia.

Ramírez, J. S. Cano, E. A. (2010). "*Sistemas de puesta a tierra: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF*". Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, Colombia.

Secretaría de comunicaciones y transportes (2015). "*Manual de iluminación vial*", segunda edición. Delegación Benito Juárez. CP. 03028 , México, D.F.

APENDICES

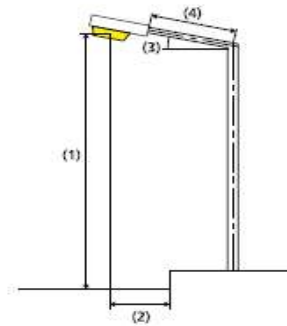
Apéndice A. Simulación Vía Vehicular

Proyecto 0

Alternativa 1 (Calle 1) / Datos de planificación

DIALux

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	Schröder TECEO 1 / 5137 / 40 LEDS 350mA NW / 372652 1x40 LEDS 350mA NW
Flujo luminoso (luminaria):	5406.59 lm
Flujo luminoso (lámpara):	6400.00 lm
Organización:	unilateral abajo
Horas de trabajo	
4320 h:	100.0 %, 44.0 W
Distancia entre mástiles:	30.000 m
Inclinación del brazo (3):	0.0°
Longitud del brazo (4):	1.024 m
Altura del punto de luz (1):	7.700 m
Saliente del punto de luz (2):	1.024 m

ULR:	0.00
ULOR:	0.00
Consumo de energía:	190.1 kWh p.a.
Densidad de consumo de energía:	0.9 kWh/m ² p.a.
W/km:	1452.00
Valores máximos de la intensidad lumínica	
a 70°:	480 cd/klm
a 80°:	67.0 cd/klm
a 90°:	0.00 cd/klm
Clase de potencia lumínica:	G*4

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

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

Proyecto 0

Calzada 1 (M4) / Resumen de resultados



Calzada 1 (M4)

Factor de degradación: 0.82
Trama: 10 x 6 Puntos

	Lm [cd/m²]	U0	UI	TI [%]	EIR
Valor real calculado	0.85	0.49	0.80	10.90	0.34
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15.00	≥ 0.30
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

Observador respectivo (2):

Observador	Posición [m]	Lm [cd/m²]	U0	UI	TI [%]
Observador 1	(-60.000, 1.750, 1.500)	0.85	0.49	0.80	10.90
Observador 2	(-60.000, 5.250, 1.500)	0.91	0.51	0.84	7.85

Proyecto 0



Calzada 1 (M4) / Tablas

Calzada 1 (M4)

Intensidad lumínica horizontal [lx]

6.300	13.1	11.2	8.92	7.52	6.84	6.84	7.52	8.92	11.2	13.1
4.900	18.9	15.4	11.7	9.22	7.87	7.87	9.22	11.7	15.4	18.9
3.500	23.3	18.3	13.1	9.78	8.15	8.15	9.78	13.1	18.3	23.3
2.100	24.1	18.1	12.5	9.08	7.52	7.52	9.08	12.5	18.1	24.1
0.700	21.5	15.7	10.4	7.27	5.91	5.91	7.27	10.4	15.7	21.5
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 5 Puntos

EAvg [lx]	EMin [lx]	EMax [lx]	g1	g2
12.6	5.91	24.1	0.469	0.246

Observador 1

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

6.417	0.45	0.43	0.42	0.45	0.48	0.48	0.47	0.45	0.45	0.46
5.250	0.63	0.59	0.56	0.58	0.63	0.64	0.70	0.67	0.64	0.64
4.083	0.81	0.76	0.72	0.76	0.83	0.89	0.93	0.88	0.87	0.83
2.917	0.97	0.96	0.97	1.05	1.10	1.16	1.17	1.05	1.03	0.98
1.750	1.09	1.13	1.18	1.26	1.30	1.31	1.27	1.18	1.08	1.05
0.583	0.92	0.93	0.95	1.01	1.04	1.06	1.05	1.00	0.93	0.91
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Puntos

