



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

Análisis de eficiencia energética mediante la implementación de tecnología Led en el servicio de alumbrado público de la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Electricidad
mención Sistemas Eléctricos de Potencia

Autor

Medina Falconí Cristian Ismael

Tutor:

Ing. Vásquez Teneda Franklin Hernán MSc.

LATACUNGA –ECUADOR

2022

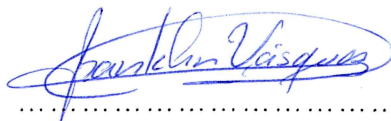
AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, “**Análisis de eficiencia energética mediante la implementación de tecnología Led en el servicio de alumbrado público de la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar**” presentado por Medina Falconí Cristian Ismael, para optar por el título magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, mayo de 2022



.....
Ing. Franklin Hernán Vázquez Teneda MSc.

C.C. 1710434497

AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación “Análisis de eficiencia energética mediante la implementación de tecnología Led en el servicio de alumbrado público de la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar”, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster Electricidad mención Sistemas Eléctricos De Potencia; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, mayo de 2022



.....
MSc. Gabriel Napoleón Pesantez Palacios
C.C. 0301893889
Presidente del tribunal



.....
MSc. José Efrén Barbosa Galarza
C.C. 0501420723
Lector 2



.....
MSc. Carlos Iván Quinatoa Caiza
C.C. 0503287864
Lector 3

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico con mucho amor y cariño a la memoria de mi padre Luis Eduardo y de mi hermano Luis Santiago.

A mi madre Mary por todo su amor y sacrificio en cada etapa de mi vida; a Luis mi mayor inspiración para conseguir este objetivo; a Karen que me brinda su apoyo de manera incondicional. Los amo mucho.

A mi familia y amigos que siempre están apoyándome.

Cristian Ismael

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por los conocimientos brindados para permitirnos crecer como profesionales; a los docentes y compañeros con quienes compartí esta etapa del saber.

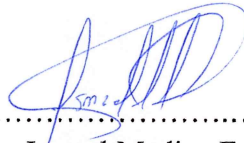
A CNEL EP Bolívar por brindarme las facilidades para llevar a cabo este proyecto de investigación.

Cristian Ismael Medina Falconí

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, mayo de 2022

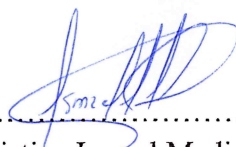
A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Cristian Ismael Medina Falconi', written over a dotted line.

.....
Cristian Ismael Medina Falconí
0503642464

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, mayo de 2022

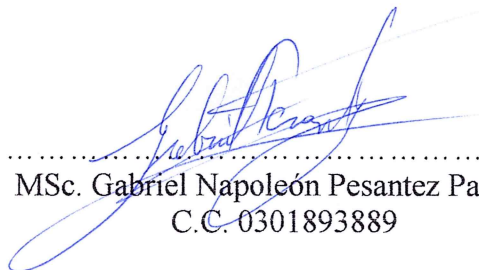


.....
Cristian Ismael Medina Falconí
0503642464

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: “**Análisis de eficiencia energética mediante la implementación de tecnología Led en el servicio de alumbrado público de la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar**” contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, mayo de 2022



.....
MSc. Gabriel Napoleón Pesantez Palacios
C.C. 0301893889

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCION SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

Título: “Análisis de eficiencia energética mediante la implementación de tecnología Led en el servicio de alumbrado público de la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar”

Autor: Medina Falconí Cristian Ismael

Tutor: Ing. Franklin Vásquez MSc.

RESUMEN

Las luminarias tradicionales en el sistema de alumbrado público representan pérdidas significativas de energía en sus componentes produciendo mayor emisión de gases de efecto invernadero y consumo energético. Por lo cual el presente proyecto de investigación se basa en el análisis de eficiencia energética mediante el cambio de luminarias existentes de sodio por luminarias Led en el sistema de alumbrado público general de la Provincia de Bolívar. Para lo cual se procedió a levantar información de los tipos de vías existentes para simular en el software Ulysse 3 y así elegir el tipo de luminaria que cumpla con los parámetros fotométricos establecidos en la Regulación 006/20 de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables. Para la simulación se toma en cuenta características como ancho de vía, altura de poste, interdistancia entre postes, ángulo de inclinación de luminaria y las fotometrías que vayan acorde a lo que necesita cada tipo de vía, teniendo que: las luminarias de sodio de 100W, 150W, 250W y 400W pueden ser sustituidas por luminarias Led de 90W, 120W, 200W y 240W respectivamente. Al realizar el análisis tanto económico, social y ambiental a 20 años que es el tiempo de duración de la propuesta se obtiene un ahorro tanto en consumo de energía y mantenimiento al cambiar el sistema de alumbrado público general a tecnología Led, teniendo así que el proyecto es viable.

PALABRAS CLAVE: Alumbrado, simulación, Ulysse, fotometrías, eficiencia.

**COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
POSTGRADUATE MANAGEMENT**

**MASTER INTO ELECTRICITY
ELECTRICAL POWER SYSTEMS MENTION**

Topic: “Energy efficiency analysis, through the LED technology implementation into public lighting service from the CNEL EP Bolívar Business Unit”.

Autor: Medina Falconí Cristian Ismael

Tutor: Ing. Franklin Vásquez MSc.

ABSTRACT

Traditional luminaires into public lighting system represent significant energy losses their components, producing higher greenhouse gas emissions and energy consumption. Therefore, the actual research project is based on the energy efficiency analysis, by changing existing sodium lamps for Led lamps into general public lighting system from Bolivar Province. Through this, which was proceeded to collect information about the existing roads types for simulating into Ulysse 3 software and thus, it can choose the luminaire type, what complies with the set photometric parameters into 006/20 Regulation from Energy Regulation and Control Agency, and Non-Renewable Natural Resources. For simulation is taken into account characteristics, such as track width, post height, interdistance between posts, luminaire inclination angle and the photometries that they go according to that each track type needs, by having, what: the sodium luminaires of 100W, 150W, 250W and 400W can be replaced by Led luminaires of 90W, 120W, 200W and 240W, respectively. By performing the economic, social and environmental analysis for 20 years, which is the proposal duration are got a saving, both energy consumption and maintenance, changing the general public lighting system to Led technology. As a result, the project is viable.

KEYWORDS: Lighting, simulation, Ulysse, photometry, efficiency.

Yo, Marco Paul Beltrán Semblantes con cédula de identidad número:0502666514 Magister en Lingüística Aplicada a la Enseñanza del idioma Inglés como Lengua Extranjera con número de registro de la SENESCYT: 1020-2021-2354162; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma Inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: “**Análisis de eficiencia energética mediante la implementación de tecnología Led en el servicio de alumbrado público de la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar**” de: Medina Falconí Cristian Ismael y, aspirante a Magíster en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia.



Mg. Marco Paul Beltrán Semblantes
0502666514



CENTRO
DE IDIOMAS

Latacunga, mayo, 2021

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Antecedentes	2
Planteamiento Del Problema.....	3
Formulación Del Problema	3
Objetivo General:	4
Objetivos Específicos:.....	4
Justificación.....	6
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA.....	7
1.1. Antecedentes de la investigación o marco de referencia:	7
1.2. Fundamentación teórica	9
1.2.1. La luz	9
1.2.2. Propiedades de la luz	10
1.2.3. Flujo luminoso	11
1.2.4. Intensidad Luminosa.....	11
1.2.5. Fotometría Óptica	11
1.2.6. Magnitudes Básicas en fotometría.....	13
1.2.7. Magnitudes fotométricas estándar	13
1.2.8. Color	15
1.2.9. Temperatura del color.....	15
1.2.10. Tecnología LED.....	16

1.2.11. Beneficios de las luces LED	17
1.2.12. Alumbrado público	18
1.2.13. Normativa para el alumbrado vial en el Ecuador	19
1.2.14. Clases de alumbrado y parámetros fotométricos por vías	20
1.2.14.1. Vías para tráfico motorizado.....	20
1.2.14.2. Parámetros fotométricos para vías peatonales	21
1.2.14.3. Parámetros fotométricos para zonas en conflicto	22
1.2.15. Métodos de cálculo para la iluminancia y luminancia	23
1.2.15.1. Norma CIE 140:2000.....	23
1.2.15.2. Posición de puntos de cálculo.....	24
1.2.15.3. Posición de puntos de cálculo en un carril.....	24
1.2.15.4. Posición del observador	25
1.2.15.5. Número de luminarias incluidas en el cálculo	25
1.2.16. Iluminancia	26
1.2.16.1. Iluminancia Planear.....	26
1.2.16.2. Iluminancia semicilíndrica.....	27
1.2.17. Campo de cálculo	28
1.2.18. Posición de puntos de cálculo.....	28
1.2.19. Número de luminarias en el cálculo	28
1.2.20. Dirección Longitudinal.....	29
1.2.21. Dirección Longitudinal.....	29

1.2.22.	Áreas de forma irregular.....	29
1.2.23.	Cálculo de las características de la calidad.....	29
1.2.24.	Incremento de Umbral.....	30
1.3.	Metodología.....	30
1.3.1.	Enfoque.....	30
1.3.2.	Tipos de investigación	31
1.3.3.	Técnicas de recolección de información.....	31
1.4.	Conclusiones del capítulo.....	31
CAPÍTULO II. PROPUESTA		33
2.1.	Título del proyecto	33
2.2.	Objetivo del proyecto.....	33
2.3.	Justificación de la propuesta	33
2.4.	Fundamentación de la propuesta.....	34
2.5.	Metodología para alcanzar objetivos planteados	35
2.5.1.	Obtención de información	35
2.5.1.1.	Ubicación geográfica de la Provincia de Bolívar.....	35
2.5.1.2.	Datos del sistema actual de alumbrado público de la Provincia de Bolívar.....	36
2.5.1.3.	Desfase de potencia en luminarias existentes en la Provincia de Bolívar.....	37
2.5.2.	Simulación del cambio de luminarias.....	39

2.5.3. Análisis económico, social y ambiental.....	40
2.6. Arquitectura, diseños, planos detallados de la propuesta.....	41
2.6.1. Luminarias LED propuestas para el cambio de luminarias de sodio de 400W.....	41
2.6.2. Luminarias LED propuestas para el cambio de luminarias de sodio de 250W.....	43
2.6.3. Luminarias LED propuestas para el cambio de luminarias de sodio de 150W.....	43
2.6.4. Luminarias LED propuestas para el cambio de luminarias de sodio de 100W.....	44
2.7. Requerimientos de hardware y software	46
2.7.1. Software ULYSSE 3.....	46
2.8. Costo de implementación.....	47
2.8.1. Costos de mantenimiento.....	47
2.9. Conclusiones Capítulo II.....	53
CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACION DE LA PROPUESTA	55
3.1. Análisis de los resultados	55
3.1.1. Análisis de la distribución de luminarias existentes en la provincia de Bolívar	55
3.1.2. Simulación de cambio de luminarias de sodio y mercurio por luminarias de tecnología LED	56
3.1.2.1. Simulación para el reemplazo de luminarias de sodio de 400W .	56
3.1.2.2. Simulación para el reemplazo de luminarias de sodio de 250W .	58

3.1.2.3. Simulación para el reemplazo de luminarias de sodio de 150W .	60
3.1.2.4. Simulación para el reemplazo de luminarias de sodio de 100W.	62
3.1.3 Simulaciones para vías en zonas de conflicto.....	64
3.2. Validación técnica - económica de los resultados.....	65
3.2.2. Costos de energía consumida por luminarias de sodio y LED.	67
3.2.2.1. Costos de energía para el cambio de luminaria de sodio de 100W por LED de 90W	67
3.2.2.2. Costos de energía para el cambio de luminaria de sodio de 150W por LED de 120W	68
3.2.2.3. Costos de energía para el cambio de luminaria de sodio de 250W por LED de 200W	68
3.2.2.4. Costos de energía para el cambio de luminaria de sodio de 400W por LED de 240W	69
3.2.3. Comparación de costos entre luminarias de sodio y LED	69
3.2.3.1. Comparación de costos para el reemplazo de luminarias Na 100W por LED 90W	69
3.2.3.2. Comparación de costos para el reemplazo de luminarias Na 150W por LED 120W	71
3.2.3.3. Comparación de costos para el reemplazo de luminarias Na 250W por LED 200W.....	72
3.2.3.4. Comparación de costos para el reemplazo de luminarias Na 400W por LED 240W	73
3.2.4. Viabilidad de la sustitución de luminarias de sodio por luminarias LED	75

3.2.4.1. Viabilidad de la sustitución de luminarias de Na 100W por luminarias LED 90W	75
3.2.4.2. Viabilidad de la sustitución de luminarias de Na 150W por luminarias LED 120W	77
3.2.4.3. Viabilidad de la sustitución de luminarias de Na 250W por luminarias LED 200W	78
3.2.4.4. Viabilidad de la sustitución de luminarias de Na 400W por luminarias LED 240W	79
3.3. Evaluación de expertos	81
3.4. Evaluación de impactos o resultados	82
3.5. Conclusiones Capítulo III	83
Conclusiones generales	84
Recomendaciones.....	85
Referencias bibliográficas.....	86
Anexos.....	91

Índice de tablas

Tabla I Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos	5
Tabla II Tipos de bombillas y flujo luminoso.....	11
Tabla III Intensidad luminosa para espacios individuales.....	11
Tabla IV Colores del espectro visible	12
Tabla V Equivalencias de magnitudes fotométricas	13
Tabla VI Magnitudes Fotométricas.....	14
Tabla VII Magnitudes fotométricas frecuentes	14
Tabla VIII Tipologías luz y su respectiva temperatura	16
Tabla IX Clases de alumbrado para diferentes tipos de vías públicas.....	20
Tabla X Luminancia de calzada para tráfico motorizado	21
Tabla XI Niveles de iluminancia para el tráfico peatonal.....	21
Tabla XII Parámetros para la selección de la clase de iluminación.....	22
Tabla XIII Parámetros fotométricos	23
Tabla XIV Luminarias existentes en la provincia de Bolívar.....	36
Tabla XV Porcentajes de pérdidas en balastos por tipo de luminaria.....	38
Tabla XVI Potencia real y carga total de luminarias existentes.	39
Tabla XVII Mantenimientos de las luminarias.....	48
Tabla XVIII Mantenimientos de las luminarias Na.....	49
TABLA XIX Mantenimientos de las luminarias led.....	50

Tabla XX Tasa de crecimiento del costo de materiales	51
Tabla XXI Tasa de crecimiento del costo de mano de obra	51
Tabla XXII Costo de mantenimientos en luminarias Na 100W y 150W	52
Tabla XXIII Costo de mantenimientos en luminarias Na 250W y 400W	53
Tabla XXIV Parámetros fotométricos requeridos vía M3.....	58
Tabla XXV Parámetros fotométricos requeridos vía M3.....	60
Tabla XXVI Parámetros fotométricos requeridos vía M4.....	62
Tabla XXVII Parámetros fotométricos requeridos vía M4.	64
Tabla XXVIII Clases de iluminación según características de las vías	64
Tabla XXIX Clases de iluminación en zonas de conflicto	65
Tabla XXX Costo de mantenimientos luminarias LED 90W y 120W	65
Tabla XXXI Costo de mantenimientos luminarias LED 200W y 240W	66
Tabla XXXII Costo de energía luminaria Na 100W y LED 90W	67
Tabla XXXIII Costo de energía luminaria Na 150W y LED 120W	68
Tabla XXXIV Costo de energía luminaria Na 250 y LED 200W	68
Tabla XXXV Costo de energía luminaria Na 400W y LED 240W	69
Tabla XXXVI Costos entre luminaria de Na 100W por LED 90W	69
Tabla XXXVII Costos entre luminaria de Na 150W por LED 120W	71
Tabla XXXVIII Costos entre luminaria de Na 250W por LED 200W	72
Tabla XXXIX Costos entre luminaria de Na 400W por LED 240W	74

Tabla XL Análisis financiero de la sustitución de luminarias Na 100W por LED 90W	75
Tabla XLI Análisis de viabilidad.....	76
Tabla XLII Análisis financiero de la sustitución de luminarias Na 150W por LED 120W	77
Tabla XLIII Análisis de viabilidad.....	78
Tabla XLIV Análisis financiero de la sustitución de luminarias Na 250W por LED 200W	78
Tabla XLV Análisis de viabilidad	79
Tabla XLVI Análisis financiero de la sustitución de luminarias Na 400W por LED 240W	79
Tabla XLVII Análisis de viabilidad	80
TABLA XLVIII Disminución anual de emisiones de CO ₂	83

Índice de figuras

Fig. 1. La luz	9
Fig. 2. Propiedades de la luz	10
Fig. 3. Curvas de respuesta relativas fotópica y escotópica del ojo humano	12
Fig. 4 Temperatura del color.....	16
Fig. 5. Campo de cálculo de luminancia de cada calzada	23
Fig. 6. Posición de puntos de cálculo	24
Fig. 7. Posición del observador en varios tipos de carreteras	25
Fig. 8. Posición de luminarias y luminiscencia en el punto de cálculo.....	26
Fig. 9. Ángulos utilizados para el cálculo de la iluminancia cilíndrica	27
Fig. 10. Campo de cálculo típico de carretera.....	28
Fig. 11. Diagrama de flujo de la metodología aplicada.	35
Fig. 12. Mapa político de la Provincia de Bolívar.	36
Fig. 13. Diagrama Polar Fotometría Solaris 240W.....	41
Fig. 14. Diagrama Polar Fotometría Solaris 200W.....	42
Fig. 15. Diagrama Polar Fotometría Novaled 180W.	42
Fig. 16. Diagrama Polar Fotometría Street Light Urban 120W.....	43
Fig. 17. Diagrama Polar Fotometría SKY PRO 120W.....	44
Fig. 18. Diagrama Polar Fotometría Shark 110 W.	44
Fig. 19. Diagrama Polar Fotometría Shark 90W.	45

Fig. 20. Diagrama Polar Fotometría Novaled 90W.	45
Fig. 21. Diagrama Polar Fotometría Novaled 60W.	46
Fig. 22. Interfaz para diseño de vías del software Ulysse 3.	47
Fig. 23. Distribución de luminarias en la provincia de Bolívar.	55
Fig. 24. Datos para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.	57
Fig. 25. Simulación para el cambio de luminarias de 400W por LED.	57
Fig. 26. Datos para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.	59
Fig. 27. Simulación para el cambio de luminarias de 250W por LED.	59
Fig. 28. Datos para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.	61
Fig. 29. Simulación para el cambio de luminarias de 150W por LED.	61
Fig. 30. Datos para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.	63
Fig. 31. Simulación para el cambio de luminarias de 100W por LED.	63
Fig. 32. Comparación de costos entre luminaria Na 100W y LED 90W.	70
Fig. 33. Comparación de costos entre luminaria Na 150W y LED 120W.	72
Fig. 34. Comparación de costos entre luminaria Na 250W y LED 200W.	73
Fig. 35. Comparación de costos entre luminaria Na 400W y LED 240W.	74

INTRODUCCIÓN

Los requerimientos de la población cada día van en incremento, pero es importante señalar que; en respecto a iluminación los índices son aún mayores. Las necesidades de iluminación en las vías de tráfico para transporte motorizado, peatonal, espacios verdes, parques, canchas deportivas, en fin; todo tipo de situaciones y espacios que requieran ser iluminados bajo luz artificial necesitan ser analizadas y abordadas en base a requerimientos puntuales. Varias son las normas que procuran analizar todas las situaciones que aluden y describen al comportamiento del alumbrado. Los países mayormente influyentes en lo que respecta a normativa son: Estados Unidos, Colombia, Brasil, Argentina, España, Bélgica, etc.

En Ecuador el sector eléctrico ha sufrido varios cambios que de alguna manera han pasado a ser de gran desarrollo ya que el crecimiento de plantas hidroeléctricas ha permitido que no se compre energía eléctrica a países vecinos. Con respecto a la estructura del sector eléctrico en el ámbito institucional el Ministerio de energía y recursos naturales no renovables es el ente rector encargado aprobar toda ejecución de proyectos que se planeen realizar.

La mayoría de proyectos de iluminación deben enmarcarse en conocer los requerimientos que los usuarios pretendan obtener. Dentro de los más puntuales son; niveles de iluminación, condiciones visuales, tiempo de permanencia, calidad de lumínica o fines específicos que pretendan dar solución a ciertas problemáticas.

Ante tales situaciones y debido al alto consumo de energía, emplear energía efectivamente se ha convertido en una de las metas de los gobiernos actuales. Es por tal motivo que se establece el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE); cuyo objetivo es poseer una tecnología que aborde cada uno del aspecto que el análisis de luminancia implica. En dicho laboratorio se pueden estimar apropiadamente las características fotométricas de los sistemas de alumbrado público.

Bajo las premisas anteriormente planteadas el presente trabajo de titulación pretende consolidar un análisis referente al consumo y eficiencia energética

mediante la implementación de tecnología LED en el servicio de alumbrado público con respecto a la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar.

Las estadísticas de consumo energético denotan que, en el 2018, la capacidad de generación a nivel nacional fue de alrededor de 8.676.89 MW de potencia nominal y 8.062.58 MW de potencia efectiva [1]. Es más que obvia la necesidad de reducir la potencia consumida mediante el uso responsable y con análisis que permitan determinar un consumo efectivo. Se contempla abordar accesorios auxiliares de las luminarias de vapor de sodio como: balasto, ignitor y condensador, los cuales pueden ser optimizados promoviendo la eficiencia energética.

Antecedentes: el presente proyecto está dentro de la línea de investigación del programa de maestría en Electricidad mención en Sistemas Eléctricos de Potencia, que es parte de la sub línea del programa conversión y uso racional de la energía eléctrica y está enfocado dentro de la temática de eficiencia energética y desarrollo sostenible.

En Ecuador como ente regulador para la prestación del servicio de alumbrado público general está la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR), mediante Regulación Nro. ARCERNNR 006/20 la misma que tiene como objetivo normar las condiciones técnicas que permitan a las empresas eléctricas distribuidoras prestar el servicio de alumbrado público general con calidad y eficiencia.

Para la aplicación del sistema de alumbrado público en el país la tecnología que es usada de manera habitual por las empresas distribuidoras son las luminarias de vapor de sodio de alta presión, vapor de sodio de baja presión y vapor de mercurio. La Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar con el propósito de realizar eficiencia energética y reducir las pérdidas de energía en el ámbito de alumbrado público realiza la sustitución de luminarias de vapor de mercurio por luminarias de vapor de sodio de doble nivel de potencia.

Planteamiento Del Problema: El avance tecnológico en los sistemas de alumbrado público de una ciudad, es un desafío necesario de la sociedad en la actualidad y también a forma futura, pues con el cambio de tecnología se permite reducir el consumo eléctrico, los niveles de impacto ambiental, y contaminación lumínica, contribuyendo así a la disminución de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI).

El tipo de iluminación que mayoritariamente se utiliza en el alumbrado público en el Ecuador, actualmente corresponde a lámparas de vapor de sodio de alta presión, estas lámparas son muy populares por su accesibilidad en el mercado por el uso tecnologías tradicionales. Las deficiencias técnicas que presentan las luminarias tradicionales de sodio instaladas son principalmente mayores pérdidas de energía en los elementos como el balasto, capacitor e ignitor. Además, las luminarias de alta intensidad de descarga, por su estética y funcionamiento al estar conformado por un reflector y un difusor, provoca una reducción del flujo luminoso que produce la bombilla.

De tal forma que el presente proyecto de investigación está encaminado a aplicar eficiencia energética en los sistemas de alumbrado público de la Empresa Eléctrica Pública Estratégica Corporación Nacional de Electricidad CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar, con la aplicación de luminarias LED que cumplan con los parámetros fotométricos que establece la Regulación Nro. ARCERNNR 006/20.

Formulación Del Problema: A pesar de que las lámparas de sodio son bastante usadas en el Ecuador su funcionamiento no contribuye con el ahorro de energía, ni tienen una excelente duración, además que los costos de mantenimiento durante la vida útil de la lámpara son significativos.

Mientras que las lámparas LED muestran una variedad de ventajas como son el ahorro energético que representa su mayor aporte junto con su larga vida útil, su velocidad de arranque es inmediato, está diseñada para arranques y paros continuos, es decir que funciona bajo un esfuerzo considerable.

El Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables (MERNNR), considera que es necesario el uso de tecnologías LED puesto que en el país el alumbrado público supone un 6% del consumo eléctrico nacional. Esa medida supera la media internacional establecida, que es del 3%. De ahí que desde esa Cartera de Estado se emprendió, entre otros proyectos, uno que busca que los sistemas de alumbrado cuenten con criterios de eficiencia energética desde su fase de diseño [2].

Por su parte CNEL EP Unidad De Negocio Bolívar busca reducir pérdidas de carácter técnico en el Sistema de Alumbrado Público General de Guaranda, para lo cual se han presentado varios proyectos con diferentes tipos de luminarias, razón por la cual se busca el desarrollo de la presente investigación, debido a que la utilización de luminarias LED para Alumbrado Público ayudara a mitigar costos habituales empleados en los sistemas de señalización luminosa, debido a varios factores entre ellos la vida útil, ya que este tiempo oscila entre 50 000 a 100 000 horas el cual es mucho mayor que las actualmente utilizadas.

Objetivo General:

Analizar la eficiencia energética mediante la implementación de tecnología LED en el servicio de alumbrado público general de la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar.

Objetivos Específicos:

- Identificar las características, cualidades, ventajas y desventajas de las luminarias de tecnología LED del alumbrado público general a través de un análisis bibliográfico.
- Analizar el sistema actual del alumbrado público general de la Provincia de Bolívar.
- Diseñar un sistema de iluminación LED mediante el software de simulación Ulysse considerando las características de las distintas vías de la Provincia de Bolívar.

TABLA I SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Identificar las características, cualidades, ventajas y desventajas de las luminarias de tecnología LED del alumbrado público a través de un análisis bibliográfico.	Recopilación de información de eficiencia energética.	Generación del marco teórico acorde a la información necesaria para proceder con el desarrollo del marco teórico.	Conceptualización de las principales características de las variables de estudio
	Identificación de luminarias instaladas en las redes de distribución.	Determinar los tipos de luminarias y las potencias de cada una de ellas.	Búsqueda en libros, paper, revistas, páginas web, artículos, trabajos de grado, etc.
Analizar el sistema actual de alumbrado público general de la Provincia de Bolívar.	Obtener las magnitudes eléctricas de las luminarias instaladas en las redes de distribución.	Identificar el porcentaje de pérdida que presenta la luminaria.	Instructivo para el mantenimiento de alumbrado público
	Verificar costos de implementación y mantenimiento para el sistema de alumbrado público.	Generación de la viabilidad económica mediante indicadores financieros	Cálculos de costos de mantenimiento, mano de obra, inversiones e indicadores financieros.
	Obtener fotometrías de diferentes tipos de luminarias LED para realizar simulaciones.	Establecer la luminaria tipo Led que sea de características equivalente en potencia e iluminancia en concordancia a la luminaria de vapor de sodio.	Con los parámetros fotométricos comprobamos si están acorde a la regulación que emite la ARCERNNR.
Diseñar un sistema de iluminación LED mediante el software de simulación Ulysse considerando las características de las distintas vías de la Provincia de Bolívar.	Diseño de un proyecto de sustitución de luminarias por tecnología LED.	Simulación mediante el software Ulysse 3 el cambio de luminarias de vapor de sodio por tecnología LED.	Determinar la viabilidad de la implementación del nuevo sistema de iluminación analizando el cumplimiento de los parámetros fotométricos que establece la Regulación Nro. ARCERNNR 006/20.

Justificación: La presente investigación se desarrolla con el objetivo de analizar la eficiencia energética mediante la implementación de tecnología LED en el servicio de alumbrado público general de la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar.

El desarrollo de la investigación es importante puesto que aportará con datos significativos que ayudará a promover la utilización de Tecnología LED en el sistema de alumbrado público general, para ello es necesario entender que el uso de esta tecnología es una pieza clave en el desarrollo de la economía en los mercados globales. El sector de la iluminación podría ahorrar un 45% de la energía eléctrica consumida gracias a la utilización profesional de la tecnología LED [3].

Se considera que la iluminación LED en aplicaciones industriales supondría un gran ahorro energético, por la potencia, a iluminar y horas de uso. Por este motivo, el número de empresas que en la actualidad están sustituyendo los sistemas de iluminación tradicional por este tipo de tecnología es cada vez mayor.

Con la presencia de nuevas tecnologías como de las luminarias de tecnología LED, con mejoras en las prestaciones en el alumbrado público se hace importante realizar un estudio donde se analice las diferencias, costos, beneficios y relación con el ambiente entre los dos sistemas, para así advertir sobre la conveniencia de la sustitución de luminarias que componen el sistema actual frente a las de tecnología LED.

Hasta el momento, la mayor parte de las investigaciones desarrolladas en iluminación LED para la sustitución de tecnologías tradicionales, se han centrado en la iluminación urbana, sin embargo, la presente investigación tiene por objeto evaluar el ahorro económico y la eficiencia energética que supone la iluminación basada en tecnología LED mediante el análisis de la situación actual y posterior a ello diseñar un sistema de iluminación LED mediante el software de simulación Ulysse 3 considerando las características de las distintas vías de la Provincia de Bolívar.

CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA

1.1. Antecedentes de la investigación o marco de referencia:

Debido a la evolución en tecnología LED que viene produciéndose desde el año 1997 en Japón, la iluminación de luz blanca basada en LED en el mercado mundial se está demandando con mayor intensidad la transformación de las fuentes de iluminación convencional a soluciones más eficientes y duraderas basadas en sistemas de iluminación LED [4]. En consecuencia, varias empresas a nivel mundial buscan conseguir sistemas de iluminación con buenas prestaciones, altamente eficientes y que resulten asequibles.

Para Andrade, et al. [3], la posibilidad de ofrecer soluciones con un alto rendimiento desde el punto de vista del ahorro energético eliminando costes de mantenimiento y ofreciendo un sistema duradero en el tiempo, ha convertido la tecnología LED en uno de los motores tecnológicos más competitivos y con mayor proyección de futuro en el sector de la iluminación. De esta manera, la eficiencia energética se concibe como una metodología para el análisis y tratamiento de los problemas del creciente consumo.

Así también, según J. González [5] en su investigación realizada en España, aseguró que, la tecnología LED es actualmente la más utilizada en este tipo de proyectos, debido al alto nivel de iluminación y la alta eficiencia energética que garantiza esta tecnología compensando su elevado coste actual. Asimismo, el autor recomienda

encarecidamente que la tecnología LED se incorpore en todo tipo de iluminación exterior, ya que la vida útil de los LED es de unas 50.000 horas, y esta duración no puede ser alcanzada por otra actualmente.

En un estudio ejecutado por Chabla [6], se investigó sobre la reducción de costos en el consumo y eficiencia energética en Cuenca, se logró determinar que el uso de luces LED, reduce un 22% el consumo de energía, sin embargo, redujo el nivel de iluminación.

La CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar viene instalando luminarias tipo LED a través de los diferentes programas de Alumbrado Público. Además, parte de luminarias del tipo LED que han sido instaladas se lo ha hecho a través de proyectos particulares que cuentan con medición propia.

También se debe tomar en cuenta que mediante el artículo 314.- de la CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR establece que:

“El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley”., *“El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad...”*

Así también, el artículo 2 de la LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA y en cumplimiento de los objetivos:

Objetivo 1 “Cumplir la prestación del servicio público de energía eléctrica al consumidor o usuario final, a través de las actividades de: generación, transmisión, distribución y comercialización, importación y exportación de energía eléctrica”

Objetivo 2 “Proveer a los consumidores o usuarios finales un servicio público de energía eléctrica de alta calidad, confiabilidad y seguridad; así

como el servicio de alumbrado público general que lo requieran según la regulación específica”

Así como en el artículo 7 de la misma ley señala:

“Constituye deber y responsabilidad privativa del Estado, a través del Gobierno Central, satisfacer las necesidades del servicio público de energía eléctrica y alumbrado público general del país, mediante el aprovechamiento eficiente de sus recursos, de conformidad con el Plan Nacional de Desarrollo, el Plan Maestro de Electricidad, y los demás planes sectoriales que fueren aplicables.”

Acorde a lo expuesto se considera indispensable la contextualización del presente proyecto como se lo detalla a continuación.

1.2. Fundamentación teórica

1.2.1. La luz

Se denomina luz a la manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas capaces de ser percibidas por el órgano visual, las longitudes de onda de estas radiaciones electromagnéticas están comprendidas en el rango de 380 y 770 nm, conocido como espectro visible [7].

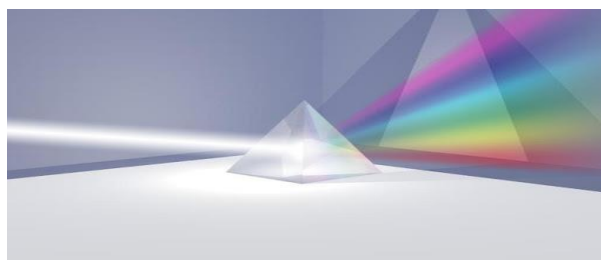


Fig. 1. La luz

Fuente: [8]

En el instante en el que la luz llega a un objeto se producen los siguientes fenómenos:

- Reflexión.

- Transmisión-refracción.
- Absorción.

Así también se puede decir que la luz es una onda electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano y su frecuencia determina el color de esta. La ciencia del estudio de los principales métodos de luminiscencia, su control y aplicación se denomina tecnología de iluminación [9].

Por lo tanto, la luz es radiación electromagnética (EM), que es naturalmente la fluctuación de campos eléctricos y magnéticos. Específicamente, la luz es energía y el fenómeno del color es el producto de la interacción entre la energía y la materia. La existencia de ondas electromagnéticas tiene dos funciones: un campo magnético variable produce un campo eléctrico; un campo eléctrico variable produce un campo magnético. Así, las ondas electromagnéticas se componen de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que forman ángulos rectos (perpendiculares) entre sí y también perpendiculares a la dirección de propagación de la onda (ángulos rectos). En última instancia, las ondas electromagnéticas son de naturaleza transversal [10].

1.2.2. Propiedades de la luz

Cuando la luz incide sobre algún cuerpo, su comportamiento cambiará según la superficie y estructura del objeto y la inclinación de la luz incidente, provocando los siguientes fenómenos físicos:

<p>Absorción. Cuando un rayo de luz visible incide sobre una superficie negra, mate y opaca, se absorbe casi por completo y se convierte en calor.</p>	<p>Reflexión. Cuando la luz incide sobre una superficie lisa y brillante, se refleja totalmente en un ángulo igual al de incidencia</p>	<p>Transmisión. Es el fenómeno por el cual la luz puede atravesar objetos no opacos</p>
<p>Refracción. Es un fenómeno que ocurre dentro del de transmisión. Cuando los rayos luminosos inciden oblicuamente sobre un medio transparente, o pasan de un medio a otro de distinta densidad.</p>	<p>Dispersión. la dispersión determina el color del cielo y por tanto la iluminación natural, así como las aberraciones cromáticas y el diseño de las lentes que veremos más adelante.</p>	<p>Difracción. Es la desviación de los rayos luminosos cuando inciden sobre el borde de un objeto opaco.</p>

Fig. 2. Propiedades de la luz

Fuente: [10]

1.2.3. Flujo luminoso

El flujo luminoso es una variable importante a la que se debe prestar atención al elegir la iluminación. Indica la energía luminosa emitida por la fuente de luz en 1 segundo, por lo que es una forma de expresión [11].

TABLA II TIPOS DE BOMBILLAS Y FLUJO LUMINOSO

Bombilla clásica	Bombilla halógena	Bombilla de bajo consumo	Bombilla LED	Flujo luminoso
25 W	25 W	5 W	3 W	210 - 204 lm
40 W	40 W	9 W	5 W	400 - 450 lm
60W	60W	13 W	9 W	700 - 740 lm
100W	100W	22 W	15 W	1300 - 1500 lm

Fuente: [11]

1.2.4. Intensidad Luminosa

La intensidad luminosa es parte del flujo luminoso que cae en un área de cierto tamaño y depende de ciertos aspectos, tales como el ángulo, la fuente, la distancia. Esta es una unidad muy importante y se puede medir fácilmente con un medidor de iluminancia conocido como luxómetro. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm/m² [12]. El valor de intensidad de luz de un solo espacio a continuación:

TABLA III INTENSIDAD LUMINOSA PARA ESPACIOS INDIVIDUALES

Tipo de espacio o de actividad	Iluminancia (lx)
Escalera	30
Pasillo	70
Baño, WC	150
Cocina, salón, comedor	250 - 350
Iluminación para leer, escribir, tareas simples	500

Fuente: [11]

1.2.5. Fotometría Óptica

La fotometría es la ciencia es el campo de la ciencia que se encarga de medir la luz y como esta es percibida por los ojos del ser humano. Las características que posee se enlistan a continuación:

- La radiometría describe la transferencia radiactiva de una fuente.
- Sus unidades han sido normalizadas en respuesta a la sensibilidad espectral.
- La dependencia espectral radica en la longitud de onda perceptible.
- En condiciones de luminosidad alta su nombre cambia a curva de respuesta fótica.
- En condiciones de luminosidad baja se denomina como curva de respuesta escotópica.

En caso de analizar el espectro luminoso y a menos que no se muestren otras condiciones, de visión fótica [13].

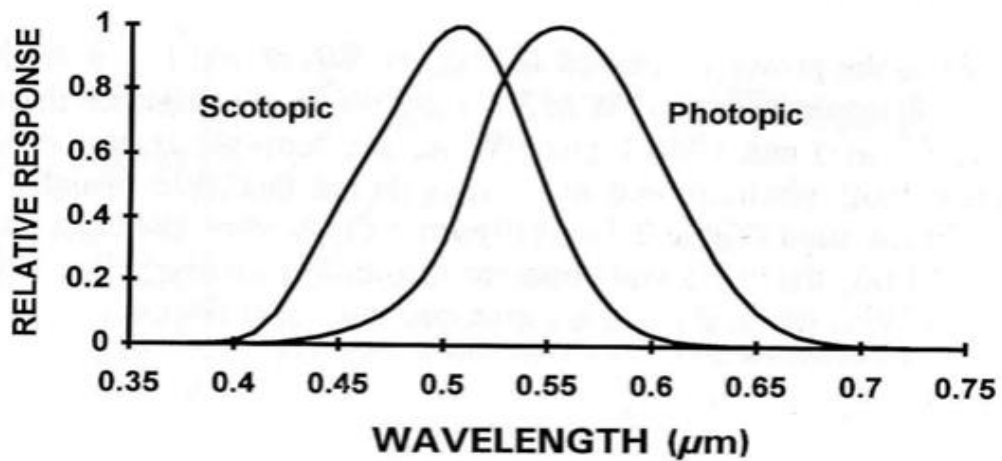


Fig. 3. Curvas de respuesta relativas fótica y escotópica del ojo humano

Fuente: [13]

Estas se definen según la percepción de ojo humano; valores que se enlistan en la tabla expuesta a continuación.

TABLA IV COLORES DEL ESPECTRO VISIBLE

Color	Espectro Mínimo	Espectro Máximo
Púrpura	360 nm	450 nm
Azul	450 nm	500 nm
Verde	500 nm	570 nm
Amarillo	570 nm	591 nm
Naranja	591 nm	610 nm
Rojo	610 nm	830 nm

Fuente: [13]

1.2.6. Magnitudes Básicas en fotometría

La fotometría es aplicada en cada uno de los sistemas sensibles del espectro visible. La magnitud escalar para medir el flujo luminoso se denomina lúmenes y se expresa como:

$$\theta_v = k_M \int_{0,38\mu m}^{0,75\mu m} V(\lambda) M_p(\lambda) d\lambda \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

$$M_p(\lambda) = \text{potencia expresado en } \frac{W}{\mu m}$$

$$K_M = \text{eficiencia luminosa } \frac{\text{lumen}}{W} \text{ (valores que oscilan de } 683 \frac{\text{lumen}}{W} \text{)}$$

$$\lambda = 0,55 \mu m \equiv 550 \text{ nm}$$

Si bien es cierto que, en la mayoría de ocasiones se utiliza un solo sistema para trabajar, alrededor del mundo existen varios sistemas. En consecuencia, es importante determinar sus equivalencias:

TABLA V EQUIVALENCIAS DE MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS

Magnitud fotométrica	Símbolo	Unidad	Magnitud fotométrica	Símbolo	Unidad
Flujo Radiante	θ_c	W	Flujo Luminoso	θ_v	Lumen (lm)
Intensidad Radiante	I_c	$\frac{W}{sr}$	Intensidad luminosa	I_v	lm/sr=candela (cd)
Irradiancia	E_c	$\frac{W}{m^2}$	Iluminancia	E_v	$lm/m^2 = lux$
Radiancia	L_c	$W m^{-2} sr^{-1}$	Luminancia	L_v	$lm m^{-2} sr^{-1} = cd/m^2$

Fuente: [13]

1.2.7. Magnitudes fotométricas estándar

Esta depende enteramente del sistema empleado (sistema SI, CGS e inglés) por tal motivo es imperioso delimitar cual será el empleado de magnitudes fotométricas.

La tabla 6 denota la definición, simbología y respectivas unidades en cada uno de los sistemas.

TABLA VI MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS

Definición	Símbolo	Unidades SI y MKS	Unidades CGS	Unidades S. Inglés
Energía Luminosa	Q_v	Talbot (T)	Talbot (T)	Talbot (T)
Flujo Luminoso	Φ_v	Lumen (lm)	Lumen (lm)	Lumen (lm)
Intensidad Luminosa	I_v	Candela (cd) lumen/sr	Candela (cd) lumen/sr	Candela (cd) lumen/sr
Exitancia Luminosa (desde una fuente) También: emitancia luminosa	M_v	Lux (lx) = lumen/m ²	Phot (ph) lumen/cm ²	Footcandle (fc) lumen/ft ²
Incidencia Luminosa (sobre un objetivo) También: iluminancia	E_v	Lux (lx) = lumen/m ²	Phot (ph) lumen/cm ²	Footcandle (fe) lumen/ft ²
Esterancia luminosa También: brillo, luminancia	L_v	Nit = lumen/(m ² . sr) = cd/m ²	Stilb (sb) cd/cm ²	Candela/ft ²

Fuente: [13]

Bajo cualquier situación se recomienda emplear el sistema internacional SI por ayudar en los siguientes aspectos.

- La expresión: emitancia de luminancia pueden ser similar a existencia luminosa.
- La expresión: brillo y luminancia pueden usarse como esterancia luminosa.
- Antes de trabajar es importante identificar algunas magnitudes fotométricas frecuentes.

TABLA VII MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS FRECUENTES

Magnitud	Valor
Flujo luminoso total de una bombilla incandescente de tungsteno, de 100W de potencia, con 82 W de flujo radiante total	1740 lm
Flujo luminoso de salida de un láser de He-Ne de media potencia, de 5 mW de flujo radiante, a 632.8 nm, con $K_r = 159$ lm/W	796 lm
Flujo radiante de una lámpara fluorescente de 40 W, con 23.2 W de flujo radiante, con $K_r=122$ lm/W, $K_s=71$ lm/W	2830 lm
Lámpara de iluminación en aeropuerto de 1200W	27500 lm

Iluminancia solar fuera de la atmósfera, en posición media de la órbita terrestre, con irradiancia de 1367 W/m ² , Kr=99.3 lm/W	133 klx
Iluminancia solar directa en la superficie de la tierra, a mediodía, en el sudeste de USA, en invierno, cielo claro, con irradiancia de 852 W/m ² , Kr-L15 lm/W	78.9 klx
Luminancia media del sol en su superficie, con radiancia=2.3*10 ⁷ W m ⁻² sr ⁻¹	2.3*10 ⁹ cd/m ²
Luminancia aparente media del sol desde la superficie de la tierra	1.6*10 ⁹ cd/m ²
Luminancia lunaren un punto brillante	2.5*10 ³ cd/m ²
Luminancia de un cielo claro	8000 cd/m ²
Luminancia de un cielo nublado	2000 cd/m ²
Luminancia de una vela/llama	10000 cd/m ²
Luminancia de un cuerpo negro a 6500 K	3*10 ⁹ cd/m ²
Luminancia de filamento de tungsteno dentro de una bombilla de 100W	1.2*10 ⁷ cd/m ²
Luminancia de una lámpara fluorescente	1.2*10 ⁷ cd/m ²
Luminancia de una superficie lambertiana, con reflectancia 0.7, iluminada con 500 lx	111 cd/m ²

Fuente: [13]

1.2.8. Color

El color de un objeto depende enteramente de la potencia espectral de una fuente de luz, así como de las propiedades de refracción con respecto a la superficie de un objeto. Las propiedades del color de un objeto de describen a continuación:

- El aspecto del color se correlaciona con la temperatura del color
- Estas pueden ser asimiladas por una refractiva.

1.2.9. Temperatura del color

Tiene cierto sentido y/o relación con la iluminancia, esta variable determina el comportamiento lumínico del sistema de iluminación blanca artificial. Su unidad de medida son los grados Kelvin [14]. La definición más simple y puntual de la temperatura de color es; la temperatura absoluta de un cuerpo negro radiante en grados kelvin (K), que tiene un color igual al de la fuente luz.

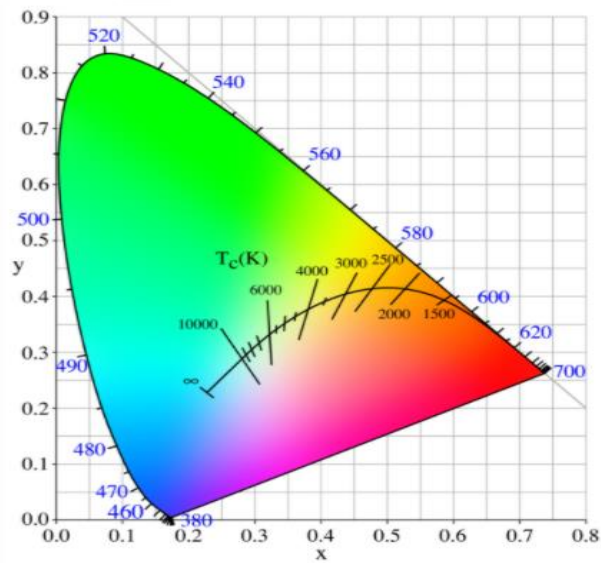


Fig. 4 Temperatura del color

Fuente: [13]

TABLA VIII TIPOLOGÍAS LUZ Y SU RESPECTIVA TEMPERATURA

Tipo de Luz	Material	Temperatura °K
Luz de una cerilla	Parafina	1700
Luz de vela	Parafina	1850
Luz incandescente	Tungsteno	2800
Lámpara halógena	Tungsteno	3000
Lámpara de mercurio	N/A	4000 - 4500
Luz Fluorescente	Tungsteno	2700-10000
Luz de día	N/A	5500
Luz del sol	N/A	5780
Lámpara de Xenón	N/A	6420
Pantalla de televisión	N/A	9300
Relámpago.	N/A	28000–30000

Fuente: [14]

1.2.10. Tecnología LED

Las luces LED similares a las que conocemos hoy se desarrollaron en 1962. En 1990, se fabricó el primer lote de LED azules y luego se fabricaron los LED blancos. El rápido desarrollo de esta tecnología ha convertido a estas bombillas LED en las mejores alternativas a otras tecnologías tradicionales (como incandescentes, neón y fluorescentes) en muchos campos. Por tanto, debido a las enormes ventajas que aportan estas bombillas (como ahorro energético, coste,

duración y respeto por el medio ambiente) [15]. La iluminación LED no solo tiene un bajo consumo de energía, sino que también tiene una larga vida útil y compatibilidad con las energías renovables, por lo que tiene una serie de interesantes ventajas que lo hacen participe en diferentes industrias [16].

La tecnología LED (Diodo Emisor de Luz), es un dispositivo tipo semiconductor que emite luz cuando este está polarizado directamente. Este es un elemento de tipo electroluminiscente, el LED es un diodo de tipo especial que permite el paso de la corriente en un solo sentido, pero que al ser atravesado por esta emite luz. [6]

Existen LED de distintos colores, incluso de colores que los humanos no podemos ver, los colores dependen del material semiconductor con el que fueron fabricados y del tipo de dopante (impurezas) que se le agregue [6], entre ellas tenemos:

- LED blanco
- LED azul
- LED Rojos, Verdes y Azules

Los LED son altamente eficientes cuando nos referimos a los lúmenes emitidos por vatio de electricidad consumida. En el mercado actual, las lámparas LED más eficaces pueden operar aproximadamente a 150 lúmenes por vatio [17].

1.2.11. Beneficios de las luces LED

Los beneficios de la iluminación LED son muchos y muy importantes. Aunque siempre se ha hablado del ahorro de energía, las luces LED pueden aportar más ventajas y beneficios al espacio. Por ejemplo:

Para la salud, son beneficiosos para las personas que sufren fatiga por falta de iluminación adecuada o por el parpadeo de las lámparas tradicionales. Si los usamos bajo un control de iluminación adecuado, podemos ajustar el nivel de iluminación para mejorar la comodidad de iluminación del usuario y reducir diversas enfermedades de esta manera, así también no emitirá radiación ultravioleta, por lo que son seguros para una variedad de aplicaciones.

Los beneficios para el ahorro y la ecología están que, las bombillas tradicionales tardan unas 2000 horas, por lo que se reduce su frecuencia de sustitución, lo que ahorra economía y energía. No emiten rayos ultravioleta o infrarrojos y casi no producen pérdida de calor. No contaminan porque no contienen mercurio ni tungsteno, y se pueden reciclar. Esto representa otro aspecto a medio plazo, pues el mantenimiento de estas bombillas LED es mínimo. Aunque el precio inicial de los proyectos de iluminación puede ser más alto que el de la iluminación tradicional, a la larga sus beneficios son inminentes y los beneficios para el medio ambiente son aún mayores [18].

1.2.12. Alumbrado público

El alumbrado público es la iluminación de vías pública en donde tienen acceso todas las personas, considerado como parte fundamental para el desarrollo de las actividades cotidianas de las personas, es así que esta tecnología cada vez ha ido tomando más relevancia hasta que ha llegado a convertirse en un elemento importante para el desarrollo de la sociedad, además aportando al confort y la seguridad de la población [6].

El alumbrado público está conformado por luminarias, proyectores, sistemas de control, redes de distribución, entre otros, que sirven para dar iluminación a las áreas que utilizan las personas. Dentro de este sistema la parte más importante es la luminaria que es la encargada de proyectar la energía transformada a luz [6].

En la actualidad en servicio de alumbrado público es indispensable, por lo que resulta necesario el poder optimizar este tipo de tecnología con el objetivo de reducir las pérdidas de energía y la contaminación ambiental en el país y en el mundo [7].

En el Ecuador el caso de eficiencia energética para el sector público, para el año 2007 se realizaron estudios para diagnosticar la eficiencia en el consumo de electricidad en los edificios públicos en Quito y el 21 de abril del 2009 el presidente Rafael Correa emitió un decreto ejecutivo en el cual señala la importancia la eficiencia en la iluminación y el ahorro de energía en todas las instituciones

públicas. De esta manera cada institución tiene la obligación de promover la cultura de ahorro 39 y el uso eficiente de la energía en coordinación con la Dirección de Eficiencia Energética del MEER y asumir el costo con su propio presupuesto [19].

Dentro de este marco se llevó a cabo también el proyecto de “Alumbrado Público Eficiente”, el cual se considera de alta importancia dado que este alumbrado supone el 6% del consumo nacional eléctrico. Con este proyecto se sustituyeron 61.610 iluminarias públicas por otras más eficientes, con lo cual se disminuye el consumo de electricidad aproximadamente 20 GWh al año. También se establecieron Normas que dictaminen que, dentro de la planeación y diseño de los espacios públicos, debe haber un marco de eficiencia energética en la iluminación [19].

1.2.13. Normativa para el alumbrado vial en el Ecuador

Acorde a la Regulación Nro. ARCERNNR 006/20, se busca determinar e indicar las normas y condiciones que deben tener las distribuidoras eléctricas a fin de garantizar calidad y eficiencia del servicio. Así también, la resolución señala definiciones como:

***Alumbrado Público:** es la parte de iluminación que está destinada a los espacios públicos, entre los cuales se tienen varias clasificaciones:*

***Alumbrado Público General –APG–:** se le conoce al tipo de iluminación que sirve para el tránsito de vehículos y personas, excluye a las denominadas horizontales.*

***Alumbrado público intervenido:** es el tipo de iluminación que se encuentra reguladas por el control de estándares.*

***Alumbrado público ornamental:** es la que se da a las áreas públicas, es decir parques, monumentos y otros, no tienen regulación, sin embargo, se toma en cuenta y se excluyen de este tipo las bombas y motores de extracción.*

***Empresa eléctrica de distribución o Distribuidora:** es la compañía que esta otorgada para comercializar la energía eléctrica, es decir presta el servicio.*

***Flujo Luminoso (Φ):** Es radiación luminosa sensible al ojo humano. Su símbolo es (Φ) y su unidad es el lumen (lm).*

Luminancia (E): Densidad que incide sobre una superficie. Su símbolo es (E) y puede ser expresada en lux (lx) o en lumen por metro cuadrado (lm/m²).

Intensidad Luminosa (I): Es el flujo luminoso emitido en una dirección concreta. Su símbolo es (I) y su unidad la candela (cd).

Luminancia (L): Es la unión entre la intensidad luminosa y la superficie vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es (L) y su unidad es la candela por metro cuadrado (cd/m²).

1.2.14. Clases de alumbrado y parámetros fotométricos por vías

1.2.14.1. Vías para tráfico motorizado

En la tabla 9 se especifica las Clases de Alumbrado para las vías de tráfico motorizado de acuerdo a las distintas características.

TABLA IX CLASES DE ALUMBRADO PARA DIFERENTES TIPOS DE VÍAS PÚBLICAS.

DESCRIPCIÓN DE LA VÍA	TIPO DE ILUMINACIÓN
Vías de alta velocidad, accesos completamente controlados, autopistas, autovías. Con densidad de tráfico y complejidad de circulación (Nota ¹):	
Nivel Alto (más de 1000 vehículos/hora)	M1
Nivel Medio (entre 500 y 1000 vehículos/hora)	M2
Nivel Bajo (entre 150 y menos de 500 vehículos/hora)	M3
Vías de alta velocidad, vías con doble sentido de circulación.	
Nivel Pobre	M1
Nivel Bueno	M2
Vías urbanas de tráfico Con control de tráfico y separación de usuarios de la vía:	
Nivel Pobre	M2
Nivel Bueno	M3
Vías secundarias de conexión, que proporcionan acceso a propiedades y conducen a conexiones de carreteras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía:	
Nivel Pobre	M4
Nivel Bueno	M5

Fuente: [20]

¹ La complejidad del trazado de carreteras se refiere a la infraestructura, movimiento del tráfico y alrededores visuales. Factores que deben considerarse son: Número de carriles, pendientes; señales e indicadores; rampas de entrada y salida, vías de incorporación, rotondas, etc.

Los parámetros fotométricos para las vías con tráfico motorizado, se precisan en la tabla 10.

TABLA X LUMINANCIA DE CALZADA PARA TRÁFICO MOTORIZADO

Clase de Iluminación	Campo de Aplicación			
	Todas las Vías			Vías con pocas intersecciones
	Luminancia promedio L_{av} (cd/m ²) mínimo mantenido	Factor de uniformidad U_0 Mínimo	TI % Máxima inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia U_L Mínimo
M1	2,0	0,4	10	0,7
M2	1,5	0,4	10	0,7
M3	1,0	0,4	10	0,7
M4	0,8	0,4	10	NR
M5	0,6	0,4	10	NR

Notas: NR = No requerido

Fuente: [20]

1.2.14.2. Parámetros fotométricos para vías peatonales

La parametrización de esta particularidad se la realiza en base a valores de iluminación horizontal, al nivel del piso. La tabla 11 expuesta a continuación establece dichos valores.