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

6.417	0.55	0.52	0.51	0.55	0.58	0.59	0.58	0.55	0.55	0.56
5.250	0.77	0.72	0.69	0.71	0.77	0.79	0.85	0.82	0.78	0.78
4.083	0.99	0.93	0.88	0.93	1.02	1.08	1.13	1.07	1.07	1.01
2.917	1.18	1.17	1.19	1.29	1.35	1.41	1.42	1.29	1.26	1.19
1.750	1.33	1.38	1.44	1.54	1.59	1.60	1.56	1.44	1.32	1.28
0.583	1.12	1.14	1.16	1.23	1.28	1.29	1.28	1.22	1.14	1.11
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Puntos

Observador 2

Luminancia en calzada seca [cd/m²]

6.417	0.48	0.48	0.46	0.50	0.52	0.53	0.52	0.49	0.47	0.48
5.250	0.70	0.67	0.64	0.68	0.72	0.74	0.77	0.72	0.68	0.69
4.083	0.92	0.92	0.91	0.95	0.97	1.03	1.02	0.94	0.94	0.88
2.917	1.18	1.21	1.23	1.29	1.32	1.33	1.29	1.16	1.10	1.08
1.750	1.08	1.13	1.19	1.29	1.35	1.36	1.31	1.20	1.09	1.06
0.583	0.77	0.75	0.75	0.84	0.91	0.97	0.99	0.95	0.89	0.84
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Puntos

Proyecto 0

DIALux

Calzada 1 (M4) / Tablas

Luminancia de lámpara nueva [cd/m²]

6.417	0.60	0.58	0.56	0.61	0.64	0.64	0.64	0.59	0.57	0.58
5.250	0.86	0.82	0.78	0.83	0.88	0.90	0.94	0.88	0.84	0.84
4.083	1.13	1.12	1.12	1.17	1.19	1.25	1.25	1.15	1.15	1.08
2.917	1.44	1.48	1.50	1.57	1.61	1.62	1.57	1.42	1.35	1.32
1.750	1.32	1.38	1.46	1.57	1.64	1.66	1.59	1.46	1.33	1.29
0.583	0.94	0.91	0.92	1.02	1.11	1.18	1.20	1.16	1.09	1.03
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 6 Puntos

Proyecto 0

DIALux

Calzada 1 (M4) / Inclinación

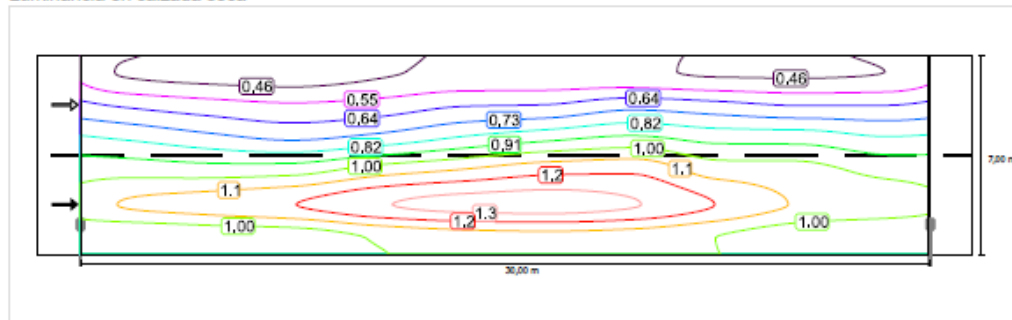
Calzada 1 (M4)

Factor de degradación: 0.82
Trama: 10 x 6 Puntos

	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	EIR
Valor real calculado	0.85	0.49	0.80	10.90	0.34
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15.00	≥ 0.30
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