TABLA XI NIVELES DE ILUMINANCIA PARA EL TRÁFICO PEATONAL

Clases de iluminación	Iluminación (lx)	
	Valor Promedio (*)	Valor Mínimo (*)
P1	20	7,5
P2	10	3,0
P3	7,5	1,5
P4	5,0	1,0
P5	3,0	0,6
P6	1,5	0,2

Nota: (*) Medidas a nivel del suelo

Fuente: [20]

1.2.14.3. Parámetros fotométricos para zonas en conflicto

La regulación vigente propone el cálculo de luminarias tipo C mediante la siguiente ecuación:

$$C = (6 - \sum V_{ps}) \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

C = Toma valores de 0 a 5 y corresponde a las clases de iluminación de C0 a C5.

$\sum V_{ps}$ = Sumatoria de los valores de ponderación.

Se expone una tabla que resumen en su totalidad las variables que deben ser tomadas en cuenta para el análisis en curso.

TABLA XII PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE LA CLASE DE ILUMINACIÓN

Parámetro	Opciones	Valor de ponderación (V_{ps})	V_{ps} seleccionado
Velocidad	Elevado	3	
	Alto	2	
	Moderado	1	
	Bajo	0	
Volumen de tráfico	Elevado	1	
	Alto	0,5	
	Moderado	0	
	Bajo	-0,5	
	Muy Bajo	-1	
Composición de tráfico	Mezcla con alto porcentaje de tráfico no motorizado	2	
	Mezclado	1	
	Solamente motorizado	0	
Separación de vías	No	1	
	Si	0	
Iluminación Ambiental	Alta	1	
	Moderada	0	
	Baja	-1	
Guías Visuales	Pobre	0,5	
	Moderado o bueno	0	

$$\sum V_{ps}$$

Fuente: [20]

Los parámetros fotométricos son características que miden aspectos básicos en respecto a las clases de iluminación.

TABLA XIII PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS

Clases	Iluminancia Promedio E (lux)	Uniformidad de la iluminancia U_0	Incremento del umbral (%)	
			Moderada y alta velocidad	Baja y muy baja velocidad
C0	50	0,4	10	15
C1	30		10	15
C2	20		10	15
C3	15		15	20
C4	10		15	20
C5	7,5		15	25

Fuente: [20]

1.2.15. Métodos de cálculo para la iluminancia y luminancia

La normativa vigente del país se basa en normativa anteriormente delimitada desde la parte internacional del mundo. El cálculo para el diseño de iluminarias en carretera se basa en Normativa CIE 140-2000 “CIE 30.2-1982” para ser exactos. Dicho esto, es fundamental establecer una matriz de intensidades luminarias.

1.2.15.1. Norma CIE 140:2000

El cálculo de la luminaria se lo realiza de manera longitudinal en carretera y el área de cálculo debe considerarse a partir de ambas, es decir a la primera ubicar a un rango de 60 m de la vista y abarcar toda la carretera visual. Por lo general debe mantener una variación de 1.5 metros de alto.

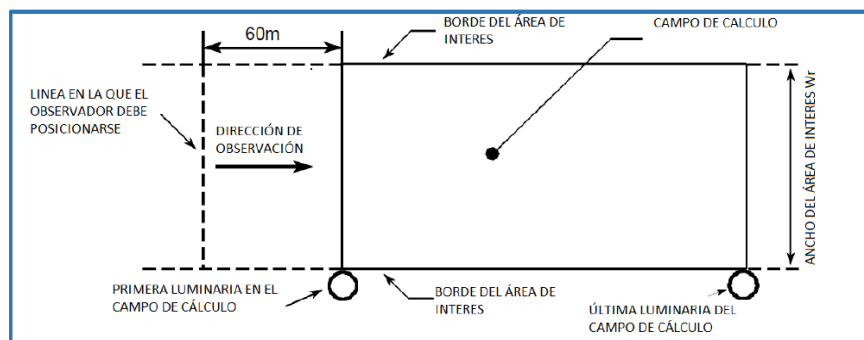


Fig. 5. Campo de cálculo de luminancia de cada calzada

Fuente: [21]

1.2.15.2. Posición de puntos de cálculo

Los puntos de cálculo corresponden a la uniformidad en el distanciamiento entre una iluminaria y otra. Esto se evidencia y se propone una muestra a continuación.

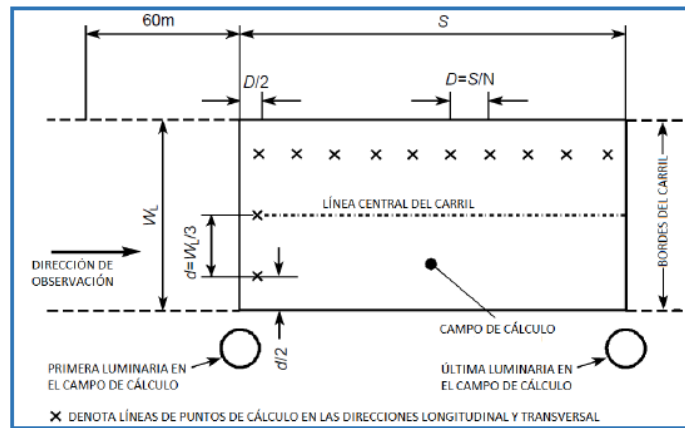


Fig. 6. Posición de puntos de cálculo

Fuente: [21]

1.2.15.3. Posición de puntos de cálculo en un carril

La ecuación para el cálculo de luminarias en dirección horizontal se la expresa a continuación:

$$D = \frac{S}{N} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

S= Espacio entre luminarias

N= cálculo donde ($S \leq 30$, $N=10$)

D= Espacio

Para la ecuación es la siguiente:

$$d = \frac{W_L}{3} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

d= Espacio entre puntos en dirección transversal

WL= ancho del carril.

Nota: Los puntos de cálculo deben ser denotados como $d/2$ en los bordes del carril.

1.2.15.4. Posición del observador

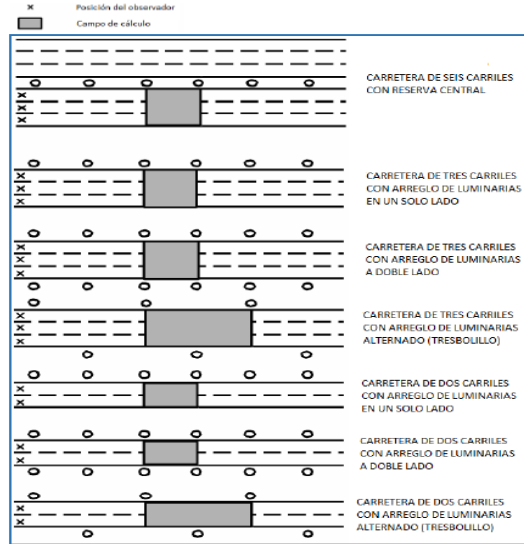


Fig. 7. Posición del observador en varios tipos de carreteras

Fuente: [21]

En dirección transversal es indispensable colocar al observador, esto permite establecer el conteo total en cambio en la uniformidad longitudinal se calcula toda la línea.

1.2.15.5. Número de luminarias incluidas en el cálculo

Como es previsto el total de las luminarias que se encuentran enlistadas en una carretera actual en conjunto iluminado las mismas. Pero con idealización al dimensionamiento es imprescindible analizar los siguientes parámetros. La idealización para colocar las luminarias debe hacerse con relación al área del plano un $5H$ (Altura de montaje) por $17H$ y por su simetría el área dispuesta a cubrir es $10H$ por $17H$. En área ideal es 5 veces mayor a su altura del observador. 12 veces en la altura de montaje del punto de cálculo del observador y 5 veces la altura de montaje al punto de cálculo [21].

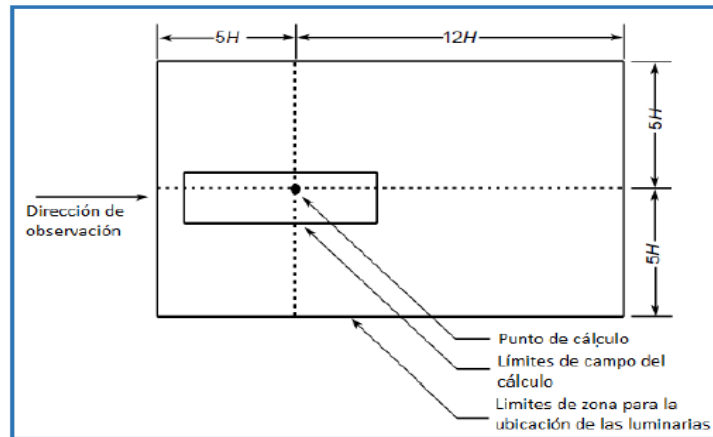


Fig. 8. Posición de luminarias y luminiscencia en el punto de cálculo

Fuente: [21]

1.2.16. Iluminancia

Para el cálculo existen dos fórmulas a ser desarrolladas dado que existe iluminancia planear e iluminancia semicilíndrica.

1.2.16.1. Iluminancia Planear

Usualmente utilizadas en aceras o carreteras. La fórmula se expone a continuación:

$$E_h = \sum \frac{I(c,y) * \cos^3 \epsilon * \Phi * MF}{H^2} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

E_h = Iluminancia horizontal en lux

$I(c,y)$ = Intensidad en cd/klm

ϵ = ángulo de la luz

Y = Angulo fotométrico

H = Altura de montaje

Φ = flujo luminoso inicial en klm de la luminaria

MF = producto del factor de mantenimiento

1.2.16.2. Iluminancia semicilíndrica

En la que se coloca a 1,5 metros por encima de la superficie inicial de interés. La ecuación para calcular dicho valor se expresa a continuación;

$$E_h = \sum \frac{I(c,y) * (1 + \cos \alpha_{sc}) * \cos^2 \varepsilon * \sin \varepsilon * \Phi * MF}{3.14 * (H - 1,5)^2} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

E_h = Iluminancia horizontal en el punto en lux

E_{sc} = Iluminancia semicilíndrica en el punto en lux

$I(c,y)$ = Intensidad en cd/klm

α_{sc} = ángulo entre el plano vertical con contiene el vector de intensidad

ε = ángulo de incidencia de la luz

Y = Angulo fotométrico vertical

H = Altura de montaje

Φ = flujo luminoso inicial en klm de la luminaria

MF = producto del factor de mantenimiento de flujo de la lámpara

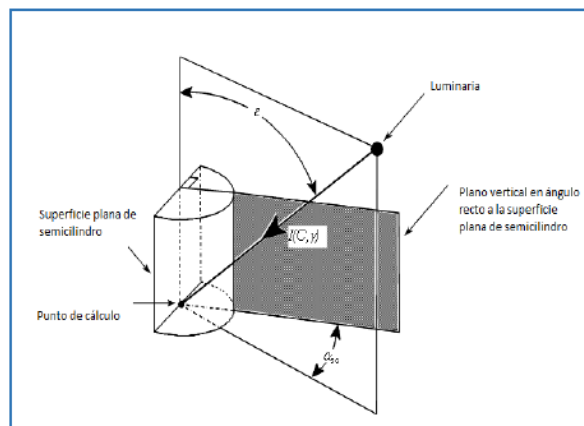


Fig. 9. Ángulos utilizados para el cálculo de la iluminancia cilíndrica

Fuente: [21]

1.2.17. Campo de cálculo

Corresponde al área típica de carretera. La fórmula para dicha afirmación es la siguiente:

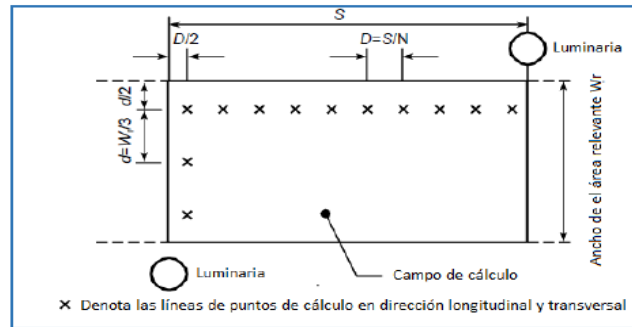


Fig. 10. Campo de cálculo típico de carretera

Fuente: [21]

1.2.18. Posición de puntos de cálculo

En dirección longitudinal la ecuación:

$$D = \frac{S}{N} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde

D: espacio entre puntos A y B de las luminarias (dirección longitudinal)

S: Espacio entre luminarias

N: Número de puntos

Para $s \leq 30$ m. $N= 10$

Para $s > 30$ m. $D 10 \leq 3$ m.

Nota: La primera fila de cálculos denotará D/2 a partir de la primera luminaria.

1.2.19. Número de luminarias en el cálculo

En imperativo considerar que si las luminarias se encuentran en un rango de cinco veces la altura de montaje deben ser consideradas para el cálculo.

1.2.20. Dirección Longitudinal

Si aceras y calzadas poseen las mismas luminarias deben ser agregadas al conjunto de análisis, se toma la designación de los puntos de calzada.

1.2.21. Dirección Longitudinal

La fórmula para el cálculo se expresa a continuación:

$$d_f = \frac{W_f}{n} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

df= espacio entre puntos en dirección transversal (m)

Wf = ancho de la acera

n= Número de puntos en dirección transversal

Nota: al momento del cálculo es imperativo considerar las siguientes consideraciones.

Si $W_f \leq 1.0$ m; n es igual a 1

Si $W_f > 1.0$ m; es el menor entero siendo df= 1 m.

1.2.22. Áreas de forma irregular

Al analizar varios parámetros comúnmente se evidencian zonas en conflicto (actividad peatonal) las distancia entre puntos no deberá ser mayor a cinco metros con una distancia de aproximadamente un metro.

1.2.23. Cálculo de las características de la calidad

La calidad de una luminaria puede ser obtenida considerando los siguientes puntos:

- Luminancia media inicial: MF = 1,0
- Luminancia media inicial: Flujo luminoso en kilolumens de las fuentes de luz.

1.2.24. Incremento de Umbral

El incremento de umbral (TI) es un valor que corresponde a la instalación inicial, es decir cuando esta tiene el valor más alto.

$$TI = \frac{k * E_e}{L_{av}^{0,80} * \emptyset^2} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

K: es delimitada por la edad del observador. En caso de aplicar para una edad promedio de 23 años, caso contrario es necesario determinar su valor mediante:

$$k = 641 * [1 + (\frac{A}{66,4})^4] \quad \text{Ec. 10}$$

Siendo:

A= edad del observador

Ee= iluminancia total (lux)

\emptyset = ángulo en grados de arco línea de visión y el centro de cada luminaria.

Lav = es la luminancia inicial promedio

Ee = suma para la primera luminaria en la dirección de observación hasta 500 metros.

1.3. Metodología

La metodología empleada para cubrir enteramente el proyecto hace alusión a una de tipo experimental-descriptiva, la cual tuvo por objetivo establecer parámetros que permitan alcanzar la eficiencia energética y en consecuencia contribuir a la matriz productiva del país en función del costo beneficio.

1.3.1. Enfoque

El presente trabajo de investigación está desarrollado bajo un enfoque mixto es decir que se va a recolectar, analizar y vincular datos cuantitativos y cualitativos,

debido a que se debe recolectar información tanto de luminarias, costos de energía, mantenimientos, mano de obra, características del sistema LED que permitan tener una eficiencia energética.

1.3.2. Tipos de investigación

La aplicación se lo hizo a través de la investigación experimental, por la aplicación y manipulación de variables de estudio es decir en base a los parámetros fotométricos consagrados en la Constitución Ecuatoriana a fin de dar cumplimiento con el manejo de la eficiencia energética, a través del uso de la tecnología LED. Esto con el fin de que al momento de describirlos sea más entendible y no haya una incidencia con los resultados.

1.3.3. Técnicas de recolección de información

Para la recolección de datos se usaron las siguientes técnicas:

- Búsqueda bibliográfica de datos relevantes que permitan realizar el análisis del sistema de alumbrado público general de la Provincia de Bolívar.
- Estudio de la información de tecnologías de iluminación LED.
- Análisis de la información para poder identificar luminarias LED que cumplan con la normativa ecuatoriana que serán parte del objeto de estudio.
- Realización experimental de modelos de simulación mediante el software Ulysse 3 que permita obtener los valores de luminancia de las luminarias LED para alcanzar resultados deseados en la propuesta de cambio del sistema actual de alumbrado público.

1.4. Conclusiones del capítulo

- El proyecto de investigación se enmarca en determinar un análisis referente al consumo y eficiencia energética por medio de tecnología LED en los servicios de alumbrado público; de esta manera se puede contribuir

activamente en el desarrollo de la sociedad por medio del uso responsable de la energía eléctrica.

- La propuesta a desarrollar deberá enfocarse en la sustitución de luminarias tradicionales por LED, con el propósito de generar un uso adecuado y responsable de la energía. Dicha situación podrá ser obtenida tras identificar las características y/o requerimientos energéticos por medio de un análisis de red.
- Para levantar y estructurar la propuesta fue necesario definir una serie de conceptos que permitan comprender los aspectos referentes a iluminación de tal manera que sean un aporte para el desarrollo del presente proyecto de investigación.
- En base a los estudios realizados por Andrade, et al. [3], Chabla [6] , J. González [5] en donde manifiestan que, desde el punto de vista del ahorro energético, alto nivel de iluminación y la alta eficiencia energética la tecnología LED es actualmente la mejor opción para iluminación exterior ya que los beneficios que brinda son mayores a pesar de que el costo inicial sea elevado.

CAPÍTULO II. PROPUESTA

2.1. Título del proyecto

Análisis de eficiencia energética mediante la implementación de tecnología Led en el servicio de alumbrado público de la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar.

2.2. Objetivo del proyecto

Realizar el diseño de un sistema de iluminación LED mediante el software de simulación Ulysse 3 considerando las características de las distintas vías de la Provincia de Bolívar, para poder obtener las luminarias LED que sean de características equivalentes y que cumplan con los parámetros fotométricos regulados por la ARCERNRR; para poder determinar la viabilidad económica y técnica de la implementación de este nuevo sistema de alumbrado público general.

2.3. Justificación de la propuesta

El hecho de invertir en eficiencia energética puede ayudar a que las ciudades tiendan a utilizar la energía de manera más inteligente, segura y responsable; contribuyendo así a reducir las emisiones de carbono. Pero no solo eso, la eficiencia energética puede ayudar a optimizar el uso de recursos públicos que muy a menudo son absolutamente escasos. Las grandes ciudades consumen más del 65% de la energía del mundo y son responsables de más del 70% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, en países como Brasil, el costo de la

electricidad ya es el segundo rubro de gasto más importante en el presupuesto municipal después de los salarios [22]. Situación que bajo ciertas circunstancias refleja los mismos aspectos para nuestro país dado que según el INEC, la población ecuatoriana escala de manera gradual y preocupante.

Como resultado, el consumo de energía es ineficiente, lo que resulta en un gasto público superior al requerido. Con algunas diferencias de escala, se puede asumir que la realidad de muchos países latinoamericanos es similar a esta situación. La eficiencia consiste en hacer más; con menos, y cuando se trata de consumo de energía o gasto público, ser eficiente es fundamental. De esta manera es esencial establecer propuestas de diseño e implementación, estructurados correctamente utilizando tecnologías de calidad que pueden ayudar a reducir el consumo de energía de una ciudad y los costos de electricidad asociados.

La mejor opción actualmente son las lámparas LED para alumbrado público, puesto que tienen un gran impacto en la reducción de las emisiones de CO₂ y el consumo eléctrico, ya que pueden ser hasta un 60% más eficientes que el alumbrado público tradicional. Si bien es cierto que la inversión inicial para el reemplazo de lámparas puede ser un impedimento, es posible establecer simulaciones que recreen dicha propuesta y con base en la misma se valore el costo beneficio asociado a tan cuantioso y fundamental proyecto.

2.4. Fundamentación de la propuesta

El consumo eléctrico en alumbrado público es del 3,66% 158 MW la demanda máxima es de 4,87% 854 GWh del consumo total de energía de los distintos sectores de consumo (residencial, comercial, industrial y otros) [23]. Con esto, la propuesta del presente proyecto de investigación es que el consumo eléctrico de la red de alumbrado público general sea eficiente mediante el uso de luminarias con tecnología LED.

En varios estudios realizados referentes al tema se mencionan las ventajas del uso de lámparas LED entre estas se encuentra la vida útil en donde la media de las lámparas LED es de 35.000 a 50.000 horas mientras que de las luminarias

convencionales aproximadamente 1000 horas [24]. Con esto la elaboración de esta propuesta permitirá analizar si el cambio de luminarias de sodio por LED en el alumbrado público general de la Provincia de Bolívar resulta viable y aporta beneficios tanto económicos, sociales y ambientales.

2.5. Metodología para alcanzar objetivos planteados

En este apartado se detalla mediante el diagrama de flujo que se indica en la figura 11 el procedimiento de la metodología a aplicarse para el desarrollo del presente estudio.

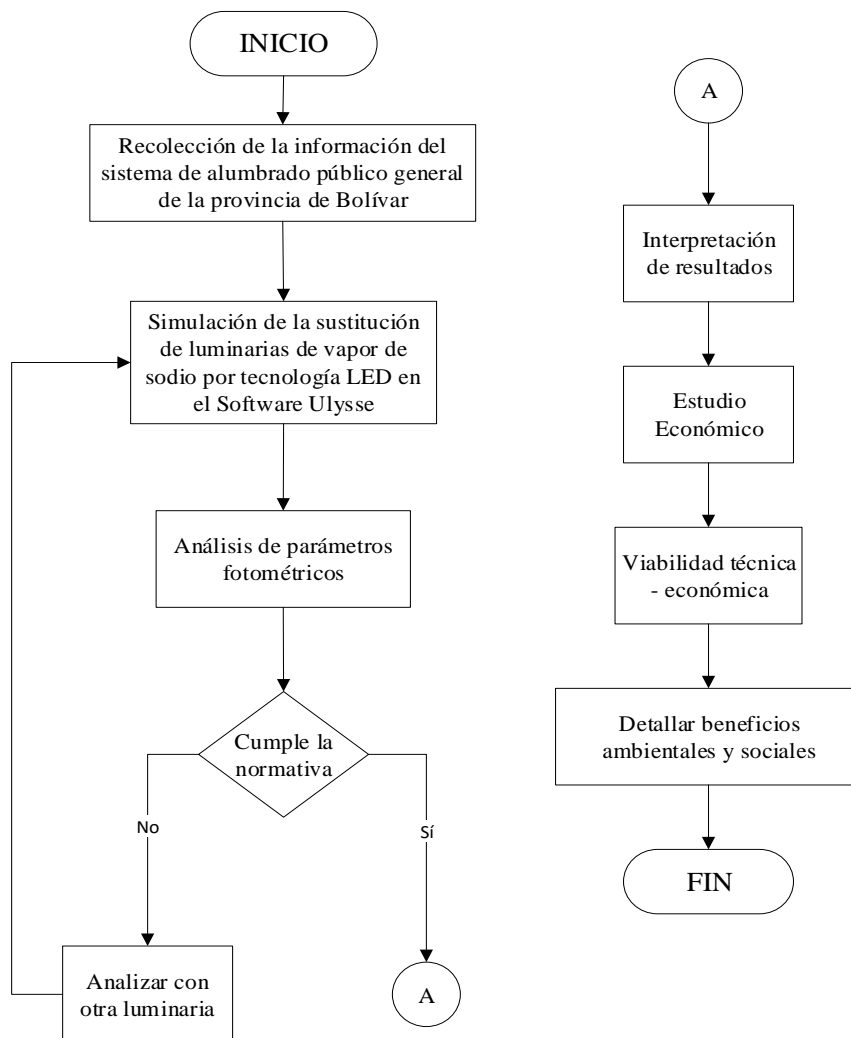


Fig. 11. Diagrama de flujo de la metodología aplicada.

2.5.1. Obtención de información

2.5.1.1. Ubicación geográfica de la Provincia de Bolívar

La provincia de Bolívar está ubicada en el centro del Ecuador, limita al norte con la provincia de Cotopaxi, al sur con la provincia de Guayas, al oeste con la provincia de Los Ríos y al este con la provincia de Chimborazo. Cuenta con 7 cantones que son: Guaranda, Echeandía, Caluma, Chillanes, San Miguel, Chimbo, Las Naves [25].



Fig. 12. Mapa político de la Provincia de Bolívar.

Fuente: [25]

2.5.1.2. Datos del sistema actual de alumbrado público de la Provincia de Bolívar

Para el levantamiento de información de la red de alumbrado público existente se acude a la Corporación Nacional de Electricidad Unidad de Negocio Bolívar específicamente al Departamento de Alumbrado Público. En la tabla 14 se detalla el total de luminarias existentes hasta el mes de diciembre del año 2021 en la provincia de Bolívar.

TABLA XIV LUMINARIAS EXISTENTES EN LA PROVINCIA DE BOLÍVAR

TIPO DE LUMINARIA	CANTIDAD
MERCURIO ABIERTA 125W	310
MERCURIO CERRADA 125W	34
MERCURIO CERRADA 150W	294
MERCURIO ABIERTA 175W	113

MERCURIO CERRADA 175W	257
MERCURIO CERRADA 400W	49
TOTAL LUMINARIAS MERCURIO	1057
SODIO CERRADA 70W SNP	79
SODIO CERRADA 100W SNP	6353
SODIO CERRADA 150W SNP	8459
SODIO CERRADA 150W DNP	1472
SODIO CERRADA 250W SNP	1991
SODIO CERRADA 250W DNP	420
SODIO CERRADA 400W SNP	290
SODIO CERRADA 400W DNP	590
TOTAL LUMINARIAS SODIO	19654
LED 90W	122
LED 120W	1787
LED 150W	597
TOTAL LUMINARIAS LED	2506
TOTAL LUMINARIAS CNEL EP BOL	23217

Fuente: [26]

Como se puede observar en la tabla 14 entre luminarias de sodio, mercurio y LED se tiene un total de 23.217 luminarias. Para el presente proyecto de investigación se tomará a las luminarias de sodio y mercurio como objeto del cambio del sistema de alumbrado público por LED.

2.5.1.3. Desfase de potencia en luminarias existentes en la Provincia de Bolívar

Es importante considerar que siempre habrá un desfase de potencia en las luminarias ya que existe un decrecimiento en la potencia consumida debido a las pérdidas que se producen en los balastos. Estas pérdidas se dan porque las lámparas y balastos funcionan juntos como un sistema. Por lo tanto, el factor de pérdida de balasto es el porcentaje de lúmenes estimado inicialmente de una lámpara que produce un determinado balasto. Los valores de pérdida se encuentran entre 0 y 1. Por ejemplo, el valor 0.95 indica que el balasto produce el 95% de sus lúmenes iniciales y pierde el 5% [27]. En la tabla 15 ya se indican los porcentajes de pérdidas que existen en los balastos por cada tipo de luminaria, estos valores fueron proporcionados por la Corporación Nacional de Electricidad Unidad de Negocio

Bolívar, estos datos son unificados mediante el Sistematización de Datos del Sector Eléctrico (SISDAT) el cual es manejado por todas las Unidades de Negocio a nivel nacional.

TABLA XV PORCENTAJES DE PÉRDIDAS EN BALASTOS POR TIPO DE LUMINARIA

Tipo Luminaria	Potencia (W)	Pérdidas en Balastos (%)
Na-70W-Abierta	70	15,71%
Na-100W-Abierta	100	15,00%
Na-150W-Abierta	150	12,67%
Na-250W-Abierta	250	11,60%
Na-400W-Abierta	400	10,00%
Na-100W-Cerrada	100	15,00%
Na-150W-Cerrada	150	12,67%
Na-250W-Cerrada	250	11,60%
Na-400W-Cerrada	400	10,00%
Na-150W-Dnivel	250	12,67%
Na-250W-Dnivel	250	11,60%
Na-400W-Dnivel	250	10,00%
Hg-125W-Abierta	125	12,00%
Hg-125W-Cerrada	125	12,00%
Hg-175W-Abierta	175	18,00%
Hg-175W-Cerrada	175	18,00%
Hg-250W-Abierta	250	18,00%
Hg-250W-Cerrada	250	18,00%
Hg-400W-Abierta	400	18,00%
Hg-400W-Cerrada	400	18,00%

Nota: El % de pérdidas está en los balastos

Fuente: [26]

Una vez que se tiene el porcentaje de pérdidas por luminaria es importante conocer la potencia tomando en cuenta estas pérdidas y a su vez la carga total como se indica en la tabla 16.