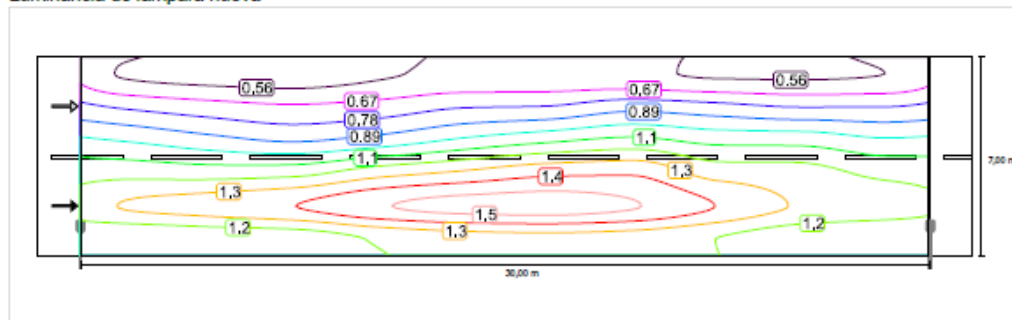
Observador 1

Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 200

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 200

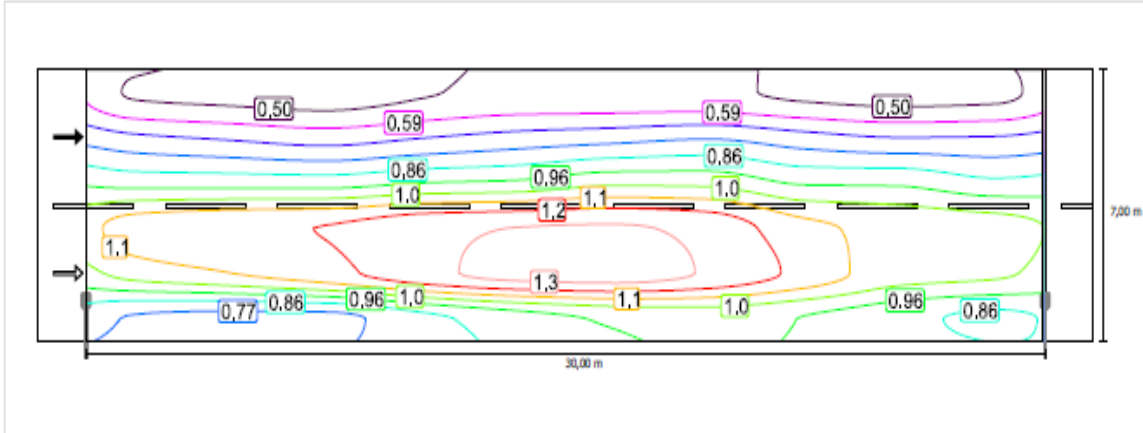
Proyecto 0

Calzada 1 (M4) / Isolinias

DIALux

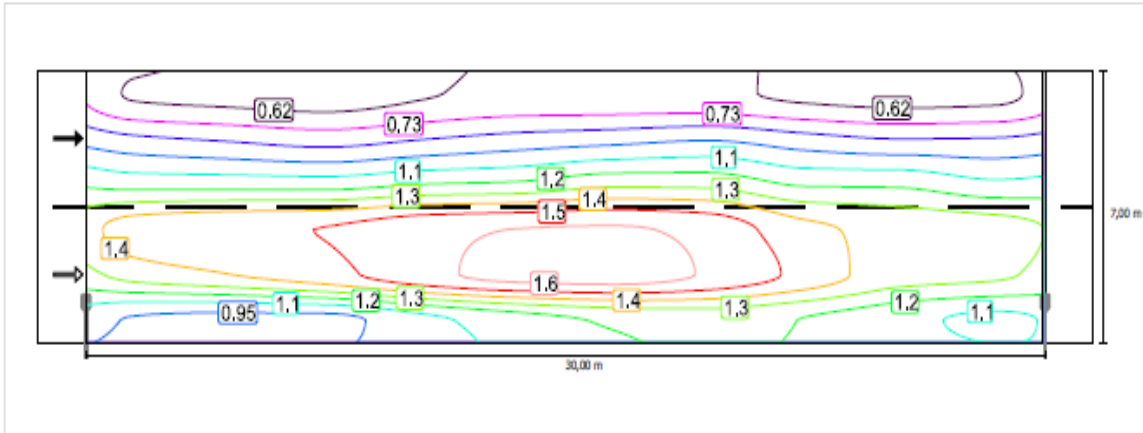
Observador 2

Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 200

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 200

Proyecto 0

Calzada 1 (M4) / Gráfico de valores



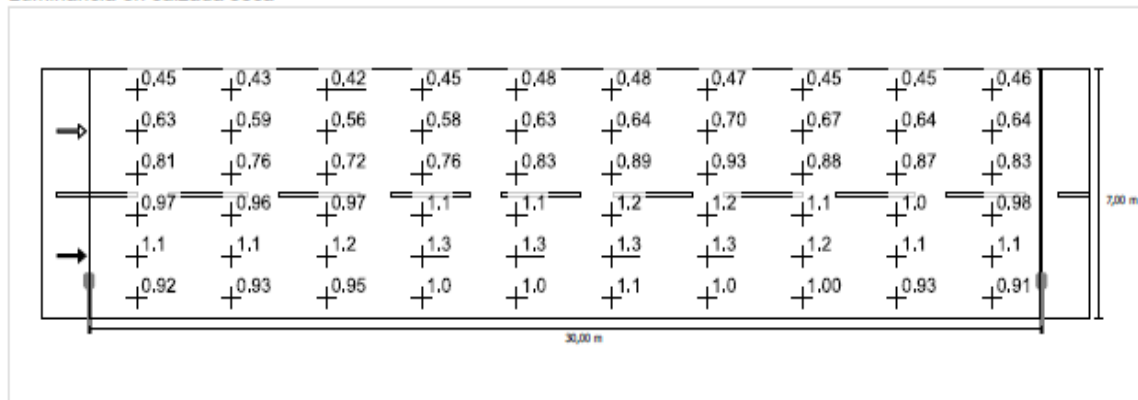
Calzada 1 (M4)

Factor de degradación: 0.82
Trama: 10 x 6 Puntos

	Lm [cd/m²]	U0	UI	TI [%]	EIR
Valor real calculado	0.85	0.49	0.80	10.90	0.34
Valor nominal calculado	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15.00	≥ 0.30
Cumplido/No cumplido	✓	✓	✓	✓	✓