TABLA XVI POTENCIA REAL Y CARGA TOTAL DE LUMINARIAS EXISTENTES.

Tipo de luminaria	Cantidad	% Pérdidas	P. Unitaria [W]	P. Total [kW]
MERCURIO ABIERTA 125W	310	12,00%	140,00	43,40
MERCURIO CERRADA 125W	34	12,00%	140,00	4,76
MERCURIO CERRADA 150W	294	12,00%	168,00	49,39
MERCURIO ABIERTA 175W	113	18,00%	206,50	23,33
MERCURIO CERRADA 175W	257	18,00%	206,50	53,07
MERCURIO CERRADA 400W	49	18,00%	472,00	23,13
SODIO CERRADA 70W SNP	79	15,71%	81,00	6,40
SODIO CERRADA 100W SNP	6353	15,00%	115,00	730,60
SODIO CERRADA 150W SNP	8459	12,67%	169,01	1.429,66
SODIO CERRADA 150W DNP	1472	12,67%	169,01	248,78
SODIO CERRADA 250W SNP	1991	11,60%	279,00	555,49
SODIO CERRADA 250W DNP	420	11,60%	279,00	117,18
SODIO CERRADA 400W SNP	290	10,00%	440,00	127,60
SODIO CERRADA 400W DNP	590	10,00%	440,00	259,60

Fuente: [26]

En la tabla 16 podemos observar que la potencia unitaria dada en W es mayor que la potencia con la que fue instalada la luminaria, esto se debe a las pérdidas que existen. Con respecto a la potencia total que está dada en kW tenemos que es la cantidad de luminarias que existe por cada tipo multiplicada por su potencia unitaria.

2.5.2. Simulación del cambio de luminarias.

Para poder realizar la simulación y ver si al cambiar las luminarias existentes por tecnología LED cumple con la normativa se tomará en cuenta los siguientes aspectos:

- Caracterización de las vías de la Provincia de Bolívar de acuerdo a los niveles de iluminación estipulados por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR).
- Análisis de datos para verificar si con la sustitución de luminarias se cumple con la normativa.

Para poder determinar si es viable el reemplazo de luminarias existentes por luminarias LED, se debe escoger mediante diseños fotométricos el tipo de luminaria necesaria de acuerdo a cada condición, la altura de montaje de la luminaria, la longitud del brazo en el que se instala la luminaria, disposición de postes y la interdistancia entre postes.

Es importante mencionar que, respecto a la disposición de postes, interdistancia, alturas de montaje se escoge por tipo de vía. En el caso de las variables interdistancia entre postes y alturas de poste se tomará un promedio de acuerdo a las características que presentan estas variables en cada tipo de vía.

En la tabla 9 se indica las clases de alumbrado para diferentes tipos de vías públicas, esta tabla nos permite clasificar las vías y así poder analizar en la provincia de Bolívar de acuerdo a la vía que características posee y que tipo de luminaria de sodio están colocadas, para de esta forma poder realizar las simulaciones. Los parámetros fotométricos son de tráfico motorizado (M1 al M5) se asigna a través de requisitos fotométricos mínimos como se muestra en la tabla 10.

La simulación en el software Ulysse 3 se lo realizará para el cambio de luminarias de sodio de 400W, 250W, 150W, 100W. La simulación se la realizará por cada una de las potencias tomando en cuenta luminarias LED que al ser reemplazadas por las de sodio cumplan los parámetros que están establecidos en la normativa.

2.5.3. Análisis económico, social y ambiental

Una vez que se realice las simulaciones de tal manera que las luminarias reemplazadas cumplan con la normativa se procederá a analizar los valores unitarios que disponen en CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar con respecto a la instalación de luminarias LED y otras para así poder comparar y ver cuál de las tecnologías resulta mejor en términos económicos, teniendo en cuenta así mano de obra, mantenimiento y demás costos fijos y variables. De la misma manera se realizará el análisis social y ambiental para poder determinar si el cambio por luminarias LED resulta sostenible.

2.6. Arquitectura, diseños, planos detallados de la propuesta

Los estudios de diseños lumínicos se realizaron en el programa Ulysse 3. Para el cambio de luminarias de sodio por LED se tomará en cuenta las distintas potencias para el análisis del cambio por lo cual se utilizaron distintas luminarias LED que se encuentran en el mercado y cumplen con el presupuesto de CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar.

2.6.1. Luminarias LED propuestas para el cambio de luminarias de sodio de 400W

Para posteriormente proceder hacer las simulaciones y determinar que luminaria cumple con los parámetros fotométricos establecidos por el ARCERNNR se tomaron en cuenta 3 tipos de luminarias que se encuentran en el mercado y que están dentro del presupuesto de CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar.

Luminaria Solaris 240W

En la figura 13 se puede observar la fotometría de la luminaria Solaris de 240W. Esta luminaria posee una intensidad luminosa máxima aproximada de 410 cd/klm la cual se puede observar en el plano 20°-160° representado por el color verde. Observando así que esta luminaria tiene un reparto de luz hacia los lados.

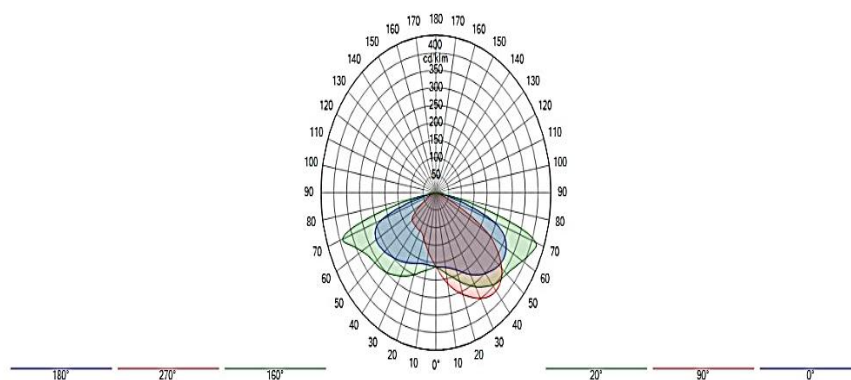


Fig. 13. Diagrama Polar Fotometría Solaris 240W.

Luminaria Solaris 200W

En la figura 14 se puede observar la fotometría de la luminaria Solaris de 200W. Esta luminaria posee una intensidad luminosa máxima aproximada de 410 cd/klm la cual se puede observar en el plano 90°-90° representado por el color verde. Observando así que esta luminaria no tiene una distribución uniforme de luz.

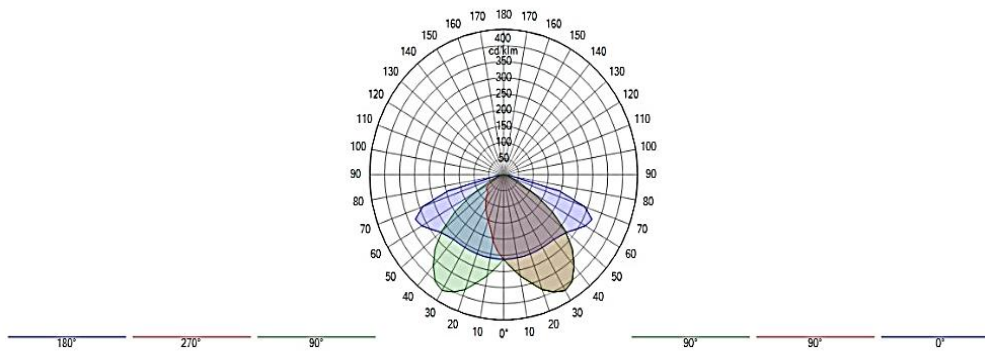


Fig. 14. Diagrama Polar Fotometría Solaris 200W.

Luminaria Novaled 180W

En la figura 15 se puede observar la fotometría de la luminaria Novaled de 180W. Esta luminaria posee una intensidad luminosa máxima aproximada de 800 cd/klm la cual se puede observar en el plano 155°-25° representado por el color verde. Observando así que esta luminaria tiene un reparto de luz hacia los lados y no una distribución uniforme de luz en el centro.

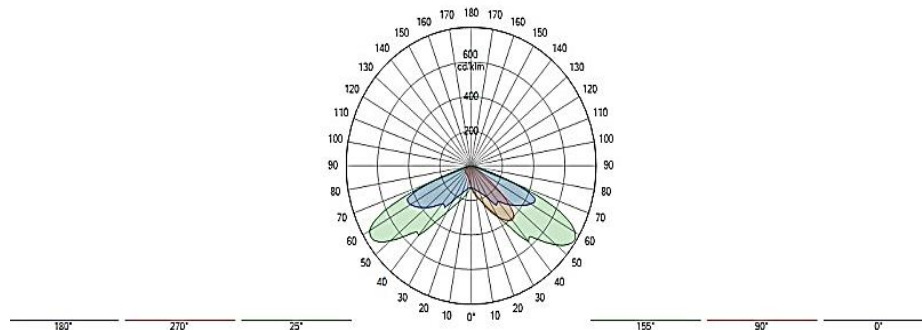


Fig. 15. Diagrama Polar Fotometría Novaled 180W.

2.6.2. Luminarias LED propuestas para el cambio de luminarias de sodio de 250W

Para hacer las simulaciones y determinar la luminaria que cumple con los parámetros fotométricos establecidos por el ARCERNNR se tomaron en cuenta 2 tipos de luminarias. La luminaria Solaris 200W y Novaled 180W las fotometrías se pueden observar en la figura 14 y 15.

2.6.3. Luminarias LED propuestas para el cambio de luminarias de sodio de 150W

Para hacer las simulaciones y determinar la luminaria que cumple con los parámetros fotométricos establecidos por el ARCERNNR se tomaron en cuenta 3 tipos de luminarias.

Luminaria Street Light Urban 120W

En la figura 16 se puede observar la fotometría de la luminaria Street Light Urban de 120W. Esta luminaria posee una intensidad luminosa máxima aproximada de 6200 cd/klm la cual se puede observar en el plano 158°-22° representado por el color verde. Observando así que esta luminaria tiene una distribución uniforme de luz.

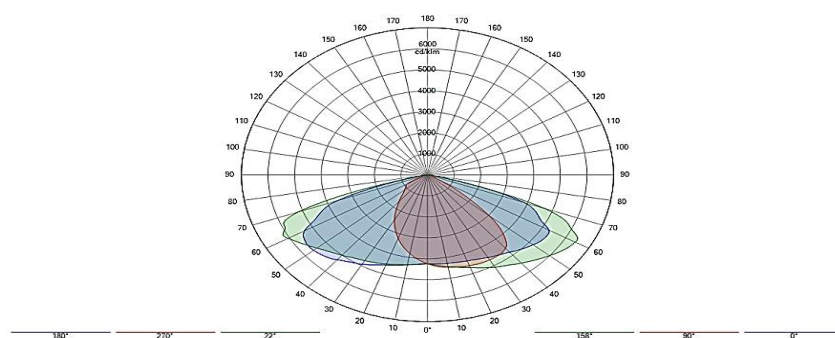


Fig. 16. Diagrama Polar Fotometría Street Light Urban 120W.

Luminaria SKY PRO 120W

En la figura 17 se puede observar la fotometría de la luminaria SKY PRO de 120W. Esta luminaria posee una intensidad luminosa máxima aproximada de 10 000

cd/klm la cual se puede observar en el plano 10° - 170° representado por el color verde. Observando así que esta luminaria tiene un reparto de luz hacia los lados.

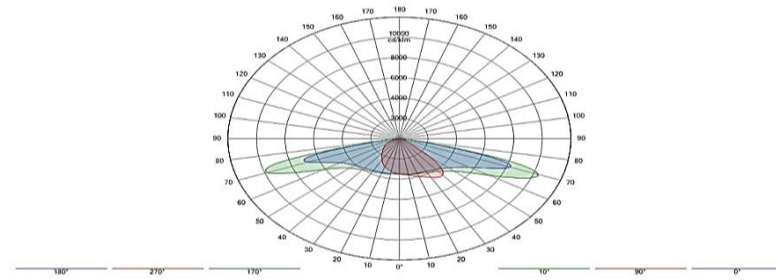


Fig. 17. Diagrama Polar Fotométría SKY PRO 120W.

Luminaria Shark 110 W

En la figura 18 se puede observar la fotometría de la luminaria Shark de 110 W. Esta luminaria posee una intensidad luminosa máxima aproximada de 620 cd/klm la cual se puede observar en el plano 255° - 285° representado por el color verde. Observando así que esta luminaria tiene un reparto de luz hacia un lado y no una distribución uniforme.

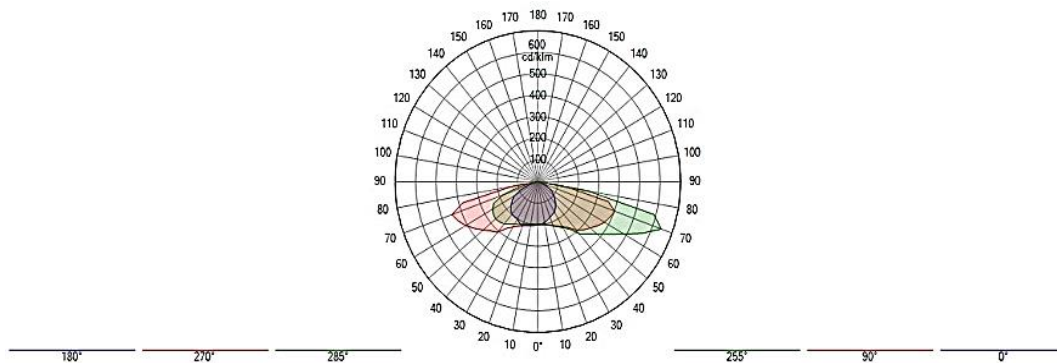


Fig. 18. Diagrama Polar Fotométría Shark 110 W.

2.6.4. Luminarias LED propuestas para el cambio de luminarias de sodio de 100W

Para hacer las simulaciones y determinar la luminaria que cumple con los parámetros fotométricos establecidos por el ARCERNNR se tomaron en cuenta 3 tipos de luminarias.

Luminaria Shark 90W

En la figura 19 se puede observar la fotometría de la luminaria Shark de 90W. Esta luminaria posee una intensidad luminosa máxima aproximada de 510 cd/klm la cual se puede observar en el plano 160°-20° representado por el color verde. Observando así que esta luminaria tiene una distribución uniforme de luz.

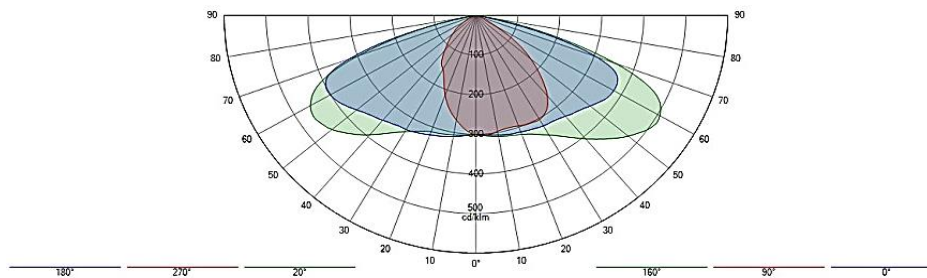


Fig. 19. Diagrama Polar Fotometría Shark 90W.

Luminaria Novaled 90W

En la figura 20 se puede observar la fotometría de la luminaria Novaled de 90W. Esta luminaria posee una intensidad luminosa máxima aproximada de 800 cd/klm la cual se puede observar en el plano 155°-25° representado por el color verde. Observando así que esta luminaria no tiene un reparto de luz uniforme.

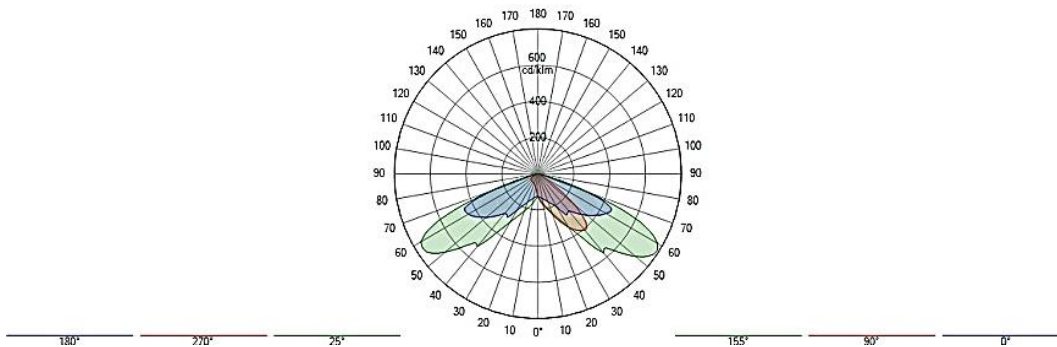


Fig. 20. Diagrama Polar Fotometría Novaled 90W.

Luminaria Novaled 60W

En la figura 21 se puede observar la fotometría de la luminaria Novaled 60W. Esta luminaria posee una intensidad luminosa máxima aproximada de 800 cd/klm la cual

se puede observar en el plano 155°-25° representado por el color verde. Observando así que esta luminaria tiene un reparto de luz hacia los lados y no en el centro.

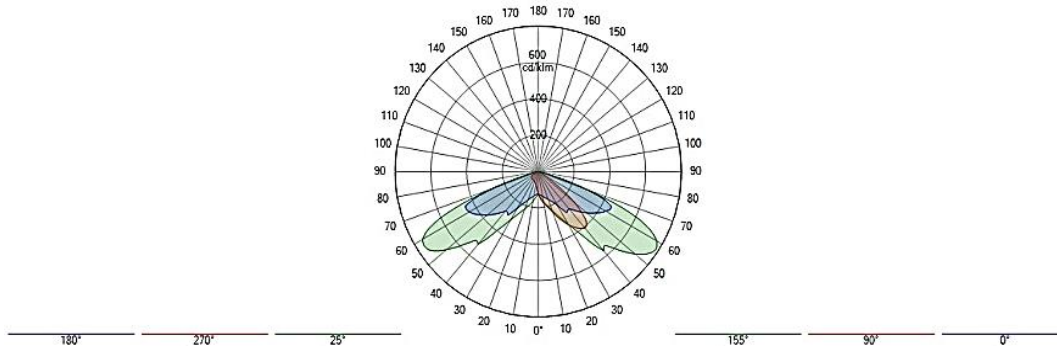


Fig. 21. Diagrama Polar Fotometría Novaled 60W.

2.7. Requerimientos de hardware y software

2.7.1. Software ULYSSE 3.

El software utilizado para el presente proyecto de investigación es ULYSSE 3, este software está diseñado por Schreder una compañía multinacional de gran prestigio en lo que respecta el área de iluminación. Este software permite realizar análisis fotométricos tanto de interiores y exteriores, calculando luminancia de una superficie o de un espacio, ángulo de luminaria, uniformidad, iluminancia entre otros tipos de cálculos. Otra novedad del software es que tiene procesos renderizados para poder simular en 3D y es especializado para alumbrado público. Es relevante mencionar que el software Ulysse 3 cumple y está certificado por los estándares CIE 140:2000, CIE 115:2010, EN 13201:2003&2015, IES RP-8-14. Dentro del funcionamiento del software se tiene como parámetro de entrada la matriz de intensidades que se encuentren asociadas a las luminarias con las que vamos a empezar a diseñar el nuevo modelo de alumbrado público. Una vez que ingresamos los datos técnicos como: las luminarias con su altura, ángulo de dirección, distancia del brazo, factor de mantenimiento, el retroceso de la luminaria desde el borde de la vía hasta donde se encuentra colocado el poste y el avance de la luminaria sobre la vía. Una vez que todos estos datos han sido colocados el software nos calcula la luminancia o iluminancia punto por punto en el plano [28]. Además, que arroja el diagrama polar o fotometría de cada una de las simulaciones, vista 2D del diseño de simulación y otra información de los cálculos fotométricos

que permiten analizar si el cambio cumpliría o no con la normativa. En la figura 22 se puede observar la pantalla principal del software.

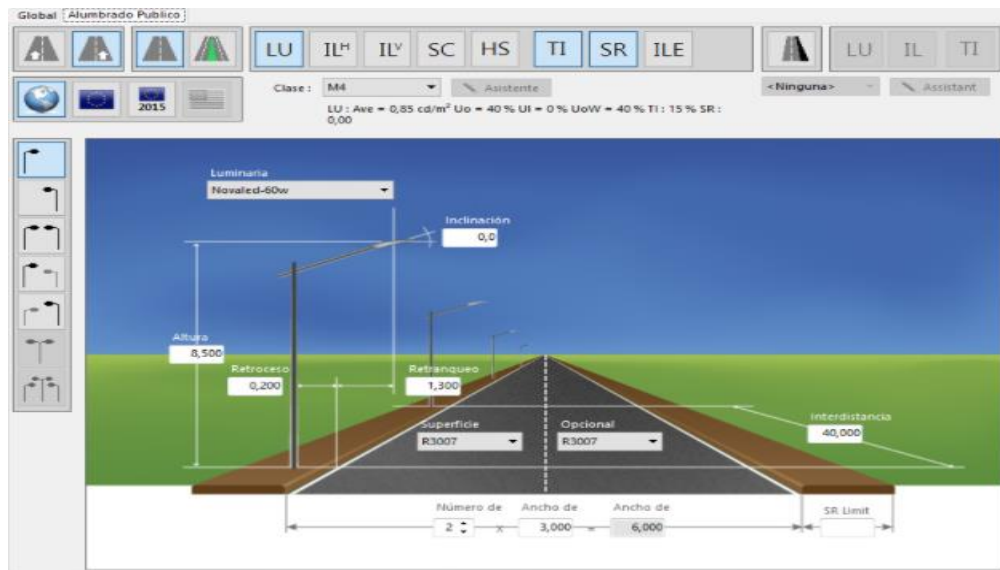


Fig. 22. Interfaz para diseño de vías del software Ulysse 3.

2.8. Costo de implementación

Para poder determinar los costos de implementación de la propuesta de cambio del sistema actual de alumbrado público por tecnología LED, se tomaron en cuenta los precios unitarios que rigen en la Corporación Nacional de Electricidad Unidad de Negocio Bolívar para el presente año. Por tal motivo teniendo en cuenta estos precios unitarios se procede a realizar el análisis de costos de implementación. Para los costos de implementación se tiene en cuenta los costos de mantenimiento y mano de obra en el presente capítulo se procede a explicar el procedimiento de cálculo de mantenimiento y mano de obra de las luminarias de vapor de sodio instaladas en el sistema actual de alumbrado público.

2.8.1. Costos de mantenimiento

Para poder analizar si el cambio de luminarias es factible se procedió a calcular los costos de mantenimiento para luminarias de sodio y LED, en donde se tomó en cuenta el instructivo. En la tabla 17 se indica una descripción de los componentes que deben ser cambiados en determinado tiempo. Esta tabla será usada para los cálculos correspondientes a mantenimiento de luminarias.

TABLA XVII MANTENIMIENTOS DE LAS LUMINARIAS.

Componente	Tipo	Potencia	Tiempo estimado de vida útil	Tipo de Luminaria
Capacitor	Vapor de Na de alta presión	100/150/250/400	4 años	Sodio
Balastro	Electromagnético	100/150/250/400	7 años	Sodio
Ignitor	Vapor de Na de alta presión	100/150/250/400	7 años	Sodio
Base socket 3 pines	Control ON/OFF	100/150/250/400	7 años	Sodio
Fotocontrol	Control ON/OFF	-	7 años	Sodio -LED
Lámpara	Vapor de Na de alta presión	100/150/250/400	7 años	Sodio
Base socket 7 pines	Telegestión	Varias potencias	10 años	LED

Fuente: [26]

Cabe indicar que los cálculos serán realizados a 20 años de proyección ya que las luminarias LED tienen una vida útil de 100 000 horas según las especificaciones técnicas de las luminarias, teniendo así una vida útil mayor a lo que solicita el Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. En la tabla 18 se observa de manera más detallada el total de mantenimientos que se deben realizar en lámparas de sodio en los 20 años de proyección; teniendo así que el balastro, ignitor, base socket, foto control, lámpara será cambiado una sola vez, mientras que el capacitor será cambiado 4 veces. Se debe tener en cuenta los años donde habrá algún cambio para poder calcular así el costo de materiales y mano de obra en estos años. Según el plan de mantenimiento de CNEL EP se tiene una vida útil de las luminarias de sodio de aproximadamente 32 000 horas es decir que la vida útil estimada de la lámpara es de 7 años lo que significaría que se debería cambiar totalmente la luminaria, pero en la realidad se supone un cambio estimado a los 14 años por tal razón en la tabla 18 se indican marcados los materiales para la reposición.

TABLA XVIII MANTENIMIENTOS DE LAS LUMINARIAS NA.

PLAN DE MANTENIMIENTO LUMINARIAS DE SODIO									
AÑO	Balastro	Ignitor	Capacitor	Base socket 3 pines	Fotocontrol	Lámpara	Conector dentado simple	Cable de cobre aislado 2x14 AWG	Luminaria con lámpara de vapor de Sodio, con brazo para montaje en poste
0									
1									
2									
3									
4			X						
5									
6									
7	X	X		X	X	X			
8			X						
9									
10									
11									
12			X						
13									
14							X	X	X
15									
16									
17									
18			X						
19									
20									
N° cambios	1	1	4	1	1	1	1	1	1

En la tabla 19 se detalla el total de mantenimientos que se deben realizar en lámparas LED en los 20 años; teniendo así que la base socket 7 pines y el fotocontrol serán cambiados 2 veces. Hay que tener en cuenta los años donde habrá algún cambio para poder calcular así el costo de materiales y mano de obra.

TABLA XIX MANTENIMIENTOS DE LAS LUMINARIAS LED.

PLAN DE MANTENIMIENTO LUMIRIAS LED		
AÑO	Base socket 7 pines	Fotocontrol
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		X
8		
9		
10	X	
11		
12		
13		
14		X
15		
16		
17		
18		
19		
20	X	
Nº cambios	2	2

Una vez que tenemos los años en el que se deberían realizar los mantenimientos se calculó la tasa de crecimiento del costo de materiales tomando en cuenta los datos de los últimos siete años del costo de materiales según el índice general de la construcción del INEN teniendo así una tasa de crecimiento de 1,19% como se detalla en la tabla 20.

TABLA XX TASA DE CRECIMIENTO DEL COSTO DE MATERIALES

AÑOS	VALOR PROMEDIO	TASA DE CRECIMIENTO
2015	242,95	
2016	236,81	-2,53
2017	234,92	-0,80
2018	237,46	1,08
2019	243,63	2,60
2020	244,10	0,20
2021	260,23	6,61
		1,19%

De la misma manera se procedió a calcular la tasa de crecimiento del valor de mano de obra tomando en cuenta los salarios básicos unificados en los último 7 años teniendo una tasa de crecimiento de 2,66% como se observa en la tabla 21.

TABLA XXI TASA DE CRECIMIENTO DEL COSTO DE MANO DE OBRA

AÑOS	SALARIO BÁSICO	TASA DE CRECIMIENTO
2015	354,00	
2016	366,00	3,39
2017	375,00	2,46
2018	386,00	2,93
2019	394,00	2,07
2020	400,00	1,52
2021	400,00	0,00
2022	425,00	6,25
		2,66%

Una vez que se obtuvieron las respectivas tasas de crecimiento se procede a sacar la proyección del costo de materiales y mano de obra en los 20 años de vida útil del proyecto, en donde los valores iniciales del año 0 fueron proporcionados por CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar. Para los valores de mano de obra se tiene el análisis de precios unitarios (ver anexo 2). Con estas proyecciones de precios (ver anexo 3) se procede a calcular el precio de los mantenimientos en los años requeridos por cada luminaria de sodio a ser reemplazada. En la tabla 22 se observa el costo de mantenimientos para las luminarias de Sodio de 100W y 150W.