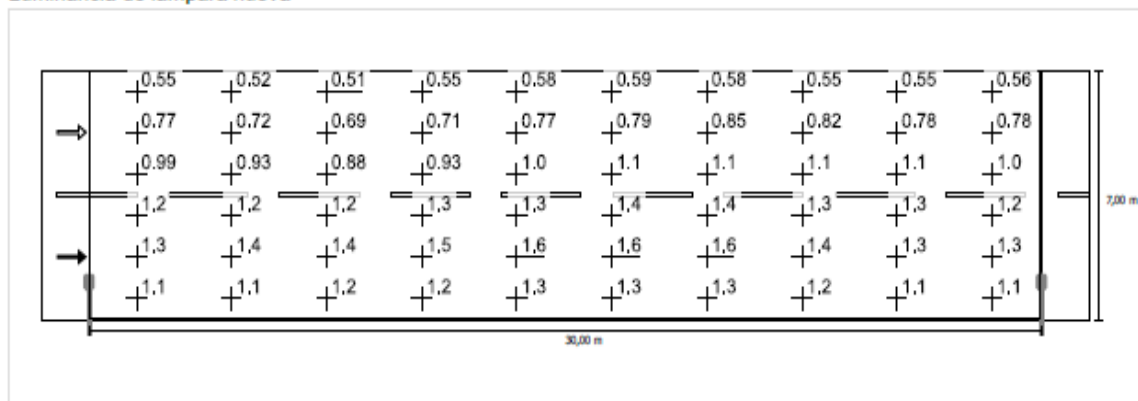
Observador 1

Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 200

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 200

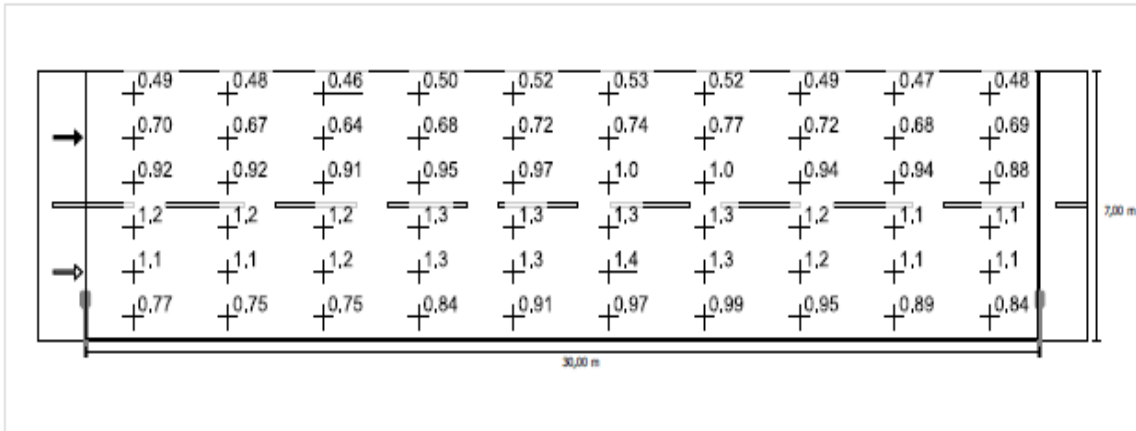
Proyecto 0

DIALux

Calzada 1 (M4) / Gráfico de valores

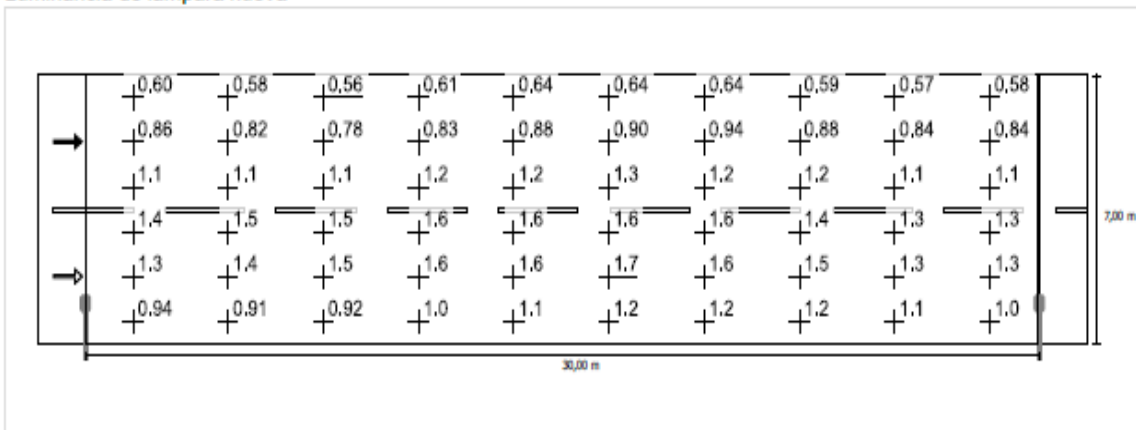
Observador 2

Luminancia en calzada seca



Escala: 1 : 200

Luminancia de lámpara nueva



Escala: 1 : 200

Apéndice B. Simulación Vía Peatonal

Proyecto 0 18/05/2016

DIALux

Alternativa 1 (Calle 1) / Datos de planificación

Alternativa 1 (Calle 1)

Planificación según EN 13201:2015

Perfil de la vía pública



Factor de degradación: 0.67

Indicadores de densidad de potencia

Horas de trabajo 4320 h, 100%, 44.0 W