TABLA XXII COSTO DE MANTENIMIENTOS EN LUMINARIAS NA 100W Y 150W

Año	LUMINARIA NA 100W			Año	LUMINARIA NA 150W		
	Materiales	Mano de Obra	Total		Materiales	Mano de Obra	Total
0			\$ -	0			\$ -
1			\$ -	1			\$ -
2			\$ -	2			\$ -
3			\$ -	3			\$ -
4	\$ 5,59	\$ 20,17	\$ 25,76	4	\$ 5,59	\$ 20,17	\$ 25,76
5			\$ -	5			\$ -
6			\$ -	6			\$ -
7	\$ 110,21	\$ 21,82	\$ 132,03	7	\$ 111,21	\$ 21,82	\$ 133,03
8	\$ 5,86	\$ 22,40	\$ 28,26	8	\$ 5,86	\$ 22,40	\$ 28,26
9			\$ -	9			\$ -
10			\$ -	10			\$ -
11			\$ -	11			\$ -
12	\$ 6,14	\$ 24,88	\$ 31,03	12	\$ 6,14	\$ 24,88	\$ 31,03
13			\$ -	13			\$ -
14	\$ 157,25	\$ 26,23	\$ 183,48	14	\$ 202,51	\$ 26,23	\$ 228,73
15			\$ -	15			\$ -
16			\$ -	16			\$ -
17			\$ -	17			\$ -
18	\$ 6,59	\$ 29,13	\$ 35,72	18	\$ 6,59	\$ 29,13	\$ 35,72
19			\$ -	19			\$ -
20			\$ -	20			\$ -
	Valor Mantenimiento		\$ 436,28	Valor Mantenimiento			\$ 482,54
	Nº Luminarias		6.776,00	Nº Luminarias			10.595,00
	Valor total		\$ 2.956.257,15	Valor total			\$ 5.112.517,33

En la tabla 23 se observa el costo de mantenimientos para las luminarias de Sodio de 250W y 400W.

TABLA XXIII COSTO DE MANTENIMIENTOS EN LUMINARIAS NA 250W Y 400W

Año	LUMINARIA NA 250W			Año	LUMINARIA NA 400W		
	Materiales	Mano de Obra	Total		Materiales	Mano de Obra	Total
0			\$ -	0			\$ -
1			\$ -	1			\$ -
2			\$ -	2			\$ -
3			\$ -	3			\$ -
4	\$ 5,59	\$ 23,58	\$ 29,17	4	\$ 5,59	\$ 23,58	\$ 29,17
5			\$ -	5			\$ -
6			\$ -	6			\$ -
7	\$ 120,70	\$ 25,51	\$ 146,22	7	\$ 128,58	\$ 25,51	\$ 154,09
8	\$ 5,86	\$ 26,19	\$ 32,05	8	\$ 5,86	\$ 26,19	\$ 32,05
9			\$ -	9			\$ -
10			\$ -	10			\$ -
11			\$ -	11			\$ -
12	\$ 6,14	\$ 29,09	\$ 35,23	12	\$ 6,14	\$ 29,09	\$ 35,23
13			\$ -	13			\$ -
14	\$ 228,41	\$ 30,66	\$ 259,07	14	\$ 253,22	\$ 30,66	\$ 283,88
15			\$ -	15			\$ -
16			\$ -	16			\$ -
17			\$ -	17			\$ -
18	\$ 6,59	\$ 34,05	\$ 40,65	18	\$ 6,59	\$ 34,05	\$ 40,65
19			\$ -	19			\$ -
20			\$ -	20			\$ -
	Valor Mantenimiento		\$ 542,39		Valor Mantenimiento		\$ 575,07
	Nº Luminarias		2.411,00		Nº Luminarias		929,00
	Valor total		\$ 1.307.703,19		Valor total		\$ 534.242,28

Una vez que se realicen las simulaciones se tendrá la potencia de las luminarias LED que cumplan con la normativa para poder reemplazar las luminarias de sodio. En el apartado 3.2 se detallarán de acuerdo a los resultados de las simulaciones la descripción de los precios tanto de instalación, mano de obra, mantenimientos y materiales de las luminarias LED que cumplan con los parámetros fotométricos.

2.9. Conclusiones Capítulo II

- Mediante el análisis de información obtenida por la Corporación Nacional de Electricidad Unidad de Negocio Bolívar se pudo registrar los datos de pérdidas en los balastos que existen en las luminarias de sodio y mercurio

que va aproximadamente desde el 10 al 18%, haciendo que la potencia de la luminaria aumente.

- El software Ulysse 3 calcula los parámetros fotométricos para el cambio de luminarias de sodio teniendo en cuenta la distancia entre postes, altura de montaje, longitud de brazo, ancho de vía, en donde los valores varían de acuerdo al tipo de vías que tiene la provincia de Bolívar.
- Para los costos de implementación se debe tomar en cuenta los mantenimientos que se deben realizar tanto a las luminarias de vapor de sodio y LED teniendo que las luminarias de sodio necesitan 6 mantenimientos durante los 20 años de vida útil de proyecto tomando en cuenta ya el cambio total de la lámpara en el año 6 por su vida útil, mientras que las luminarias LED necesitan 4 mantenimientos en el mismo tiempo de vida útil, teniendo así bajos costos de mantenimiento y mano de obra con las luminarias LED.
- Una vez que se realicen las simulaciones se podrá determinar las potencias adecuadas de las luminarias LED para realizar los cálculos respectivos en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO III. APLICACIÓN Y/O VALIDACION DE LA PROPUESTA

3.1. Análisis de los resultados

3.1.1. Análisis de la distribución de luminarias existentes en la provincia de Bolívar

En la figura 23 se puede observar la distribución de luminarias existentes hasta diciembre del año 2021 en la Provincia de Bolívar teniendo así que la mayor cantidad de luminarias existentes son las luminarias de sodio con un 85%, seguidas de luminarias LED con un 11%, y luminarias de mercurio con un 4%.

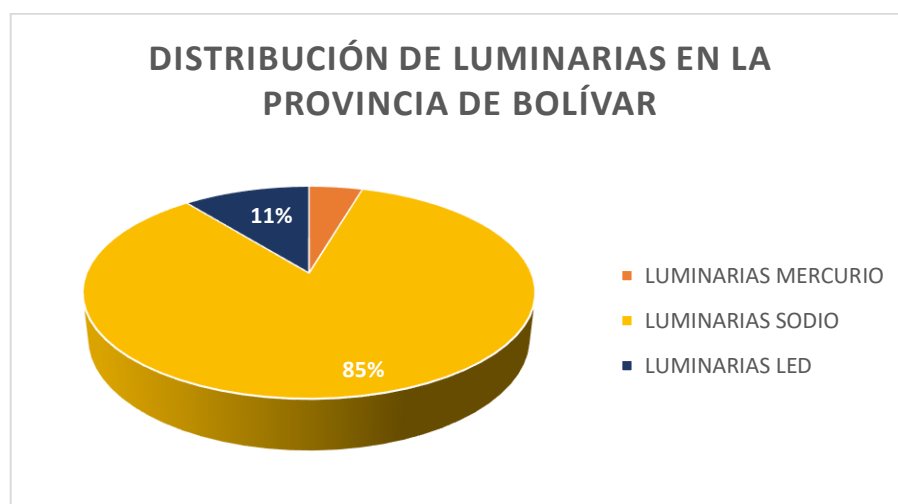


Fig. 23. Distribución de luminarias en la provincia de Bolívar.

A través de esto se busca mejorar el sistema con la utilización de LED de sodio y mercurio.

3.1.2. Simulación de cambio de luminarias de sodio y mercurio por luminarias de tecnología LED

Se analizaron las características que presentan las vías en donde están ubicadas las luminarias de sodio y mercurio. Las luminarias de mercurio al ser ya obsoletas y no ser una cantidad representativa se las unifico de acuerdo a la potencia más aproximada con las de sodio, es decir las luminarias de mercurio de 125W se unificaron a la cantidad de sodio de 100W para poder realizar los cálculos y simulaciones. En el caso de las luminarias de sodio de 70W se tuvieron que unir a las luminarias de sodio de 100W, determinado la potencia que se encontró en la luminaria LED de acuerdo a la normativa.

3.1.2.1. Simulación para el reemplazo de luminarias de sodio de 400W

Se procedió a analizar las características de las vías en donde están instaladas este tipo de luminarias. Estas vías son urbanas de tráfico importante, para el análisis de los parámetros fotométricos que debe cumplir este tipo de vías se toma el estado de la vía como bueno que según la tabla 9 es considera de tipo M3. Por lo tanto, deben tener una luminancia promedio de $1,0 \text{ cd/m}^2$, un factor de uniformidad mínimo de 0,4, un incremento de umbral (TI) de 10%, factor de uniformidad longitudinal de luminancia de 0,7 como se indica en la tabla 10.

La altura de los postes donde se encuentran instaladas las luminarias de 400W es de 12 m, pero para el montaje de luminaria se toma como dato una altura de instalación de 9,8 m, ya que la profundidad de empotramiento del poste es de 1,70 m de y la luminaria se coloca aproximadamente a un metro desde la punta del poste. Según los datos obtenidos en el ARCGIS de CNEL EP Bolívar se sacó un promedio de la interdistancia entre postes teniendo así un valor de 41 m. El ancho de la vía es de 8,8 m, es una vía de dos carriles y este valor fue medido en campo, finalmente el ángulo de inclinación de la luminaria es de 0° .

Para realizar la simulación se tomó en cuenta 3 tipos de luminarias LED que cumplen con las especificaciones técnicas de materiales y equipos del sistema de

distribución del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR) y están dentro del presupuesto de CNEL EP Bolívar, las luminarias son:

- Solaris de 240W
- Solaris de 200W
- Novalded de 180W

En la figura 24 se puede apreciar los valores utilizados para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.

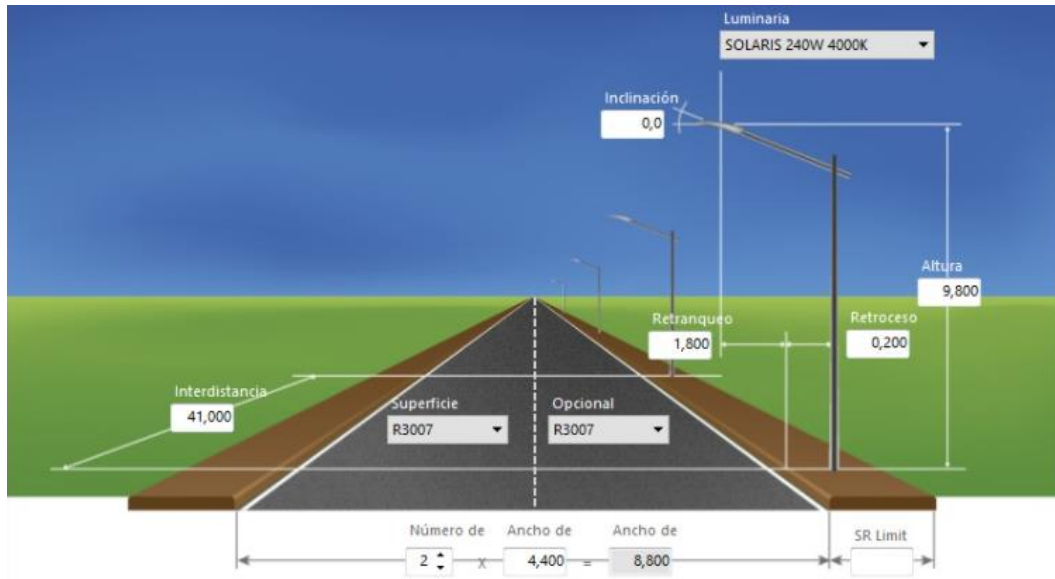


Fig. 24. Datos para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.

En la figura 25 se pueden observar los resultados obtenidos al realizar la simulación con los tres tipos de luminarias LED, teniendo que la luminaria que cumple con todos los parámetros fotométricos es la Solaris de 240W.

Cu...	Interd...	Altura	Retr...	Incli...	Luminaria	Nombre ...	Flujo	FM	Carretera										
									LMin	LAve	Uo	UoW	Ug	UI1	UI2	Sleec L	TI	SR	kW/...
✓	41,00	9,80	1,80	0,0	SOLARIS 240W ...	SOLARIS ...	30,661	0,85	1,08	1,90	57	57	38	71	70	34,84	9,0	0,6	582,6
✗	41,00	9,80	1,80	0,0	Novalded-180w	Novalded...	19,400	0,85	0,44	1,59	26	26	13	27	42	31,65	7,6	0,6	443,9
✗	41,00	9,80	1,80	0,0	SOLARIS 200W ...	SOLARIS ...	28,505	0,85	0,87	2,01	43	43	29	71	52	28,23	10,0	0,6	500,3

Fig. 25. Simulación para el cambio de luminarias de 400W por LED.

En la tabla 24 se puede observar que todos los parámetros cumplen con lo requerido para el tipo de vía M3 en la tabla 10 se encuentran los valores requeridos de los parámetros fotométricos.

TABLA XXIV PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS REQUERIDOS VÍA M3.

Parámetro	Valor requerido	Resultado de la simulación
Luminancia mínima promedio (cd/m ²)	1,0	1,90
Factor de uniformidad mínimo (U ₀)	0,4	0,57
Incremento máximo de umbral TI (%)	10	9,00
Factor de uniformidad mínimo longitudinal de luminancia (U _l)	0,7	0,71

3.1.2.2. Simulación para el reemplazo de luminarias de sodio de 250W

Para la simulación del reemplazo de luminarias de sodio de 250W se procedió a analizar las características de las vías en donde están instaladas este tipo de luminarias. Estas vías según la tabla 9 son consideradas de tipo M3. Por lo tanto, deben tener una luminancia promedio de 1,0 cd/m², un factor de uniformidad mínimo de 0,4, un incremento de umbral (TI) de 10%, factor de uniformidad longitudinal de luminancia de 0,7 como indica la tabla 10.

La altura de los postes donde se encuentran instaladas las luminarias de 250W es de 12 m, pero para el montaje de luminaria se toma como dato una altura de instalación de 9,8 m, ya que la profundidad de empotramiento del poste es de 1,70 m de y la luminaria se coloca aproximadamente a un metro desde la punta del poste. Según los datos obtenidos en el ARCGIS de CNEL EP Bolívar se sacó un promedio de la interdistancia entre postes teniendo así un valor de 37 m. El ancho de la vía es de 8,0 m, es una vía de dos carriles y este valor fue medido en campo, finalmente el ángulo de inclinación de la luminaria es de 10°.

Para realizar la simulación se tomó en cuenta 2 tipos de luminarias LED que cumplen con las especificaciones técnicas de materiales y equipos del sistema de distribución del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables

(MERNNR) y están dentro del presupuesto de CNEL EP Bolívar, las luminarias son:

- Solaris de 200W
- Novaled de 180W

En la figura 26 se puede apreciar los valores utilizados para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.

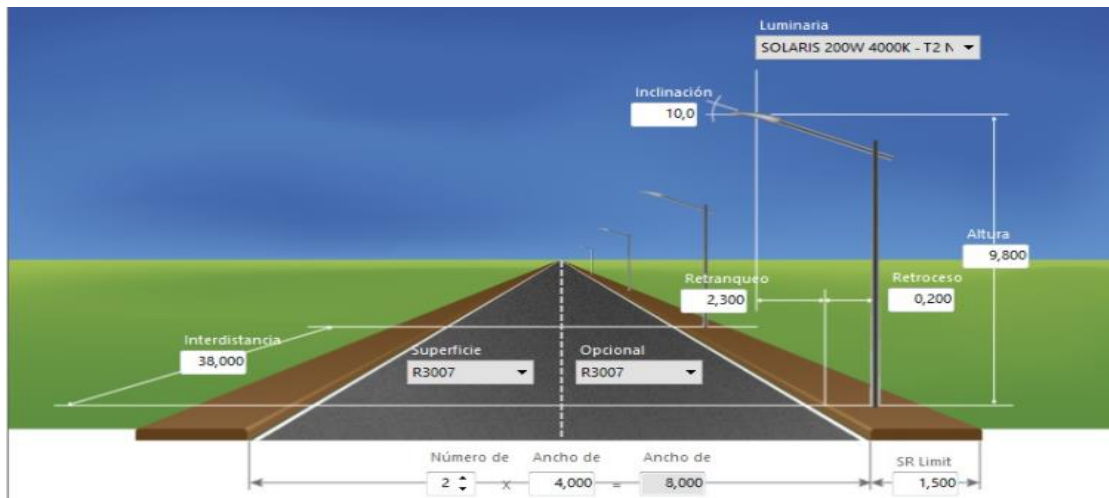


Fig. 26. Datos para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.

En la figura 27 se pueden observar los resultados obtenidos al realizar la simulación con los dos tipos de luminarias LED, teniendo que la luminaria que cumple con todos los parámetros fotométricos es la Solaris de 200W.

										Carretera									
Cu...	Interd...	Altura	Retr...	Incli...	Luminaria	Nombre de Matriz	Flujo	FM	LMin	LAve	Uo	UoW	Ug	UI1	UI2	SleecL	TI	SR	kW/...
✓	38,00	9,80	2,30	10,0	SOLARIS 200W ...	SOLARIS 200W 4000...	28,505	0,85	1,19	2,05	58	58	41	78	70	32,91	8,6	0,7	539,8
✗	38,00	9,80	2,30	10,0	Novaled-180w	Novaled-180w	19,400	0,85	0,31	1,33	22	22	12	20	36	45,00	6,3	0,8	478,9

Fig. 27. Simulación para el cambio de luminarias de 250W por LED.

En la tabla 25 se puede observar que todos los parámetros cumplen con lo requerido para el tipo de vía M3.

TABLA XXV PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS REQUERIDOS VÍA M3.

Parámetro	Valor requerido	Resultado de la simulación
Luminancia mínima promedio (cd/m ²)	1,0	2,05
Factor de uniformidad mínimo (U _o)	0,4	0,58
Incremento máximo de umbral TI (%)	10	8,6
Factor de uniformidad mínimo longitudinal de luminancia (U _l)	0,7	0,78

3.1.2.3. Simulación para el reemplazo de luminarias de sodio de 150W

Para la simulación del reemplazo de luminarias de sodio de 150W se procedió a analizar las características de las vías en donde se encuentran instaladas este tipo de luminarias. Estas vías según la tabla 9 son consideradas de tipo M4 ya que son vías secundarias de conexión. Por lo tanto, deben tener una luminancia promedio de 0,8 cd/m², un factor de uniformidad mínimo de 0,4, un incremento de umbral (TI) de 10%, factor de uniformidad longitudinal de luminancia para este tipo de vía es no requerido como se indica en la tabla 10.

La altura de los postes donde se encuentran instaladas las luminarias de 150W es de 10 m, pero para el montaje de luminaria se toma como dato una altura de instalación de 8,50 m, ya que la profundidad de empotramiento del poste es de 1,50 m de y la luminaria en la punta del poste. Según los datos obtenidos en el ARCGIS de CNEL EP Bolívar se sacó un promedio de la interdistancia entre postes teniendo así un valor de 40 m. El ancho de la vía es de 6,0 m, es una vía de dos carriles y este valor fue medido en campo, finalmente el ángulo de inclinación de la luminaria es de 0°.

Para realizar la simulación se tomó en cuenta 3 tipos de luminarias LED que cumplen con las especificaciones técnicas de materiales y equipos del sistema de distribución del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR) y están dentro del presupuesto de CNEL EP Bolívar, las luminarias son:

- Led Street Light Urban 120W
- Shark 110 W
- SKY PRO 120W

En la figura 28 se puede apreciar los valores utilizados para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.

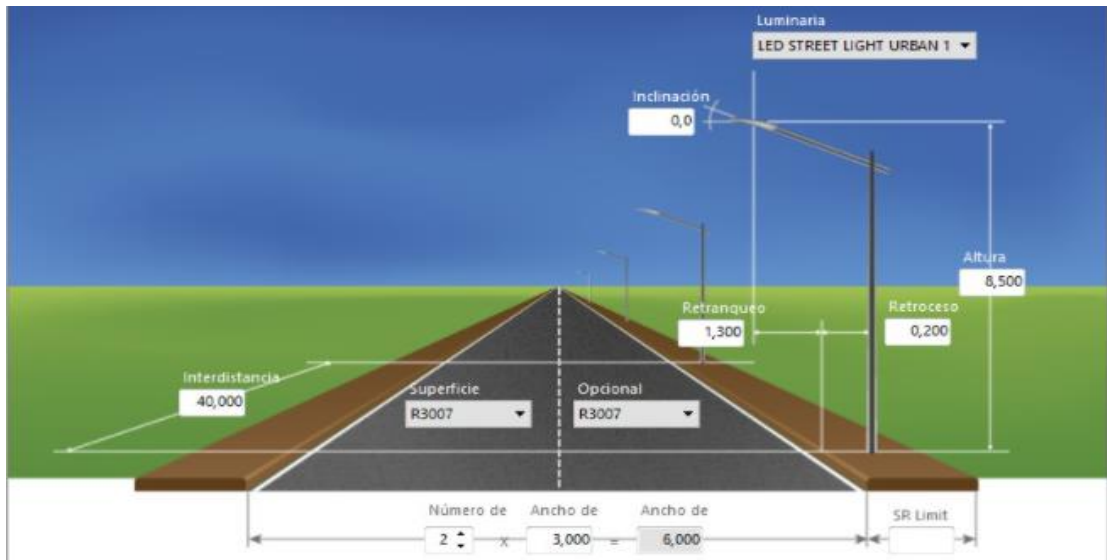


Fig. 28. Datos para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.

En la figura 29 se pueden observar los resultados obtenidos al realizar la simulación con los tres tipos de luminarias LED, teniendo que la luminaria que cumple con todos los parámetros fotométricos es la Led Street Light Urban 120W

Cu...	Interd...	Altura	Retr...	Incli...	Luminaria	Nombre ...	Flujo	FM	Carretera										
									LMin	Lave	Uo	UoW	Ug	UI1	UI2	Sleec L	TI	SR	kW/...
✓	40,00	8,50	1,30	0,0	LED STREET LIGHT URBAN 120W-277V_IESN...	LED STR...	1,000	0,85	0,56	1,34	42	42	23	39	43	3,72	8,4	0,8	29,8
✗	40,00	8,50	1,30	0,0	Shark-110-T2M	Shark-11...	12,100	0,85	0,07	0,47	16	16	7	17	13	9,70	3,2	0,9	27,6
✗	40,00	8,50	1,30	0,0	LVD SKY PRO 120W_IES	LVD SKY ...	1,000	0,85	1,01	1,69	60	60	40	69	69	2,88	13,9	0,8	29,2

Fig. 29. Simulación para el cambio de luminarias de 150W por LED

En la tabla 26 se puede observar que todos los parámetros cumplen con lo requerido para el tipo de vía M4.

TABLA XXVI PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS REQUERIDOS VÍA M4.

Parámetro	Valor requerido	Resultado de la simulación
Luminancia mínima promedio (cd/m ²)	0,8	1,34
Factor de uniformidad mínimo (Uo)	0,4	0,42
Incremento máximo de umbral TI (%)	10	8,4
Factor de uniformidad mínimo longitudinal de luminancia (UI)	NR	NR

3.1.2.4. Simulación para el reemplazo de luminarias de sodio de 100W.

Para la simulación del reemplazo de luminarias de sodio de 100W se procedió a analizar las características de las vías en donde se encuentran instaladas este tipo de luminarias. Estas vías según la tabla 9 son consideradas de tipo M4 ya que son vías secundarias de conexión. Por lo tanto, deben tener una luminancia promedio de 0,8 cd/m², un factor de uniformidad mínimo de 0,4, un incremento de umbral (TI) de 10%, factor de uniformidad longitudinal de luminancia para este tipo de vía es no requerido.

La altura de los postes donde se encuentran instaladas las luminarias de 150W es de 10 m, pero para el montaje de luminaria se toma como dato una altura de instalación de 8,50 m, ya que la profundidad de empotramiento del poste es de 1,50 m de y la luminaria en la punta del poste. Según los datos obtenidos en el ARCGIS de CNEL EP Bolívar se sacó un promedio de la interdistancia entre postes teniendo así un valor de 40 m. El ancho de la vía es de 6,0 m, es una vía de dos carriles y este valor fue medido en campo, finalmente el ángulo de inclinación de la luminaria es de 0°.

Para realizar la simulación se tomó en cuenta 3 tipos de luminarias LED que cumplen con las especificaciones técnicas de materiales y equipos del sistema de distribución del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNRR) y están dentro del presupuesto de CNEL EP Bolívar, las luminarias son:

- Novaled 90W

- Shark 90W
- Novaled 60W

En la figura 30 se puede apreciar los valores utilizados para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.

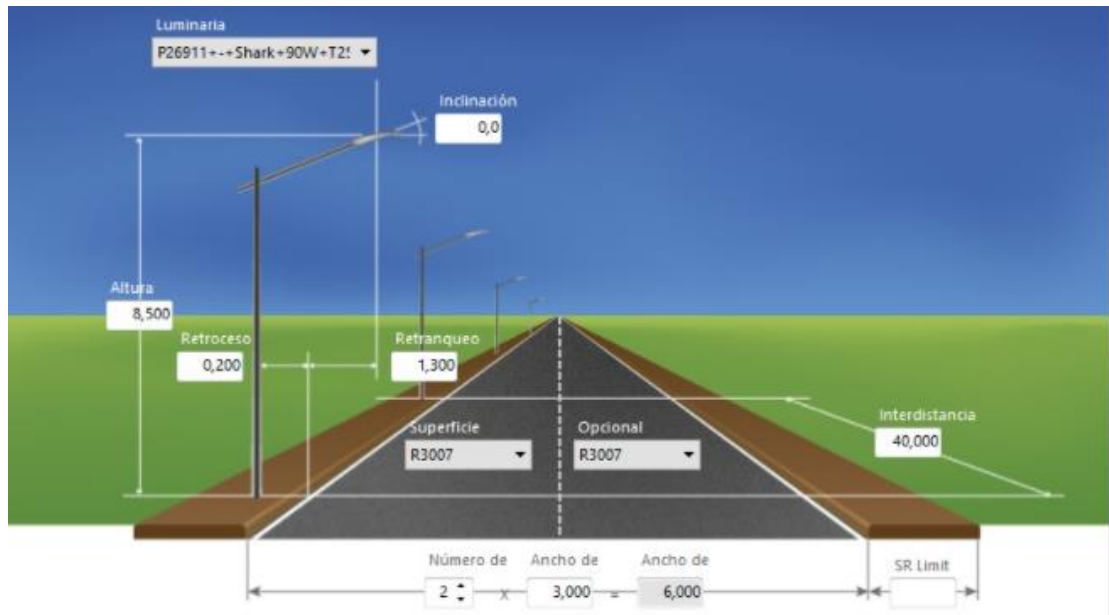


Fig. 30. Datos para la simulación en la interfaz de Ulysse 3.

En la figura 31 se pueden observar los resultados obtenidos al realizar la simulación con los tres tipos de luminarias LED, teniendo que la luminaria que cumple con todos los parámetros fotométricos es la Shark de 90W

Cu...	Interd...	Altura	Retr...	Incli...	Luminaria	Nombre ...	Flujo	FM	Carretera										
									LMin	LAve	Uo	UoW	Ug	UI1	UI2	Sleec L	TI	SR	kW/...
✓	40,00	8,50	1,30	0,0	P26911+--Shark+90W+T2S+IES	P26911+...	9,493	0,85	0,51	0,97	52	52	33	56	49	3,96	8,5	0,7	23,1
✗	40,00	8,50	1,30	0,0	Novaled-90w	Novaled-...	8,782	0,85	0,27	0,90	28	28	14	38	27	42,52	8,2	0,7	230,0
✗	40,00	8,50	1,30	0,0	Novaled-60w	Novaled-...	6,480	0,85	0,20	0,66	28	28	14	38	27	38,44	7,7	0,7	152,5

Fig. 31. Simulación para el cambio de luminarias de 100W por LED.

En la tabla 27 se puede observar que todos los parámetros cumplen con lo requerido para el tipo de vía M4.

TABLA XXVII PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS REQUERIDOS VÍA M4.

Parámetro	Valor	Resultado de la simulación
Luminancia mínima promedio (cd/m ²)	0,8	0,97
Factor de uniformidad mínimo (Uo)	0,4	0,52
Incremento máximo de umbral TI (%)	10	8,5
Factor de uniformidad mínimo longitudinal de luminancia (Ul)	NR	NR

En la tabla 28 se puede apreciar el resumen de la clasificación de iluminación para las distintas vías motorizadas de la provincia de Bolívar.

TABLA XXVIII CLASES DE ILUMINACIÓN SEGÚN CARACTERÍSTICAS DE LAS VÍAS

Clase de Iluminación	Vía	Descripción Vía	Luminaria propuesta
M3	Vías urbanas de tráfico importante, ingresos a cantones	Ancho de vía: 8,80 m Interdistancia de postes: 41,00 m Altura de montaje de luminaria: 9,80 m	LED 240W (Anexo 1)
M3	Vías urbanas principales	Ancho de vía: 8,00 m Interdistancia de postes: 38,00 m Altura de montaje de luminaria: 9,80 m	LED 200W (Anexo 1)
M4	Vías de acceso principales residenciales	Ancho de vía: 6,00 m Interdistancia de postes: 40,00 m Altura de montaje de luminaria: 8,50 m	LED 120W (Anexo 1)
M4	Vías secundarias	Ancho de vía: 6,00 m Interdistancia de postes: 40,00 m Altura de montaje de luminaria: 8,50 m	LED 90W (Anexo 1)

3.1.3 Simulaciones para vías en zonas de conflicto

Actualmente CNEL EP BOLIVAR dentro de sus programas de iluminación no considera la clase de alumbrado para vías en zonas de conflicto, por ello en este apartado se realiza las diferentes simulaciones para este tipo de vías que son de gran importancia, para que la empresa distribuidora lo considere en el caso de proyectos de este tipo a futuro. En la tabla 29 se muestra las consideraciones para cada clase de vía de acuerdo a las simulaciones que se realizaron (Ver Anexo 6).

TABLA XXIX CLASES DE ILUMINACIÓN EN ZONAS DE CONFLICTO

Clase de Iluminación	Zona de Conflicto	Descripción Zona de Conflicto	Luminaria propuesta
C1	Redondel	Diámetro interior: 18,00 m Diámetro exterior: 32,00 m Interdistancia de postes: 28,00 m Altura de montaje de luminaria: 12,00 m	LED 240W (Anexo 6)
C1	Vías de conexión a redondel	Ancho de vía: 12,00 m Interdistancia de postes: 40,00 m Disposición de luminarias: tres bolillos Altura de montaje de luminaria: 11,00 m	LED 240W (Anexo 6)
C1	Vías de intersección	Ancho de vía: 12,00 m Interdistancia de postes: 40,00 m Disposición de luminarias: tres bolillos Altura de montaje de luminaria: 11,00 m	LED 240W (Anexo 6)
C1	Puente a desnivel	Ancho de vía: 9,00 m Interdistancia de postes: 50,00 m Disposición de luminarias: tres bolillos Altura de montaje de luminaria: 8,00 m	LED 180W (Anexo 6)

3.2. Validación técnica - económica de los resultados

Una vez que se obtuvieron las luminarias LED que cumplen con la normativa se procedió a analizar si el cambio de luminarias de sodio por esta tecnología es viable económicamente para lo cual se tomaron en cuenta los costos de inversión de las luminarias LED, los costos de mantenimiento preventivo y el costo de la energía para cada cambio propuesto.

De la misma manera se procede a calcular el precio de los mantenimientos en los años requeridos por cada luminaria LED por la que se plantea realizar el cambio. En la tabla 30 se observa el costo de mantenimientos para las luminarias LED de 90W y 120W.

TABLA XXX COSTO DE MANTENIMIENTOS LUMINARIAS LED 90W Y 120W

Año	LUMINARIA LED 90W			Año	LUMINARIA LED 120W		
	Materiales	Mano de Obra	Total		Materiales	Mano de Obra	Total
0		\$	-	0		\$	-
1		\$	-	1		\$	-
2		\$	-	2		\$	-
3		\$	-	3		\$	-
4		\$	-	4		\$	-

5			\$	-	5			\$	-
6			\$	-	6			\$	-
7	\$ 14,07	\$ 21,82	\$	35,89	7	\$ 14,07	\$ 21,82	\$	35,89
8			\$	-	8			\$	-
9			\$	-	9			\$	-
10	\$ 5,21	\$ 23,61	\$	28,82	10	\$ 5,21	\$ 23,61	\$	28,82
11			\$	-	11			\$	-
12			\$	-	12			\$	-
13			\$	-	13			\$	-
14	\$ 15,28	\$ 26,23	\$	41,51	14	\$ 15,28	\$ 26,23	\$	41,51
15			\$	-	15			\$	-
16			\$	-	16			\$	-
17			\$	-	17			\$	-
18			\$	-	18			\$	-
19			\$	-	19			\$	-
20	\$ 5,87	\$ 30,70	\$	36,57	20	\$ 5,87	\$ 30,70	\$	36,57
Valor Mantenimiento			\$	142,79	Valor Mantenimiento			\$	142,79
N° Luminarias				6.776,00	N° Luminarias				10.595,00
Valor total			\$	967.541,23	Valor total			\$	1.512.854,10

En la tabla 31 se observa el costo de mantenimientos para las luminarias LED de 200W y 240W.

TABLA XXXI COSTO DE MANTENIMIENTOS LUMINARIAS LED 200W Y 240W

Año	LUMINARIA LED 200W			Año	LUMINARIA LED 240W				
	Materiales	Mano de Obra	Total		Materiales	Mano de Obra	Total		
0			\$	-	0			\$	-
1			\$	-	1			\$	-
2			\$	-	2			\$	-
3			\$	-	3			\$	-
4			\$	-	4			\$	-
5			\$	-	5			\$	-
6			\$	-	6			\$	-
7	\$ 14,07	\$ 25,51	\$	39,58	7	\$ 14,07	\$ 25,51	\$	39,58
8			\$	-	8			\$	-
9			\$	-	9			\$	-
10	\$ 5,21	\$ 27,60	\$	32,81	10	\$ 5,21	\$ 27,60	\$	32,81
11			\$	-	11			\$	-
12			\$	-	12			\$	-
13			\$	-	13			\$	-

14	\$ 15,28	\$ 30,66	\$ 45,94	14	\$ 15,28	\$ 30,66	\$ 45,94
15			\$ -	15			\$ -
16			\$ -	16			\$ -
17			\$ -	17			\$ -
18			\$ -	18			\$ -
19			\$ -	19			\$ -
20	\$ 5,87	\$ 35,89	\$ 41,76	20	\$ 5,87	\$ 35,89	\$ 41,76
	Valor Mantenimiento		\$ 160,09		Valor Mantenimiento		\$ 160,09
	N° Luminarias		2.411,00		N° Luminarias		929,00
	Valor total		\$ 385.986,52		Valor total		\$ 148.727,28

Una vez calculado los valores de mantenimientos en los 20 años de las luminarias que se van a cambiar se procede a calcular los costos de la energía.

3.2.2. Costos de energía consumida por luminarias de sodio y LED.

Para el análisis de costos se realizó tablas comparativas entre las luminarias que van a ser reemplazadas. Aquí se toma en consideración el precio de la energía y el consumo anual por cada luminaria. Los cálculos del consumo anual de las luminarias se encuentran detallados en el anexo 4.

3.2.2.1. Costos de energía para el cambio de luminaria de sodio de 100W por LED de 90W

En tabla 32 se describe el costo de la energía en el primer año y en el año 20. El costo de la energía de 0,033909 USD por cálculos se mantiene hasta el año 20 ya que no hay certeza de que el precio se eleve o disminuya.

TABLA XXXII COSTO DE ENERGÍA LUMINARIA NA 100W Y LED 90W

Año	Costo de Energía				
	LUMINARIA NA 100W			LUMINARIA LED 90W	
	Precio [USD/kWh]	Consumo Anual [kWh/año]	Costo [USD]	Consumo Anual [kWh/año]	Costo [USD]
1	0,033909	496,80	\$16,85	272,16	\$9,23
20	0,033909	496,80	\$336,92	272,16	\$184,57

Observando los resultados de la tabla 32 se puede apreciar que el costo de la energía con luminarias de sodio es mayor en aproximadamente 55% teniendo así que si se

cambia una luminaria de 100W de sodio por la luminaria LED de 90W el costo de la energía consumida en 20 años será un ahorro.

3.2.2.2. Costos de energía para el cambio de luminaria de sodio de 150W por LED de 120W

Observando los resultados de la tabla 33 se puede apreciar que el costo de la energía con luminarias de sodio es mayor en aproximadamente 50% teniendo así que al reemplazar una luminaria de 150W de sodio por la luminaria LED de 120W el costo de la energía consumida en 20 años será un ahorro.

TABLA XXXIII COSTO DE ENERGÍA LUMINARIA NA 150W Y LED 120W

Año	Costo de Energía				
	LUMINARIA NA 150W			LUMINARIA LED 120W	
	Precio [USD/kWh]	Consumo Anual [kWh/año]	Costo [USD]	Consumo Anual [kWh/año]	Costo [USD]
1	0,033909	730,12	\$24,76	362,88	\$12,30
20	0,033909	730,12	\$495,15	362,88	\$246,10

3.2.2.3. Costos de energía para el cambio de luminaria de sodio de 250W por LED de 200W

En la tabla 34 se puede apreciar que el costo de la energía con luminarias de sodio es mayor en aproximadamente 50% teniendo así que al reemplazar una luminaria de 250W de sodio por la luminaria LED de 200W el costo de la energía consumida en 20 años será un ahorro.

TABLA XXXIV COSTO DE ENERGÍA LUMINARIA NA 250 Y LED 200W

Año	Costo de Energía				
	LUMINARIA NA 250W			LUMINARIA LED 200W	
	Precio [USD/kWh]	Consumo Anual [kWh/año]	Costo [USD]	Consumo Anual [kWh/año]	Costo [USD]
1	0,033909	1.205,28	\$40,87	604,8	\$20,51
20	0,033909	1.205,28	\$817,40	604,8	\$410,16

3.2.2.4. Costos de energía para el cambio de luminaria de sodio de 400W por LED de 240W

En los resultados de la tabla 35 el costo de la energía con luminarias de sodio es mayor en aproximadamente 45 % teniendo así que al reemplazar una luminaria de 400W de sodio por la luminaria LED de 240W el costo de la energía consumida en 20 años será un ahorro.

TABLA XXXV COSTO DE ENERGÍA LUMINARIA NA 400W Y LED 240W

Año	Costo de Energía				
	LUMINARIA NA 400W			LUMINARIA LED 240W	
	Precio [USD/kWh]	Consumo Anual [kWh/año]	Costo [USD]	Consumo Anual [kWh/año]	Costo [USD]
1	0,033909	1.615,68	\$54,79	725,76	\$24,61
20	0,033909	1.615,68	\$1.095,72	725,76	\$492,20

3.2.3. Comparación de costos entre luminarias de sodio y LED

Una vez que se calcula los precios de mantenimiento y el costo de la energía consumida se indica a continuación una comparación de costos entre las diferentes luminarias.

3.2.3.1. Comparación de costos para el reemplazo de luminarias Na 100W por LED 90W

En la tabla 36 se puede observar la recopilación de costos tanto de las luminarias de sodio de 100W y de las luminarias LED de 90W en la proyección de 20 años de duración de la propuesta.

TABLA XXXVI COSTOS ENTRE LUMINARIA DE NA 100W POR LED 90W

AÑO	LUMINARIA NA 100W			LUMINARIA LED 90W		
	Mantenimiento	Energía Consumida	Total	Inversión + Mantenimiento	Energía Consumida	Total
0	-	-	-	1.934.344,72		1.934.344,72
1	-	114.148,44	114.148,44	1.934.344,72	62.533,49	1.996.878,21
2	-	228.296,87	228.296,87	1.934.344,72	125.066,98	2.059.411,70

3	-	342.445,31	342.445,31	1.934.344,72	187.600,47	2.121.945,19
4	174.542,77	456.593,75	631.136,52	1.934.344,72	250.133,96	2.184.478,68
5	174.542,77	570.742,18	745.284,95	1.934.344,72	312.667,46	2.247.012,18
6	174.542,77	684.890,62	859.433,39	1.934.344,72	375.200,95	2.309.545,67
7	1.069.191,92	799.039,05	1.868.230,97	2.177.545,74	437.734,44	2.615.280,18
8	1.260.702,54	913.187,49	2.173.890,03	2.177.545,74	500.267,93	2.677.813,67
9	1.260.702,54	1.027.335,93	2.288.038,47	2.177.545,74	562.801,42	2.740.347,16
10	1.260.702,54	1.141.484,36	2.402.186,91	2.372.851,71	625.334,91	2.998.186,62
11	1.260.702,54	1.255.632,80	2.516.335,34	2.372.851,71	687.868,40	3.060.720,11
12	1.470.945,47	1.369.781,24	2.840.726,71	2.372.851,71	750.401,89	3.123.253,60
13	1.470.945,47	1.483.929,67	2.954.875,14	2.372.851,71	812.935,39	3.185.787,10
14	2.714.186,56	1.598.078,11	4.312.264,67	2.654.114,30	875.468,88	3.529.583,17
15	2.714.186,56	1.712.226,55	4.426.413,10	2.654.114,30	938.002,37	3.592.116,66
16	2.714.186,56	1.826.374,98	4.540.561,54	2.654.114,30	1.000.535,86	3.654.650,16
17	2.714.186,56	1.940.523,42	4.654.709,98	2.654.114,30	1.063.069,35	3.717.183,65
18	2.956.257,15	2.054.671,85	5.010.929,00	2.654.114,30	1.125.602,84	3.779.717,14
19	2.956.257,15	2.168.820,29	5.125.077,44	2.654.114,30	1.188.136,33	3.842.250,63
20	2.956.257,15	2.282.968,73	5.239.225,88	2.901.885,95	1.250.669,82	4.152.555,78

En la figura 32 se aprecia que la luminaria LED en el año 0 tiene un valor alto ya que en la propuesta se considera el reemplazo por la luminaria de sodio existente; pero en el lapso de los 20 años debido al mantenimiento y el costo de energía que tiene la luminaria de sodio termina siendo más costosa.

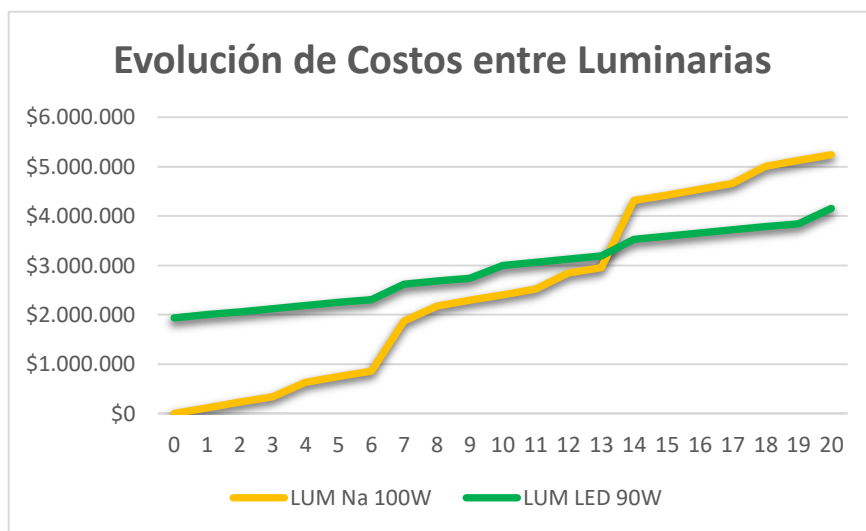


Fig. 32. Comparación de costos entre luminaria Na 100W y LED 90W

3.2.3.2. Comparación de costos para el reemplazo de luminarias Na 150W por LED 120W

En la tabla 37 se puede observar la recopilación de costos tanto de las luminarias de sodio de 150W y de las luminarias LED de 120W en la proyección de 20 años de duración de la propuesta.

TABLA XXXVII COSTOS ENTRE LUMINARIA DE NA 150W POR LED 120W

AÑO	LUMINARIA NA 150W			LUMINARIA LED 120W		
	Mantenimiento	Energía Consumida	Total	Inversión + Mantenimiento	Energía Consumida	Total
0	-	-	-	3.402.902,10		3.402.902,10
1	-	262.308,34	262.308,34	3.402.902,10	130.370,39	3.533.272,49
2	-	524.616,67	524.616,67	3.402.902,10	260.740,79	3.663.642,89
3	-	786.925,01	786.925,01	3.402.902,10	391.111,18	3.794.013,28
4	272.916,27	1.049.233,34	1.322.149,62	3.402.902,10	521.481,57	3.924.383,67
5	272.916,27	1.311.541,68	1.584.457,95	3.402.902,10	651.851,97	4.054.754,07
6	272.916,27	1.573.850,01	1.846.766,29	3.402.902,10	782.222,36	4.185.124,46
7	1.682.384,73	1.836.158,35	3.518.543,08	3.783.172,88	912.592,75	4.695.765,63
8	1.981.832,05	2.098.466,69	4.080.298,74	3.783.172,88	1.042.963,15	4.826.136,03
9	1.981.832,05	2.360.775,02	4.342.607,08	3.783.172,88	1.173.333,54	4.956.506,42
10	1.981.832,05	2.623.083,36	4.604.915,41	4.088.554,63	1.303.703,93	5.392.258,57
11	1.981.832,05	2.885.391,69	4.867.223,75	4.088.554,63	1.434.074,33	5.522.628,96
12	2.310.569,33	3.147.700,03	5.458.269,36	4.088.554,63	1.564.444,72	5.652.999,35
13	2.310.569,33	3.410.008,36	5.720.577,70	4.088.554,63	1.694.815,12	5.783.369,75
14	4.734.014,10	3.672.316,70	8.406.330,80	4.528.338,74	1.825.185,51	6.353.524,25
15	4.734.014,10	3.934.625,04	8.668.639,14	4.528.338,74	1.955.555,90	6.483.894,64
16	4.734.014,10	4.196.933,37	8.930.947,47	4.528.338,74	2.085.926,30	6.614.265,03
17	4.734.014,10	4.459.241,71	9.193.255,81	4.528.338,74	2.216.296,69	6.744.635,43
18	5.112.517,33	4.721.550,04	9.834.067,38	4.528.338,74	2.346.667,08	6.875.005,82
19	5.112.517,33	4.983.858,38	10.096.375,71	4.528.338,74	2.477.037,48	7.005.376,21
20	5.112.517,33	5.246.166,71	10.358.684,05	4.915.756,20	2.607.407,87	7.523.164,07

En la figura 33 se aprecia que la luminaria LED en el año 0 tiene un valor alto ya que en la propuesta se considera el reemplazo por la luminaria de sodio existente; en el lapso de los 20 años debido al mantenimiento y el costo de energía que tiene la luminaria de sodio termina siendo más costosa, ya que la luminaria LED tiene un costo de energía mucho menor que la luminaria de sodio.

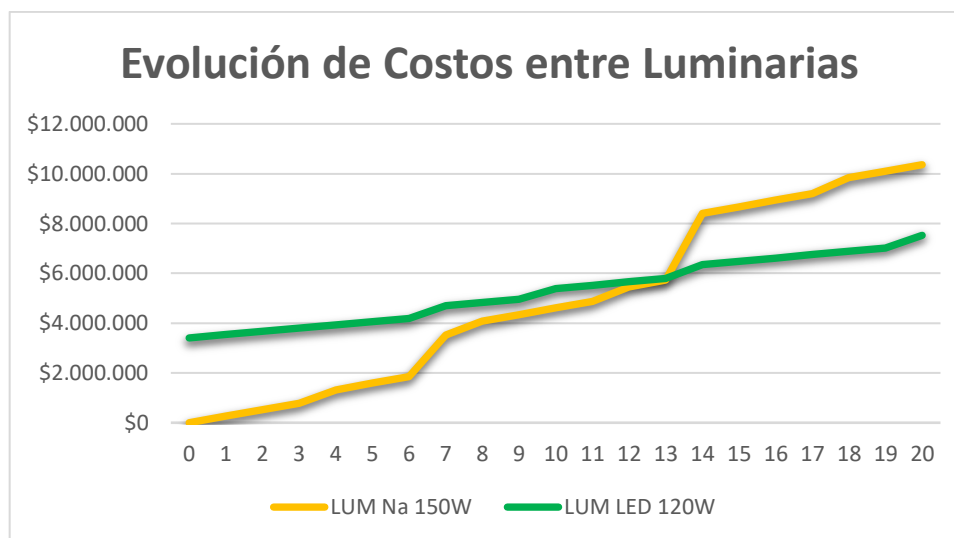


Fig. 33. Comparación de costos entre luminaria Na 150W y LED 120W

3.2.3.3. Comparación de costos para el reemplazo de luminarias Na 250W por LED 200W.

En la tabla 38 se puede observar la recopilación de costos tanto de las luminarias de sodio de 250W y de las luminarias LED de 200W en la proyección de 20 años de duración de la propuesta.

TABLA XXXVIII COSTOS ENTRE LUMINARIA DE NA 250W POR LED 200W

AÑO	LUMINARIA NA 250W			LUMINARIA LED 200W		
	Mantenimiento	Energía Consumida	Total	Inversión + Mantenimiento	Energía Consumida	Total
0	-	-	-	951.959,24		951.959,24
1	-	98.537,18	98.537,18	951.959,24	49.445,18	1.001.404,42
2	-	197.074,37	197.074,37	951.959,24	98.890,36	1.050.849,60
3	-	295.611,55	295.611,55	951.959,24	148.335,54	1.100.294,78
4	70.326,18	394.148,73	464.474,91	951.959,24	197.780,73	1.149.739,97
5	70.326,18	492.685,92	563.012,09	951.959,24	247.225,91	1.199.185,15
6	70.326,18	591.223,10	661.549,27	951.959,24	296.671,09	1.248.630,33
7	422.851,40	689.760,28	1.112.611,68	1.047.388,69	346.116,27	1.393.504,96
8	500.125,26	788.297,46	1.288.422,72	1.047.388,69	395.561,45	1.442.950,14
9	500.125,26	886.834,65	1.386.959,90	1.047.388,69	445.006,63	1.492.395,32
10	500.125,26	985.371,83	1.485.497,09	1.126.505,25	494.451,81	1.620.957,07
11	500.125,26	1.083.909,01	1.584.034,27	1.126.505,25	543.897,00	1.670.402,25

12	585.075,40	1.182.446,20	1.767.521,60	1.126.505,25	593.342,18	1.719.847,43
13	585.075,40	1.280.983,38	1.866.058,78	1.126.505,25	642.787,36	1.769.292,61
14	1.209.697,99	1.379.520,56	2.589.218,55	1.237.271,99	692.232,54	1.929.504,53
15	1.209.697,99	1.478.057,75	2.687.755,73	1.237.271,99	741.677,72	1.978.949,72
16	1.209.697,99	1.576.594,93	2.786.292,92	1.237.271,99	791.122,90	2.028.394,90
17	1.209.697,99	1.675.132,11	2.884.830,10	1.237.271,99	840.568,09	2.077.840,08
18	1.307.703,19	1.773.669,30	3.081.372,48	1.237.271,99	890.013,27	2.127.285,26
19	1.307.703,19	1.872.206,48	3.179.909,66	1.237.271,99	939.458,45	2.176.730,44
20	1.307.703,19	1.970.743,66	3.278.446,85	1.337.945,76	988.903,63	2.326.849,39

En la figura 34 se aprecia que la luminaria LED en el año 0 tiene un valor alto ya que en la propuesta se considera el reemplazo por la luminaria de sodio existente, pero en el lapso de los 20 años la luminaria de sodio termina siendo más costosa.

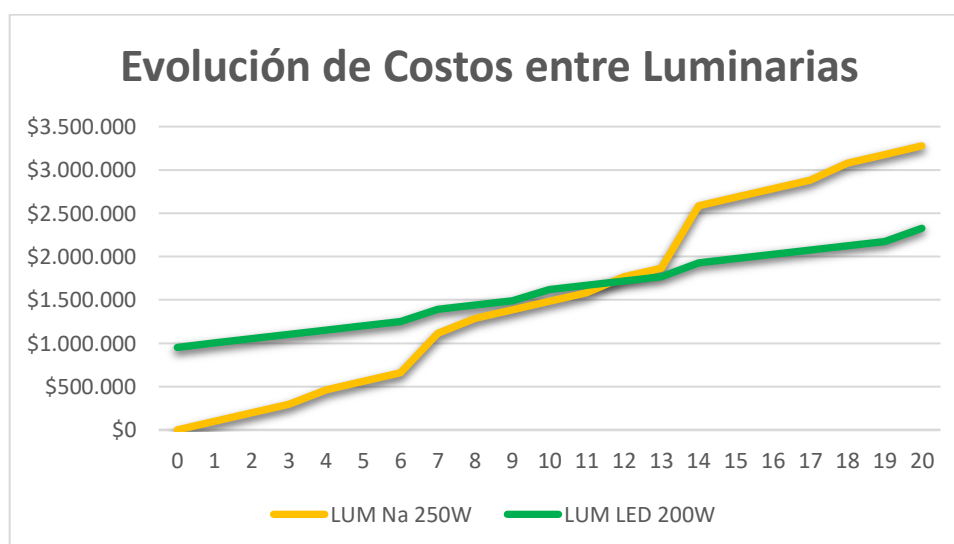


Fig. 34. Comparación de costos entre luminaria Na 250W y LED 200W

3.2.3.4. Comparación de costos para el reemplazo de luminarias Na 400W por LED 240W

En la tabla 39 se puede observar la recopilación de costos tanto de las luminarias de sodio de 400W y de las luminarias LED de 240W en la proyección de 20 años de duración de la propuesta.