Recuadro de evaluación	Superficie	EAvg
Camino peatonal 1	90.00 m²	6.92 lx
Resultado para el indicador de densidad de potencia	0.071 W/m²	

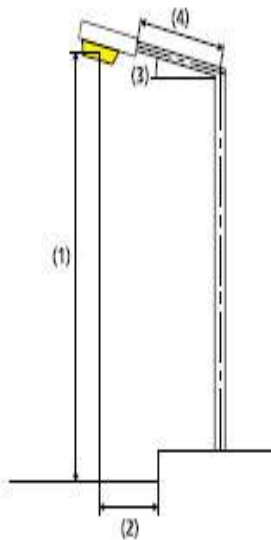
Proyecto 0

18/05/2016

DIALux

Alternativa 1 (Calle 1) / Datos de planificación

Disposiciones de las luminarias



Luminaria:	SCHREDER TECEO 1 / 5137 / 40 LEDS 350mA NW / 372652 1x40 LEDS 350mA NW
Flujo luminoso (luminaria):	5406.59 lm
Flujo luminoso (lámpara):	6400.00 lm
Organización:	unilateral abajo
Horas de trabajo	
4320 h:	100.0 %, 44.0 W
Distancia entre mástiles:	30.000 m
Inclinación del brazo (3):	20.0°
Longitud del brazo (4):	1.024 m
Altura del punto de luz (1):	7.700 m
Saliente del punto de luz (2):	1.024 m