TABLA XXXIX COSTOS ENTRE LUMINARIA DE NA 400W POR LED 240W

AÑO	LUMINARIA NA 400W			LUMINARIA LED 240W		
	Mantenimiento	Energía Consumida	Total	Inversión + Mantenimiento	Energía Consumida	Total
0	-	-	-	392.400,31		392.400,31
1	-	50.896,28	50.896,28	392.400,31	22.862,50	415.262,81
2	-	101.792,56	101.792,56	392.400,31	45.725,00	438.125,31
3	-	152.688,84	152.688,84	392.400,31	68.587,50	460.987,81
4	27.097,89	203.585,12	230.683,01	392.400,31	91.450,00	483.850,31
5	27.097,89	254.481,40	281.579,29	392.400,31	114.312,50	506.712,81
6	27.097,89	305.377,68	332.475,58	392.400,31	137.175,00	529.575,31
7	170.248,68	356.273,96	526.522,65	429.170,93	160.037,50	589.208,43
8	200.023,64	407.170,24	607.193,88	429.170,93	182.900,00	612.070,93
9	200.023,64	458.066,52	658.090,16	429.170,93	205.762,50	634.933,43
10	200.023,64	508.962,81	708.986,44	459.655,91	228.625,00	688.280,91
11	200.023,64	559.859,09	759.882,72	459.655,91	251.487,50	711.143,41
12	232.756,40	610.755,37	843.511,76	459.655,91	274.350,00	734.005,91
13	232.756,40	661.651,65	894.408,05	459.655,91	297.212,50	756.868,41
14	496.479,18	712.547,93	1.209.027,11	502.336,25	320.075,00	822.411,25
15	496.479,18	763.444,21	1.259.923,39	502.336,25	342.937,51	845.273,75
16	496.479,18	814.340,49	1.310.819,67	502.336,25	365.800,01	868.136,25
17	496.479,18	865.236,77	1.361.715,95	502.336,25	388.662,51	890.998,75
18	534.242,28	916.133,05	1.450.375,33	502.336,25	411.525,01	913.861,25
19	534.242,28	967.029,33	1.501.271,61	502.336,25	434.387,51	936.723,76
20	534.242,28	1.017.925,61	1.552.167,89	541.127,59	457.250,01	998.377,60

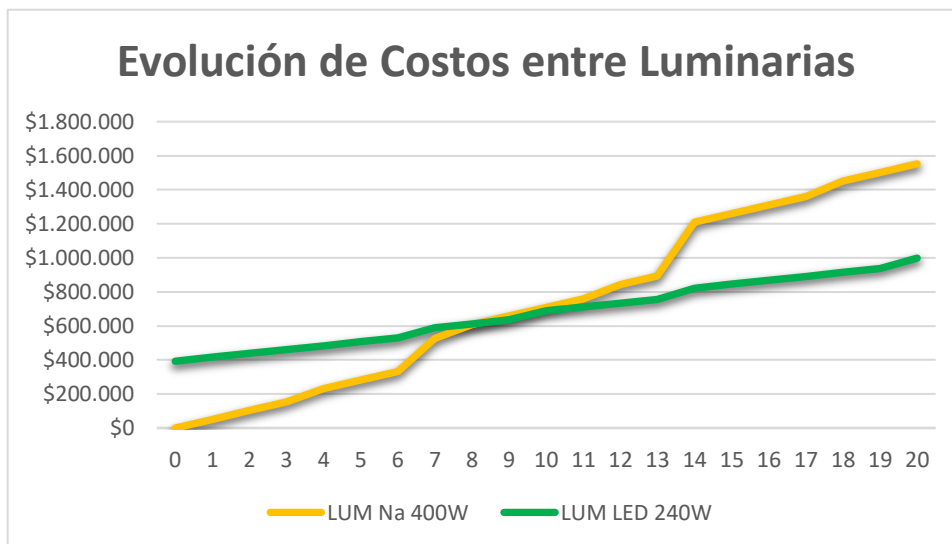


Fig. 35. Comparación de costos entre luminaria Na 400W y LED 240W

En la figura 35 se aprecia que la luminaria LED en el año 0 tiene un valor alto ya que en la propuesta se considera el reemplazo por la luminaria de sodio existente; pero en el lapso de los 20 años debido al mantenimiento y el costo de energía que tiene la luminaria de sodio termina siendo más costosa.

3.2.4. Viabilidad de la sustitución de luminarias de sodio por luminarias LED

Una vez obtenidos todos los costos del proyecto se determina si la sustitución de luminarias es viable económicamente, para lo cual se realizó el análisis del VAN, TIR y B/C por cada opción de reemplazo de luminarias. Esto se realizó teniendo en cuenta como inversiones los valores de las luminarias LED (ver anexo 5) y sus mantenimientos, como ingresos del proyecto el ahorro que se va a tener al año tanto en consumo de energía y mantenimientos que no requieren las luminarias LED a diferencia con las de Sodio.

3.2.4.1. Viabilidad de la sustitución de luminarias de Na 100W por luminarias LED 90W

En la tabla 41 se indica una evaluación financiera detallada del cambio de luminarias de sodio de 100W por luminarias LED de 90W. Aquí se tomaron en cuenta las inversiones y ahorros, para poder determinar los flujos de fondos neto y calcular el VAN, TIR, B/C y el tiempo de retorno de la inversión.

TABLA XL ANÁLISIS FINANCIERO DE LA SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS NA 100W POR LED 90W

Año	Inversión	Ahorro de Energía	Ahorro Mantenimiento	Total Ahorros	Flujos de Fondos Neto
0	1.934.344,72	-	-	-	-1.934.344,72
1	-	51.614,95	-	51.614,95	51.614,95
2	-	103.229,89	-	103.229,89	103.229,89
3	-	154.844,84	-	154.844,84	154.844,84
4	-	206.459,78	174.542,77	381.002,55	381.002,55
5	-	258.074,73	174.542,77	432.617,50	432.617,50
6	-	309.689,67	174.542,77	484.232,44	484.232,44
7	243.201,02	361.304,62	1.069.191,92	1.430.496,53	1.187.295,51
8	-	412.919,56	1.260.702,54	1.673.622,10	1.673.622,10

9	-	464.534,51	1.260.702,54	1.725.237,05	1.725.237,05
10	195.305,97	516.149,45	1.260.702,54	1.776.851,99	1.581.546,02
11	-	567.764,40	1.260.702,54	1.828.466,94	1.828.466,94
12	-	619.379,34	1.470.945,47	2.090.324,81	2.090.324,81
13	-	670.994,29	1.470.945,47	2.141.939,76	2.141.939,76
14	281.262,59	722.609,23	2.714.186,56	3.436.795,79	3.155.533,20
15	-	774.224,18	2.714.186,56	3.488.410,74	3.488.410,74
16	-	825.839,12	2.714.186,56	3.540.025,68	3.540.025,68
17	-	877.454,07	2.714.186,56	3.591.640,63	3.591.640,63
18	-	929.069,01	2.956.257,15	3.885.326,16	3.885.326,16
19	-	980.683,96	2.956.257,15	3.936.941,11	3.936.941,11
20	247.771,66	1.032.298,90	2.956.257,15	3.988.556,05	3.740.784,40

En la tabla 40 se puede observar que la inversión inicial para el cambio de 6 776 luminarias de sodio de 100W por luminarias LED de 90W es de \$ 1 934 344,72, también se tiene inversiones de mantenimiento de las luminarias LED en el año 7, 10, 14 y 20. Una vez calculados los flujos de fondos neto se procedió a determinar los indicadores financieros VAN, TIR, B/C como se indica en la tabla 41. Se debe tener en cuenta que la tasa de descuento que maneja CNEL EP es del 12%.

TABLA XLI ANÁLISIS DE VIABILIDAD

Indicadores Financieros			
Proyecto	VAN	TIR	B/C
	6.668.323,34	28,82%	1,37
Indiferente	VAN = 0	TIR = d	B/C = 1
Viable	VAN > 0	TIR > d	B/C > 1
No Viable	VAN < 0	TIR < d	B/C < 1

Los indicadores financieros muestran que el reemplazo de luminarias de sodio de 100W por luminarias LED de 90W es viable debido a que el valor del VAN es mayor a cero, la tasa interna de retorno es mayor a la tasa de descuento del 12% y el valor costo beneficio es mayor a 1 y se tiene un tiempo de retorno de la inversión de 7 años.

3.2.4.2. Viabilidad de la sustitución de luminarias de Na 150W por luminarias LED 120W

En la tabla 42 se indica la evaluación financiera para el cambio de luminarias de sodio de 150W por luminarias LED de 120W.

TABLA XLII ANÁLISIS FINANCIERO DE LA SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS NA 150W POR LED 120W

Año	Inversión	Ahorro de Energía	Ahorro Mantenimiento	Total Ahorros	Flujos de Fondos Neto
0	3.402.902,10	-	-	-	-3.402.902,10
1	-	131.937,94	-	131.937,94	131.937,94
2	-	263.875,88	-	263.875,88	263.875,88
3	-	395.813,83	-	395.813,83	395.813,83
4	-	527.751,77	272.916,27	800.668,04	800.668,04
5	-	659.689,71	272.916,27	932.605,98	932.605,98
6	-	791.627,65	272.916,27	1.064.543,93	1.064.543,93
7	380.270,78	923.565,60	1.682.384,73	2.605.950,33	2.225.679,55
8	-	1.055.503,54	1.981.832,05	3.037.335,59	3.037.335,59
9	-	1.187.441,48	1.981.832,05	3.169.273,53	3.169.273,53
10	305.381,75	1.319.379,42	1.981.832,05	3.301.211,48	2.995.829,73
11	-	1.451.317,36	1.981.832,05	3.433.149,42	3.433.149,42
12	-	1.583.255,31	2.310.569,33	3.893.824,64	3.893.824,64
13	-	1.715.193,25	2.310.569,33	4.025.762,58	4.025.762,58
14	439.784,11	1.847.131,19	4.734.014,10	6.581.145,29	6.141.361,18
15	-	1.979.069,13	4.734.014,10	6.713.083,23	6.713.083,23
16	-	2.111.007,08	4.734.014,10	6.845.021,18	6.845.021,18
17	-	2.242.945,02	4.734.014,10	6.976.959,12	6.976.959,12
18	-	2.374.882,96	5.112.517,33	7.487.400,29	7.487.400,29
19	-	2.506.820,90	5.112.517,33	7.619.338,24	7.619.338,24
20	387.417,46	2.638.758,84	5.112.517,33	7.751.276,18	7.363.858,72

En la tabla 42 se puede observar que la inversión inicial para el cambio de 10 595 luminarias de sodio de 150W por luminarias LED de 120W es de \$ 3 402 902,10. Una vez calculados los flujos de fondos neto se determina los indicadores financieros VAN, TIR, B/C como se indica en la tabla 43. La tasa de descuento es del 12%.

TABLA XLIII ANÁLISIS DE VIABILIDAD

Indicadores Financieros			
Proyecto	VAN	TIR	B/C
	13.271.835,23	30,65%	1,58
Indiferente	VAN = 0	TIR = d	B/C = 1
Viable	VAN > 0	TIR > d	B/C > 1
No Viable	VAN < 0	TIR < d	B/C < 1

Los indicadores financieros muestran que el reemplazo de luminarias de sodio de 150W por luminarias LED de 120W es viable debido a que el valor del VAN es mayor a cero, la tasa interna de retorno es de 30,65 % es decir mayor a la tasa de descuento del 12% y el valor costo beneficio es mayor a 1, se tiene un tiempo de retorno de la inversión de 6 años.

3.2.4.3. Viabilidad de la sustitución de luminarias de Na 250W por luminarias LED 200W

En la tabla 44 se indica la evaluación financiera para el cambio de luminarias de sodio de 250W por luminarias LED de 200W.

TABLA XLIV ANÁLISIS FINANCIERO DE LA SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS NA 250W POR LED 200W

Año	Inversión	Ahorro de Energía	Ahorro Mantenimiento	Total Ahorros	Flujos de Fondos Neto
0	951.959,24	-	-	-	-951.959,24
1	-	49.092,00	-	49.092,00	49.092,00
2	-	98.184,00	-	98.184,00	98.184,00
3	-	147.276,00	-	147.276,00	147.276,00
4	-	196.368,01	70.326,18	266.694,18	266.694,18
5	-	245.460,01	70.326,18	315.786,18	315.786,18
6	-	294.552,01	70.326,18	364.878,19	364.878,19
7	95.429,45	343.644,01	422.851,40	766.495,41	671.065,96
8	-	392.736,01	500.125,26	892.861,27	892.861,27
9	-	441.828,01	500.125,26	941.953,27	941.953,27
10	79.116,56	490.920,02	500.125,26	991.045,27	911.928,71
11	-	540.012,02	500.125,26	1.040.137,27	1.040.137,27
12	-	589.104,02	585.075,40	1.174.179,42	1.174.179,42
13	-	638.196,02	585.075,40	1.223.271,42	1.223.271,42
14	110.766,74	687.288,02	1.209.697,99	1.896.986,01	1.786.219,27

15	-	736.380,02	1.209.697,99	1.946.078,01	1.946.078,01
16	-	785.472,03	1.209.697,99	1.995.170,01	1.995.170,01
17	-	834.564,03	1.209.697,99	2.044.262,01	2.044.262,01
18	-	883.656,03	1.307.703,19	2.191.359,21	2.191.359,21
19	-	932.748,03	1.307.703,19	2.240.451,22	2.240.451,22
20	100.673,76	981.840,03	1.307.703,19	2.289.543,22	2.188.869,45

La inversión inicial para el cambio de 2 411 luminarias de sodio de 250W por luminarias LED de 200W es de \$ 951 959,24. Una vez calculados los flujos de fondos neto se determina los indicadores financieros VAN, TIR, B/C como se indica en la tabla 45. La tasa de descuento que maneja CNEL EP es del 12%.

TABLA XLV ANÁLISIS DE VIABILIDAD

Indicadores Financieros			
Proyecto	VAN	TIR	B/C
	4.102.943,37	32,61%	1,71
Indiferente	VAN = 0	TIR = d	B/C = 1
Viable	VAN > 0	TIR > d	B/C > 1
No Viable	VAN < 0	TIR < d	B/C < 1

Los indicadores financieros muestran que el reemplazo de luminarias de sodio de 250W por luminarias LED de 200W es viable debido a que el valor del VAN es mayor a cero, la tasa interna de retorno es mayor a la tasa de descuento del 12% y el valor costo beneficio es mayor a 1, se tiene un tiempo de retorno de la inversión de 6 años.

3.2.4.4. Viabilidad de la sustitución de luminarias de Na 400W por luminarias LED 240W

En la tabla 46 se indica la evaluación financiera para el cambio de luminarias de sodio de 400W por luminarias LED de 240W.

TABLA XLVI ANÁLISIS FINANCIERO DE LA SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS NA 400W POR LED 240W

Año	Inversión	Ahorro de Energía	Ahorro Mantenimiento	Total Ahorros	Flujos de Fondos Neto
0	392.400,31	-	-	-	-392.400,31

1	-	28.033,78	-	28.033,78	28.033,78
2	-	56.067,56	-	56.067,56	56.067,56
3	-	84.101,34	-	84.101,34	84.101,34
4	-	112.135,12	27.097,89	139.233,01	139.233,01
5	-	140.168,90	27.097,89	167.266,79	167.266,79
6	-	168.202,68	27.097,89	195.300,57	195.300,57
7	36.770,62	196.236,46	170.248,68	366.485,15	329.714,53
8	-	224.270,24	200.023,64	424.293,88	424.293,88
9	-	252.304,02	200.023,64	452.327,66	452.327,66
10	30.484,98	280.337,80	200.023,64	480.361,44	449.876,46
11	-	308.371,58	200.023,64	508.395,22	508.395,22
12	-	336.405,36	232.756,40	569.161,76	569.161,76
13	-	364.439,14	232.756,40	597.195,54	597.195,54
14	42.680,34	392.472,92	496.479,18	888.952,10	846.271,76
15	-	420.506,70	496.479,18	916.985,88	916.985,88
16	-	448.540,48	496.479,18	945.019,66	945.019,66
17	-	476.574,26	496.479,18	973.053,44	973.053,44
18	-	504.608,04	534.242,28	1.038.850,32	1.038.850,32
19	-	532.641,82	534.242,28	1.066.884,10	1.066.884,10
20	38.791,34	560.675,60	534.242,28	1.094.917,88	1.056.126,54

La inversión inicial para el cambio de 929 luminarias de sodio de 400W por luminarias LED de 240W es de \$ 392 400,31. Los indicadores financieros VAN, TIR, B/C se indican en la tabla 47. La tasa de descuento que maneja CNEL EP es del 12%.

TABLA XLVII ANÁLISIS DE VIABILIDAD

Indicadores Financieros			
Proyecto	VAN	TIR	B/C
	2.082.122,78	36,37%	2,02
Indiferente	VAN = 0	TIR = d	B/C = 1
Viable	VAN > 0	TIR > d	B/C > 1
No Viable	VAN < 0	TIR < d	B/C < 1

Los indicadores financieros muestran que el reemplazo de luminarias de sodio de 400W por luminarias LED de 240W es viable, se obtuvo un VAN es mayor a cero, TIR Y tasa de descuento es mayor al 12% y el valor costo beneficio es mayor a 1, con un periodo de recuperación de 5 años.

3.3. Evaluación de expertos

CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL VERIFICADOR

En mi calidad de verificador del tema del proyecto de investigación y desarrollo titulado “ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA LED EN EL SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO DE LA CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO BOLÍVAR” del posgraduado:

APELLIDOS: Medina Falconí

NOMBRES: Cristian Ismael

PROGRAMA: Maestría en Electricidad, mención en Sistemas Eléctricos de Potencia.

CERTIFICO:

Que: Analizado el tema del proyecto de investigación y desarrollo, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo del trabajo de titulación para optar por el grado de Magíster en Electricidad, mención en Sistemas Eléctricos de Potencia.

Revisado por: Martínez Zambrano Wilson René

Cédula de ciudadanía: 0503174807

Profesión: Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia

Cargo: Líder de alumbrado público CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar.

Sugiero su aprobación y permita continuar con el diseño del proyecto de investigación y desarrollo.

Guaranda, mayo de 2022



Ing. Wilson René Martínez Zambrano.

C.C. 0503174807

3.4. Evaluación de impactos o resultados

Mediante el cambio a tecnología LED en la red de alumbrado público de la provincia de Bolívar se obtienen los siguientes resultados:

- Con respecto a las pérdidas en la red eléctrica la instalación de luminarias Led en el sistema de alumbrado público al ser una carga no lineal aumenta las emisiones de corrientes armónicas en la red, en el estudio realizado por la Escuela Politécnica Nacional detallan en sus resultados que al sustituir luminarias de alto vapor de sodio de 400W por luminarias led de 150W se reduce en un 81% la distorsión total de la corriente armónica sin comprometer los niveles de iluminación de la vía, es importante mencionar que estos porcentajes variaran con respecto al tipo de luminaria Led a ser utilizado [29]; en el caso específico del presente proyecto de investigación las luminarias Led propuestas en las simulaciones cumplen las especificaciones técnicas estipuladas por el MERNNR y en cuestión de la distorsión armónica total se debe tener un valor $\leq 20\%$ según IEC 61000-3-2.
- En el ámbito económico el cambio de luminarias es completamente viable debido a que el costo de la inversión se logra recuperar en tiempos no mayores a 7 años, además el proyecto representa un ahorro de aproximadamente el 50% en consumo de energía, ahorro en gastos de mantenimiento que abarcan mano de obra y materiales que se realizaban con las luminarias de sodio que están instaladas actualmente en el sistema de alumbrado público.
- En el ámbito social representa un desarrollo para la comunidad teniendo así índices de calidad urbana mejores debió a que al ser una tecnología más desarrollada permite tener automatización y mayor vida útil.
- En el ámbito ambiental al realizar el cambio de tecnología se tiene una disminución de contaminación especialmente porque al haber una reducción de consumo de energía se usa menos recursos naturales por ende disminuyen las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera asegurando así mayor vida al planeta. En la tabla 48 se indica el ahorro anual que se

tiene en MWh al realizar la sustitución de las luminarias de sodio. Para calcular la disminución anual de emisiones de CO₂ al planeta se multiplica el ahorro anual por el factor de emisión ex post del año 2020 el cual es 0,3834 tCO₂/MWh [30]. Al analizar los datos se puede apreciar que existe un ahorro anual de 2 928, 44 tCO₂/MWh lo que ratifica que el cambio de tecnología de sodio por LED genera un beneficio al medio ambiente siendo así también un proyecto sostenible.

TABLA XLVIII DISMINUCIÓN ANUAL DE EMISIONES DE CO₂

Consumo anual Luminarias SODIO [MWh]	Consumo anual Luminarias LED [MWh]	Ahorro anual [MWh]	Disminución anual de emisiones de CO₂ [tCO₂/MWh]
15.459,34	7.821,27	7.638,07	2.928,44

3.5. Conclusiones Capítulo III

- Al tener un cambio de luminarias de sodio por LED se tiene un ahorro tanto en consumo de energía y mantenimientos.
- En todos los escenarios planteados se tiene un ahorro de aproximadamente el 50% en el consumo de energía.
- Todos los escenarios de cambio de luminarias de sodio por LED son rentables debido a que el costo de la inversión se logra recuperar en tiempos no mayores a 8 años.
- En todos los escenarios para la realización del proyecto de sustitución de lámparas se obtienen indicadores financieros que permiten asegurar que el proyecto es viable técnica y económicamente.

Conclusiones generales

- Al identificar las características, ventajas, desventajas de las luminarias con tecnología LED se tiene que los beneficios son mayores que usar luminarias de sodio debido a que las luminarias LED al tener un menor consumo de energía que es un valor aproximado del 50% se tiene una disminución de quema de combustibles para la obtención de energía disminuyendo así considerablemente las emisiones de CO₂ al año con un valor de 2 928, 44 tCO₂/MWh. El cambio del sistema de alumbrado público por tecnología LED hace que se cumpla con el desarrollo sostenible de un proyecto ya que se logra mantener el equilibrio en lo económico, social y ambiental.
- Al analizar el sistema actual de alumbrado público de la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar las luminarias tradicionales representan un 89% con un consumo anual de 15 459 MWh, mientras que las luminarias LED tan solo un 11% con un consumo anual de 1 360 MWh.
- La topología de las vías de la Provincia de Bolívar es de vital importancia para la propuesta de diseño del proyecto de sustitución de iluminarias por tecnología LED mediante el programa Ulysse 3 ya que de esta forma se pudo verificar que el cambio propuesto cumpla con los valores de los parámetros fotométricos de acuerdo a la clase de iluminación M3 y M4 establecidos en Regulación Nro. ARCERNNR 006/20. Con respecto a las zonas de conflicto en la CNEL EP Unidad de Negocio Bolívar no se considera las características especificadas por la regulación. Por lo que al realizar las simulaciones teniendo en cuenta estas características se tiene que las luminarias LED apropiadas son las de 240W y 180W.

Recomendaciones

- Para realizar el estudio del diseño lumínico se deben usar fotometrías de luminarias que estén dentro del presupuesto asignado a cada empresa distribuidora las mismas que cumplan con las especificaciones técnicas que emite el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR).
- Para la implementación de nuevos proyectos de alumbrado público se recomienda considerar los diferentes tipos de vías de alumbrado público general como: vías para tráfico motorizado, vías para tráfico peatonal, vías en zonas de conflicto y túneles. Para de esta manera cumplir con los requerimientos de la Regulación 006/20.
- Realizar el análisis de aspectos tanto económicos, ambientales y sociales en proyectos relacionados con la mejora de las condiciones técnicas de sistemas de iluminación.

Referencias bibliográficas

- [1] Agencia de Regulación y Control de Electricidad, «Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano,» Quito-Ecuador, 2018.
- [2] El comercio, «Las lámparas LED ayudan a reducir el gasto energético,» *EL COMERCIO*, 2014.
- [3] G. Andrade, J. Barragán y A. Astudillo, «Impact of electrical energy efficiency programs, case study: Food processing companies in Cuenca, Ecuador. DYNA, 81 (184), ppDYNA2014. DOI: 10.15446/dyna.v81n184.40821,» *DYNA*, vol. 81, n° 184, pp. 41- 48, 2014.
- [4] A. Serrano, A. Martínez, O. Muñoz y L. Santolaya, «Análisis de ahorro energético en iluminación LED industrial: Un estudio de caso,» *DYNA*, vol. 82, n° 191, pp. 231-239, 2015.
- [5] J. González, «Estudio De Implantación De Tecnología Led En El Alumbrado Público Exterior De La Robleda, Puente San Miguel (Cantabria),» 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/15625/JGG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [6] E. Chabla y F. Córdoba, «Universidad de Cuenca,» 2015. [En línea]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21652/1/tesis.pdf>.
- [7] L. Lojano y O. Franklin, «Mejoramiento del sistema de alumbrado público de una arteria de circulación vehicular de la ciudad de Cuenca mediante la sustitucion de tecnologia LED,» 2014. [En línea]. Available: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/5312/1/tesis.pdf>. [Último acceso: 14 enero 2021].

- [8] Química Web, 12 Febrero 2018. [En línea]. Available: http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema5/. [Último acceso: 14 Octubre 2021].
- [9] L. López y J. Parión, «La luz natural como recurso en la concepción morfológica del espacio interior,» 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/29375>.
- [10] C. Audiovisual, «Percepción visual. Nociones básicas de la luz,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.uv.mx/personal/lenunez/files/2013/06/luz.pdf>.
- [11] Lampamanía, «¿Qué es el flujo luminoso y la intensidad luminosa?,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.lampamania.es/articulos/que-es-el-flujo-luminoso-y-la-intensidad-luminosa/>.
- [12] J. García, «Magnitudes y unidades de medida,» UPC, 2021. [En línea]. Available: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html>.
- [13] E. Gómez, «Guía Básica de Conceptos de Radiometría y Fotometría,» Universidad de Sevilla, Sevilla, 2006.
- [14] M. Monteoliva, A. Villalba y A. Pattini, «Temperatura de color correlacionada de la luz natural: análisis dinámico en espacios interiores,» ScienceDirect, 2015.
- [15] Ledviled, «¿Qué es y de dónde viene la tecnología LED?,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.ledviled.es/blog/que-es-y-de-donde-viene-la-tecnologia-led/#:~:text=LED%20viene%20de%20Light%20Emitting,eficiente%20y%20con%20alto%20rendimiento..>

- [16] Efimarket, «¿Por qué utilizar la tecnología Led?,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.efimarket.com/blog/por-que-utilizar-la-tecnologia-led/>.
- [17] Ecoserveis, «Conceptos Básicos del LED,» 2017. [En línea]. Available: http://www.premiumlightpro.es/fileadmin/es/4_Conceptos_Basicos_del_LED.pdf. [Último acceso: 14 enero 2021].
- [18] BarcelonaLed, «Los cinco mayores beneficios de las Luces Led,» B-Led, 2020. [En línea]. Available: <https://www.barcelonaled.com/blog/informacion-led/los-cinco-mayores-beneficios-de-las-luces-led/>.
- [19] J. Almeida, «Eficiencia energética e implementación de focos LED en el sistema residencial ecuatoriano,» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12508/Disertaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 14 enero 2021].
- [20] ARCERNNR, «Regulación No. 006/20,» 2020.
- [21] I. P. Genovez Zúñiga, «Eficiencia Energética en el servicio de Alumbrado Público del Ecuador,» Universidad de Cuenca, Cuenca-Ecuador, 2015.
- [22] Expansión. Macro.com, «Consumo de electricidad,» [En línea]. Available: <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-consumo/brasil>. [Último acceso: 08 Diciembre 2010].
- [23] Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, «Balance Energético Nacional,» Ecuador, 2020.
- [24] LamparaDirecta, [En línea]. Available: <https://www.lamparadirecta.es/blog/como-funciona-la-tecnologia-led>. [Último acceso: 07 Diciembre 2021].

- [25] GADPB, «Prefectura de Bolívar,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.bolivar.gob.ec/cms/index.php/la-provincia-bolivar>.
- [26] C. E. BOL y D. d. a. Público, Interviewees, *Información de datos de alumbrado público..* [Entrevista]. febrero 2022.
- [27] AUTODESK, «Knowledge Network,» [En línea]. Available: <https://knowledge.autodesk.com/es/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ESP/Revit-DocumentPresent/files/GUID-45A334AD-D4B5-474D-9039-D2F727612E0F-htm.html>.
- [28] A. S. P. Tovar, *Cambio de tecnología del alumbrado público en la ciudad de Tunja desde una perspectiva técnica-económica*, 2014.
- [29] C. Brusil, H. Arcos, F. Espín y C. Velásquez , «Analysis of Harmonic Distortion of LED Luminaires Connected to Utility Grid,» Quito, 2020.
- [30] L. H. Estrella, «Factor de emisión de CO2 del Sistema Nacional interconectado de Ecuador,» CENACE, quito, 2020.
- [31] M. Proaño, *Análisis y perspectivas de la tecnología led en la iluminación. Ventajas de su utilización y beneficios medioambientales*, Zaragoza, 2015.
- [32] F. Arias, *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica*, Caracas: Episteme, 2012.
- [33] INEC, «Instituto de Estadísticas y Censos,» 2010. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/bolivar.pdf>. [Último acceso: 14 enero 2021].
- [34] R. Hernández, C. Fernandez y L. Baptista, *Selección de la muestra*, México, 2014.

[35] TotalEnergies , 14 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.totalenergies.es/es/consumo-energetico>. [Último acceso: 07 Diciembre 2021].