ULR:	0.00
ULOR:	0.00
Consumo de energía:	190.1 kWh p.a.
Densidad de consumo de energía:	2.1 kWh/m² p.a.
W/km:	1452.00

Valores máximos de la intensidad lumínica

a 70°:	496 cd/km
a 80°:	369 cd/km
a 90°:	19.7 cd/km

Clase de potencia lumínica: /

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

La disposición cumple con la clase del índice de deslumbramiento D.0

Proyecto 0 18/05/2016

DIALux

Camino peatonal 1 (P4) / Resumen de resultados

Camino peatonal 1 (P4)

Factor de degradación: 0.67
Trama: 10 x 3 Puntos

	Em [lx]	Emin [lx]
Valor real calculado	6.92	1.80
Valor nominal calculado	$\geq 5.00, \leq 7.50$	≥ 1.00
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Proyecto 0 18/05/2016

DIALux

Camino peatonal 1 (P4) / Tablas

Camino peatonal 1 (P4)

Intensidad luminica horizontal [lx]

2.500	15.2	11.0	7.12	4.73	3.70	3.70	4.73	7.12	11.0	15.2
1.500	13.3	9.49	5.81	3.61	2.62	2.62	3.61	5.81	9.49	13.3
0.500	10.7	7.54	4.51	2.62	1.80	1.80	2.62	4.51	7.55	10.7
m	1.500	4.500	7.500	10.500	13.500	16.500	19.500	22.500	25.500	28.500

Trama: 10 x 3 Puntos

E Avg [lx]	E Min [lx]	E Max [lx]	g1	g2
6.92	1.80	15.2	0.261	0.119

Proyecto 0 18/05/2016

DIALux

Camino peatonal 1 (P4) / Imágenes

Camino peatonal 1 (P4)

Factor de degradación: 0.67
Trama: 10 x 3 Puntos

	Em [lx]	Emin [lx]
Valor real calculado	6.92	1.80
Valor nominal calculado	$\geq 5.00, \leq 7.50$	≥ 1.00
Cumplido/No cumplido	✓	✓

Intensidad luminica horizontal



Apéndice C. Plano Alumbrado Público Nuevo Gramalote

Apendice D. Presupuesto

El siguiente presupuesto se realiza con la ayuda del software CIMA utilizado por CENS S.A E.S.P para realizar sus presupuestos donde se encuentra una base de datos completa de todos los materiales a utilizar con sus respectivos precios, estos materiales ya tiene IVA, y la mano de obra no se le incluye con IVA.

PRESUPUESTO				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR TOTAL
POSTE CONCRETO 8 mtsx1350 KGS	UNIDAD	\$704,805.00	13	\$9,162,465.00
POSTE CONCRETO 8 mtsx1050 KGS	UNIDAD	\$614,014.00	60	\$36,840,840.00
POSTE CONCRETO 8 mtsX750KGS	UNIDAD	\$425,299.00	159	\$67,622,541.00
POSTE CONCRETO 12 mtsX1500KGS	UNIDAD	\$1,561,732.00	5	\$7,808,660.00
POSTE CONCRETO 12mtsX1350KGS	UNIDAD	\$1,374,858.00	30	\$41,245,740.00
POSTE CONCRETO 12 mtsX1050KGS	UNIDAD	\$1,241,377.00	39	\$48,413,703.00
ABERTURA HOYO,CARGUE,TRANSPORTE,HI NCADA,APLOMADA Y APISONADA POSTE CONCRETO 12 mts	UNIDAD	\$713,413.00	74	\$52,792,562.00
ABERTURA HOYO,CARGUE,TRANSPORTE,HI NCADA,APLOMADA Y APISONADA POSTE CONCRETO 8 mts	UNIDAD	\$407,998.00	232	\$94,655,536.00
CABLE TRENZADO TRIPLEX AWG, XLPE 2X4+4	METRO	\$2,766.00	9200	\$25,447,200.00
BRAZO METALICO PARA A.P DE 1"*1.35 CON DOBLE ABRAZADERA 4-6	UNIDAD	\$28,344.00	232	\$6,575,808.00

BRAZO METALICO PARA A.P DE 1"*1.35 CON DOBLE ABRAZADERA 6-8	UNID AD	\$30,155.00	74	\$2,231,470.00
COMPUESTO ARTIFICIAL PARA PUESTA A TIERRA	KG	\$4,335.00	3060	\$13,265,100.00
KIT PUESTA A TIERRA PARA BAJA TENSIÓN (INCLUYE ELECTRODO DE PUESTA A TIERRA)	UNID AD	\$129,518.00	102	\$13,210,836.00
AISLADOR TIPO CARRETE	UNID AD	\$1,724.00	306	\$527,544.00
PERCHA GALVANIZADA DE UN PUESTO	UNID AD	\$7,364.00	306	\$2,253,384.00
PERNO 5/8"X 8"	UNID AD	\$2,333.00	612	\$1,427,796.00
TENDIDA Y TENSIONADA DE CEBLE B.T	METR O	\$728.00	9200	\$6,697,600.00
CONECTOR DE PENETRACIÓN 4- 3/0	UNID AD	\$10,402.00	1008	\$10,485,216.00
ABRAZADERA SENCILLA DE 4" A 5"	UNID AD	\$9,279.00	318	\$2,950,722.00
ABRAZADERA SENCILLA DE 5" A 6"	UNID AD	\$10,053.00	198	\$1,990,494.00
ABRAZADERA SENCILLA DE 6" A 7"	UNID AD	\$10,310.00	86	\$886,660.00
ABRAZADERA SENCILLA DE 7" A 8"	UNID AD	\$10,955.00	10	\$109,550.00
BASE PARA FOTOCELDA	UNID AD	\$4,860.00	306	\$1,487,160.00
FOTOCONTROL 1000 W 220V	UNID AD	\$10,149.00	306	\$3,105,594.00
CABLE CONCENTRICO 3X8 AWG	METR O	\$8,873.00	120	\$1,064,760.00
CABLE ENCAUCHETADO 3X12 AWG	METR O	\$7,514.00	918	\$6,897,852.00

CAJA HERMETICA METALICA PARA MEDIDOR POLIFÁSICO CON PIN DE CORTE	UNID AD	\$57,883.00	15	\$868,245.00
MEDIDOR BIFÁSICO TRIFILAR 2X120 V	UNID AD	\$189,000.00	15	\$2,835,000.00
TUBO METALICO GALVANIZADO 3/4"	METR O	\$9,832.00	120	\$1,179,840.00
TERMOMAGNETICO 2X15 A	UNID AD	\$44,900.00	15	\$673,500.00
LUMINARIA TECEO 1 5137 44W 40 LEDS 350 Ma	UNID AD	\$1,119,056.00	306	\$342,431,136.00
TRABAJO CUADRILLA TIPO ALUMBRADO PÚBLICO	HORA	\$133,041.00	1000	\$133,041,000.00
TRABAJO GRUA	HORA	\$237,804.00	300	\$71,341,200.00
TOTAL				\$1,011,526,714.00

Se realiza un presupuesto paralelo del sistema de control y protección ya que este sistema es costoso y no es de uso obligatorio, aunque se debería implementar ya que trae muchos beneficios para el alumbrado público.

PRESUPUESTO				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR UNIDAD	CANTIDAD	VALOR TOTAL
CIRLAMP M63001	UNIDAD	\$2,309,231.00	1	\$2,309,231.00
CIRLAMP NODO M63021	UNIDAD	\$336,969.00	306	\$103,112,514.00
CABLE UTP CATEROGIA 6 PARA EXTERIORES	UNIDAD	\$934.43	9200	\$8,596,721.31
TOTAL				\$114,018,466.31