Anexos

Anexo 1 Estudio del diseño lumínico para vías motorizadas en el programa Ulysse 3

Anexo 2 Análisis de precios unitarios Mano de Obra CNEL EP BOL año 2022

Anexo 3 Proyección de costos de materiales y mano de obra para el manteniendo de luminarias

Anexo 4 Detalle de consumo anual en luminarias existentes y luminarias LED

Anexo 5 Costo de sustitución de luminarias existentes por luminarias LED

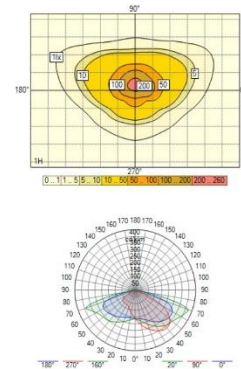
Anexo 6 Estudio del diseño lumínico para vías de zonas de conflicto en el programa Ulysse 3

ANEXO 1 - ESTUDIO DEL DISEÑO LUMÍNICO - LUM LED 240 W

1. Aparatos

1.1. SOLARIS 240W 4000K

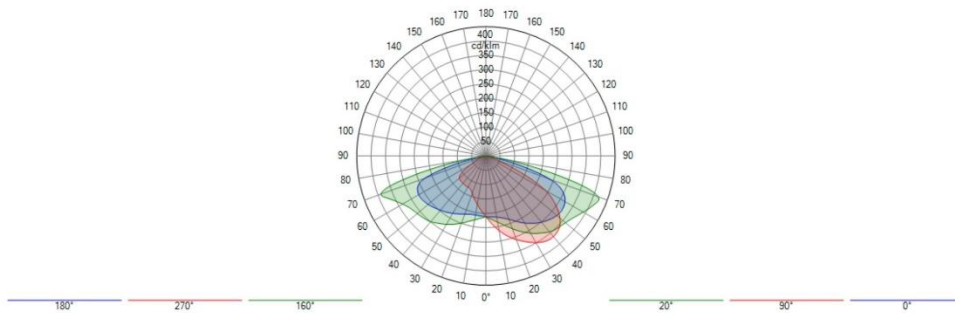
Tipo	B4891 - B4884 - B4937 SOLARIS 240W 4000K ...
Flujo de lámpara	30,661 klm
Potencia	23886,0 W
FM	0,85
Matriz	SOLARIS 240W 4000K
Flujo luminaria	30,662 klm
Eficiencia	1 lm/W



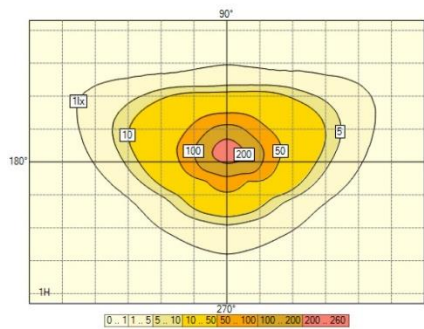
2. Documentos fotometricos

2.1. SOLARIS 240W 4000K

Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



Curva de utilización



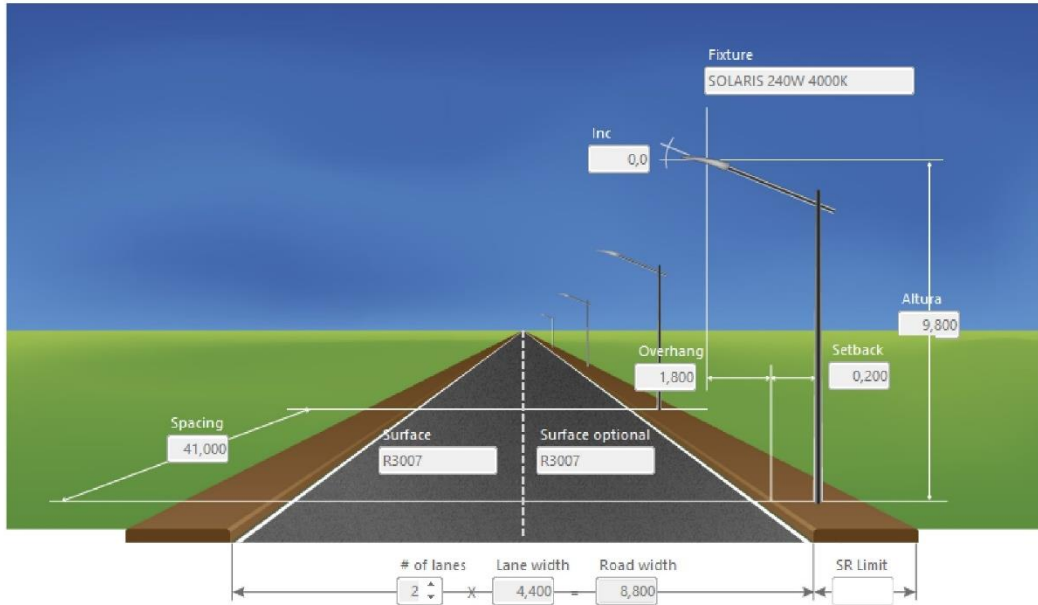
3. Estandar

3.1. Reporte estandar

Calculations according to CIE 140

Selected lighting class M3 (1)

Constraints LU : Ave = 1,00 cd/m² Uo = 40 % UI = 70 % UoW = 15 % TI : 10 % SR : 0,50



3.2. Resultados

Potencia por Km 582,585 kW

Carretera (LU)

Luminance

UI 1	71 %	✓	70,00 %
UI 2	70 %	✓	70,00 %

Luminancia

Med	1,90 cd/m ²	✓	1,00 cd/m ²
Min	1,08 cd/m ²	NA	
Uo	57 %	✓	40,00 %
UoW	57 %	✓	15,00 %

Valores

SR	0.6	✓	0,5
TI	9,0	✓	10,0

4. Por defecto

4.1. Descripción de la matriz

Ph. color	Matriz	Descripción	Flujo de lámpara [klm]	Flujo luminaria [klm]	Eficiencia [lm/W]	FM	Altura [m]	Aparato
■	-		30,661	30,662	1	0,850	5 x 9,80	

4.2. Posiciones de luminarias

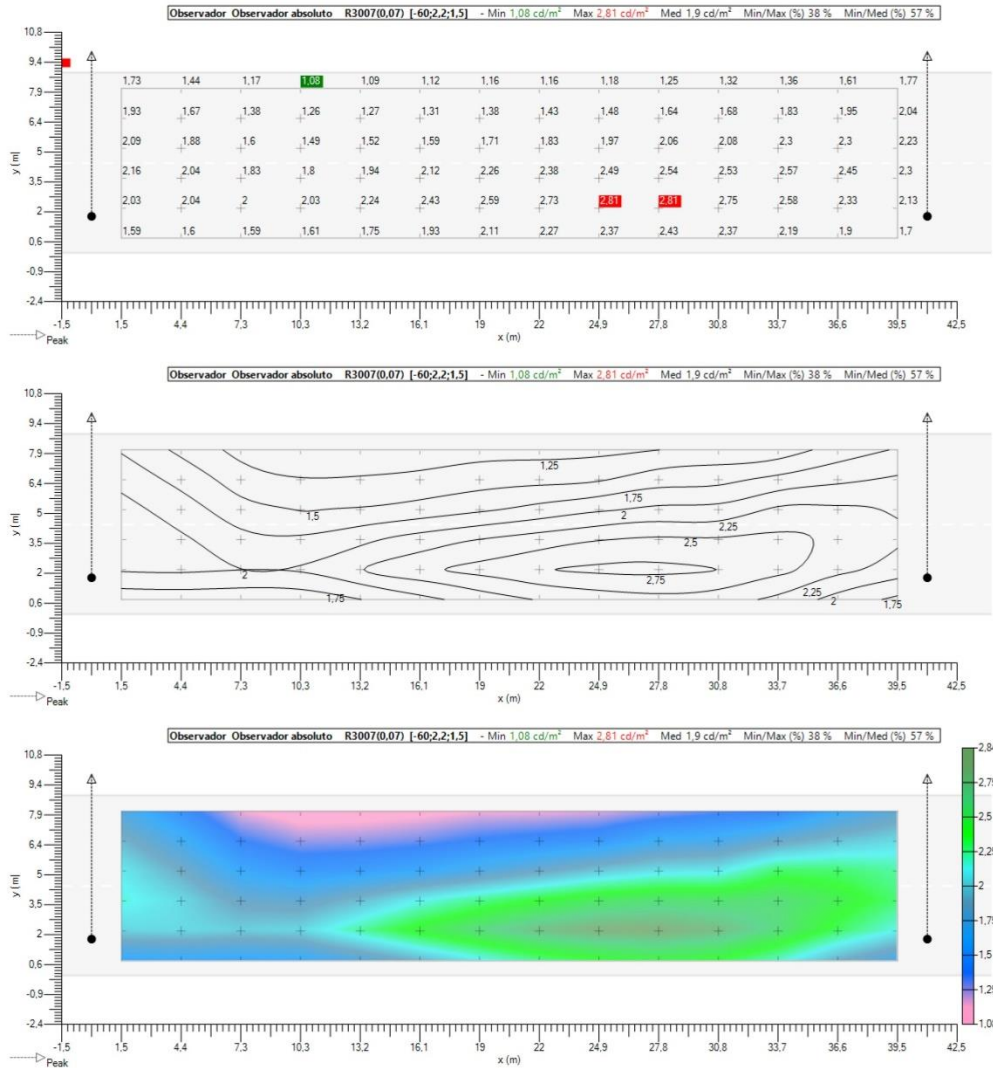
	Color	Nº	Posición			Luminaria						Objetivo			
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nombre	Descripción	Az [°]	Inc [°]	Rot [°]	Flujo [klm]	FM	X [m]	Y [m]	Z [m]
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1	-41,00	1,80	9,80	-	SOLARIS 240W 4000K	0,0	0,0	0,0	30,661	0,850	-41,00	1,80	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	2	0,00	1,80	9,80	-	SOLARIS 240W 4000K	0,0	0,0	0,0	30,661	0,850	0,00	1,80	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	3	41,00	1,80	9,80	-	SOLARIS 240W 4000K	0,0	0,0	0,0	30,661	0,850	41,00	1,80	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	4	82,00	1,80	9,80	-	SOLARIS 240W 4000K	0,0	0,0	0,0	30,661	0,850	82,00	1,80	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	5	123,00	1,80	9,80	-	SOLARIS 240W 4000K	0,0	0,0	0,0	30,661	0,850	123,00	1,80	0,00

4.3. Grupos de luminarias

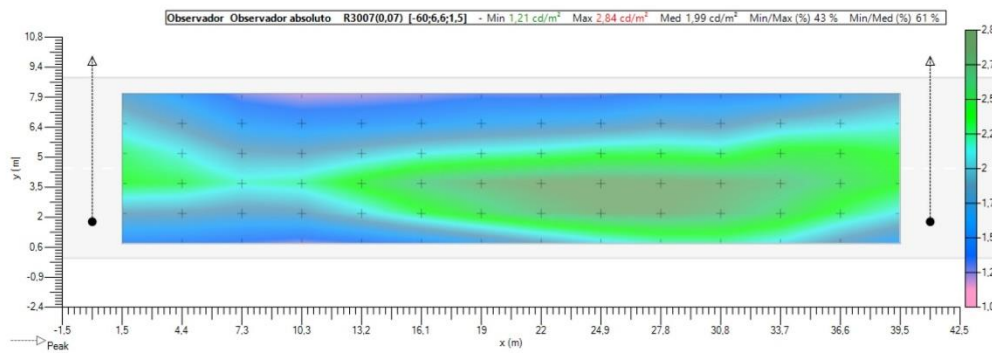
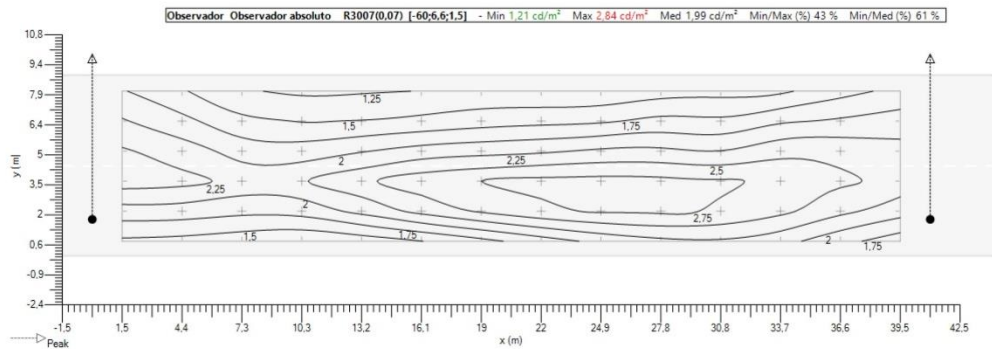
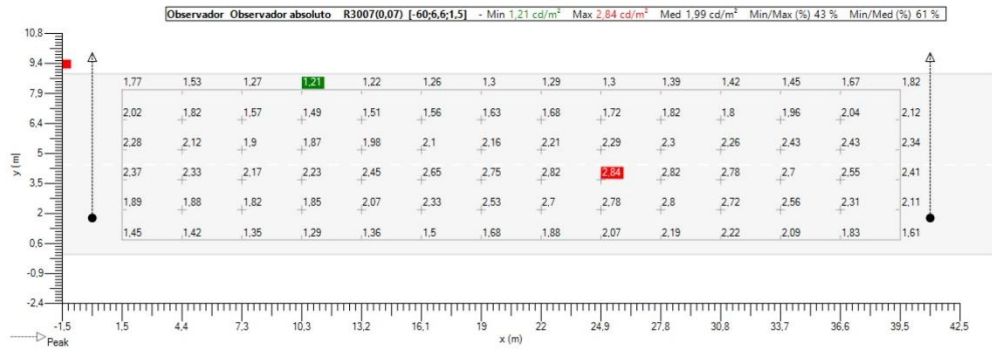
Lineal																
	Color	Nº	Posición			Luminaria				Dimensión			Rotación			
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nombre	Az [°]	Inc [°]	Rot [°]	Dim [%]	Número de luminarias	Interdistancia [m]	Tamaño [m]	X [°]	Y [°]	Z [°]
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1	-41,00	1,80	9,80	Derecha	0,0	0,0	0,0	100	5	41,00	164,00	0,0	0,0	0,0

4.4. Luminancia - Carretera (LU) - R3007

Carretera (LU) - Absoluto 1

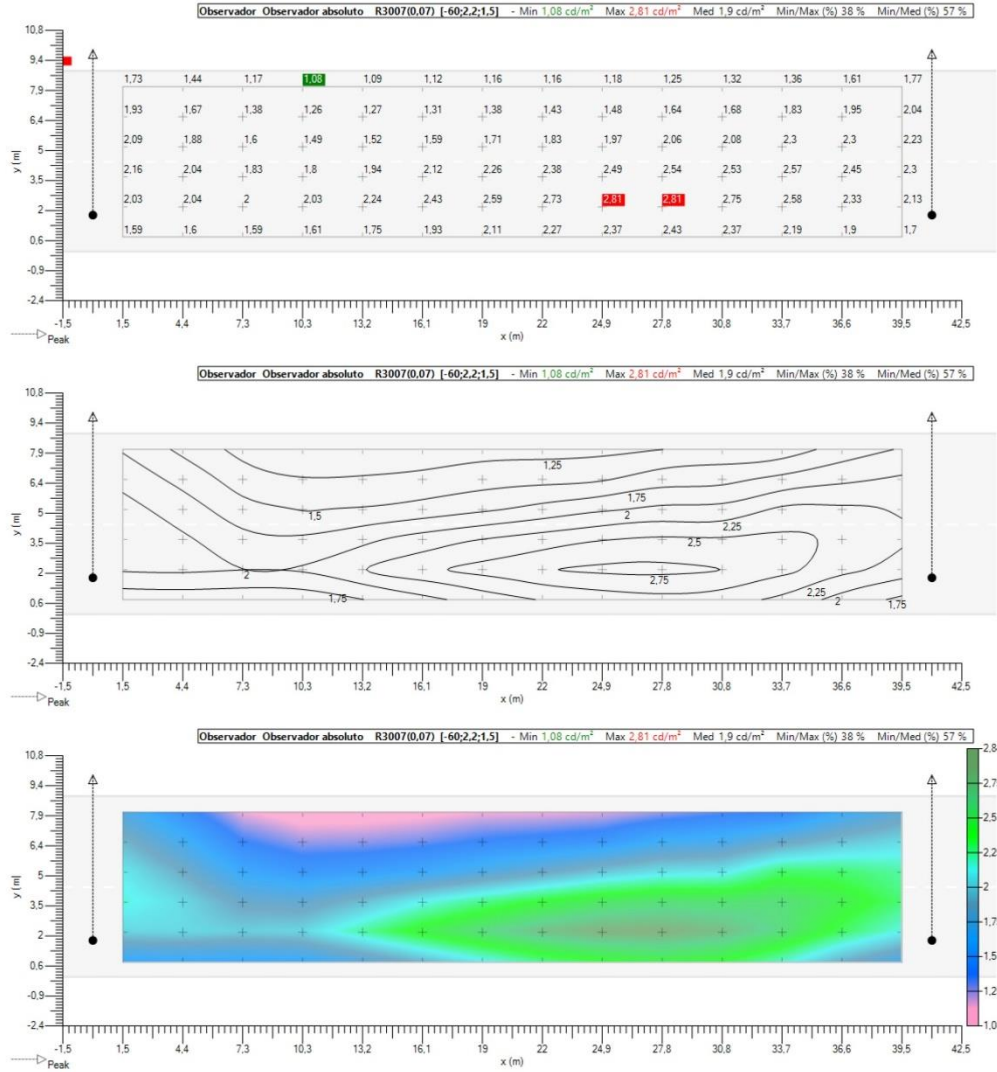


Carretera (LU) - Absoluto 2

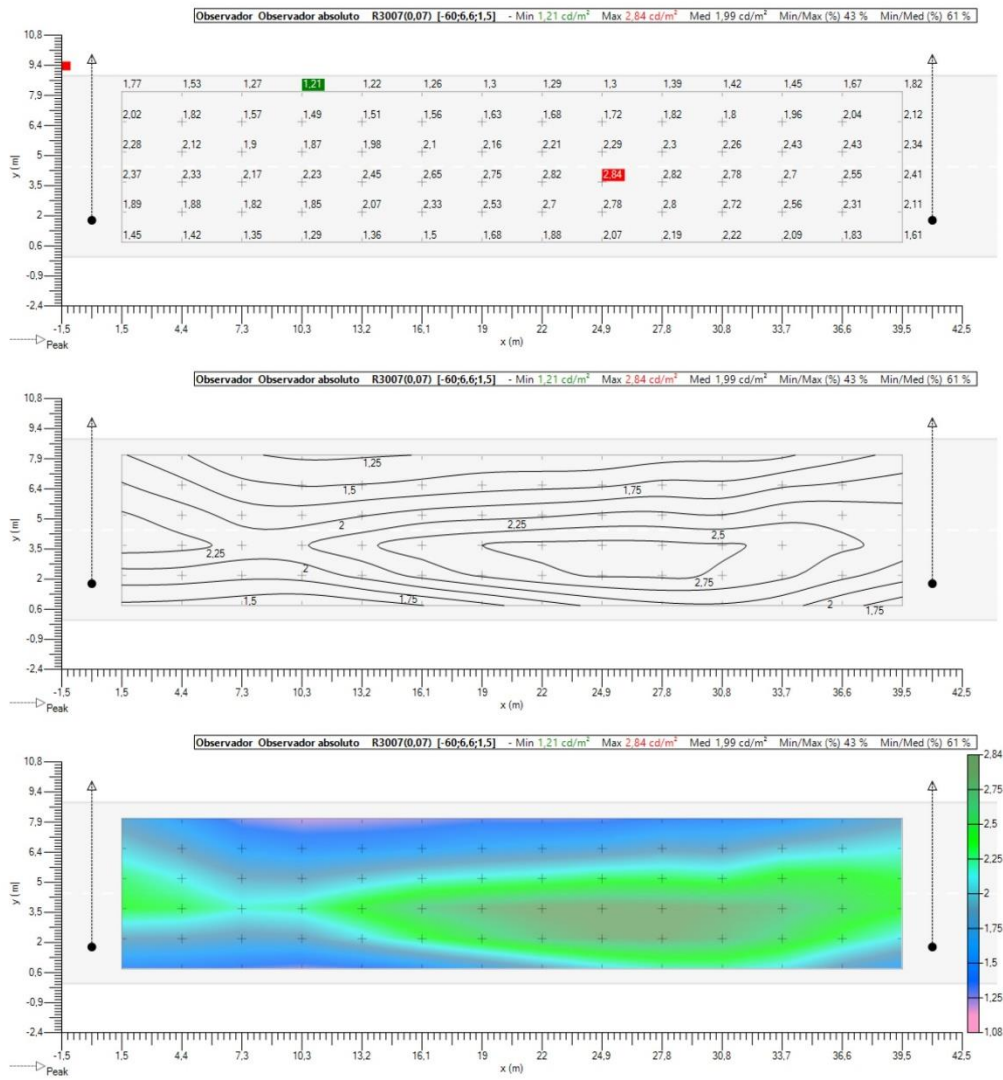


4.5. Luminancia - Carretera (LU) - R3007

Carretera (LU) - Optional - Absoluto 1

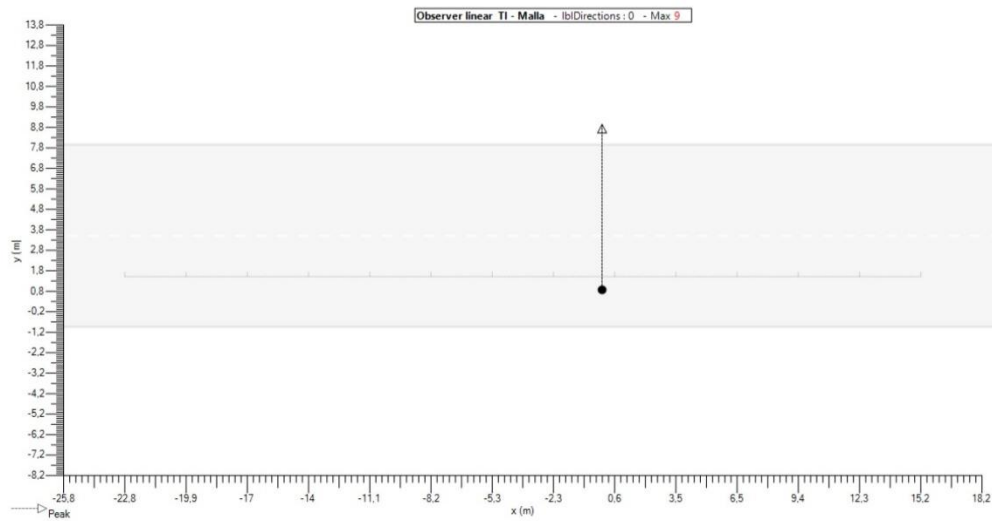


Carretera (LU) - Optional - Absoluto 2

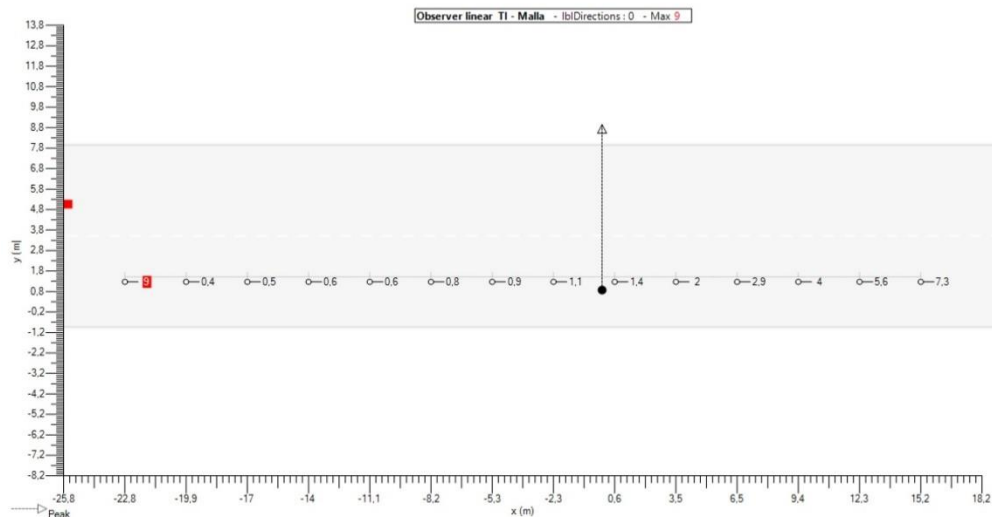


4.6. Carretera (TI) - Malla -TI

Implantation



Valores



5. Mallas

5.1. Carretera (LU)

General		Geometria					
Tipo	Malla rectangular XY	Origen X	1,46 m	Y	0,73 m	Z	0,00 m
Activado	<input checked="" type="checkbox"/>	Rotacion X	0,0 °	Y	0,0 °	Z	0,0 °
Color	■	Dimension Numero X	14	Numero Y	6		
		Interdistan	2,93 m	Interdistan	1,47 m		
		Tamaño X	38,07 m	Tamaño Y	7,33 m		

6. Observador

6.1. Carretera (TI)

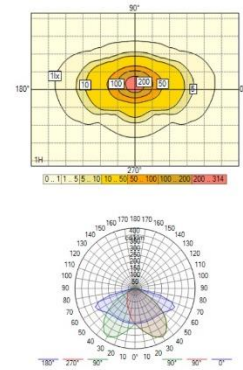
General		Geometria					
Type	Observer linear	Origen X	-22,83 m	Y	2,20 m	Z	1,50 m
En	<input checked="" type="checkbox"/>	Rotacion X	0,0 °	Y	0,0 °	Z	0,0 °
Color	■	Dimension Nombre	14	Interdistan	2,93 m	Tamaño	38,07 m
Directions	0,0						
Calculation	TI - Malla						
Malla	Carretera (TI)						

ANEXO 1 - ESTUDIO DEL DISEÑO LUMÍNICO - LUM LED 200 W

1. Aparatos

1.1. SOLARIS 200W 4000K - T2 New

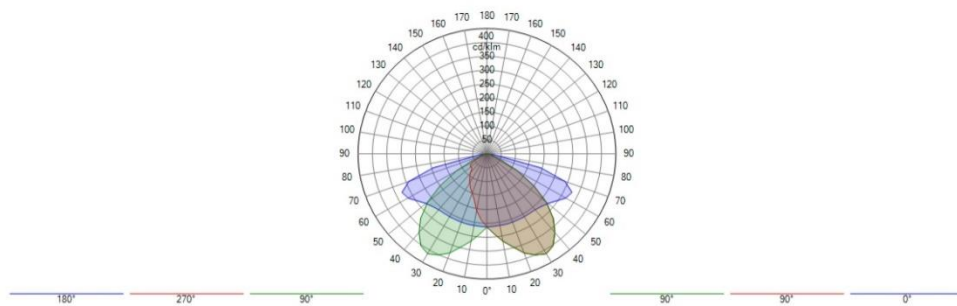
Tipo	SOLARIS 200W T2 New
Flujo de lámpara	28,505 klm
Potencia	20513,0 W
FM	0,85
Matriz	SOLARIS 200W 4000K - T2 New
Flujo luminaria	27,300 klm
Eficiencia	1 lm/W



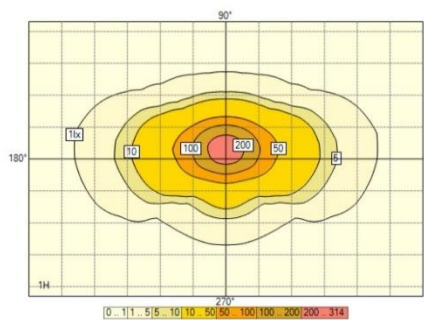
2. Documentos fotometricos

2.1. SOLARIS 200W 4000K - T2 New

Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



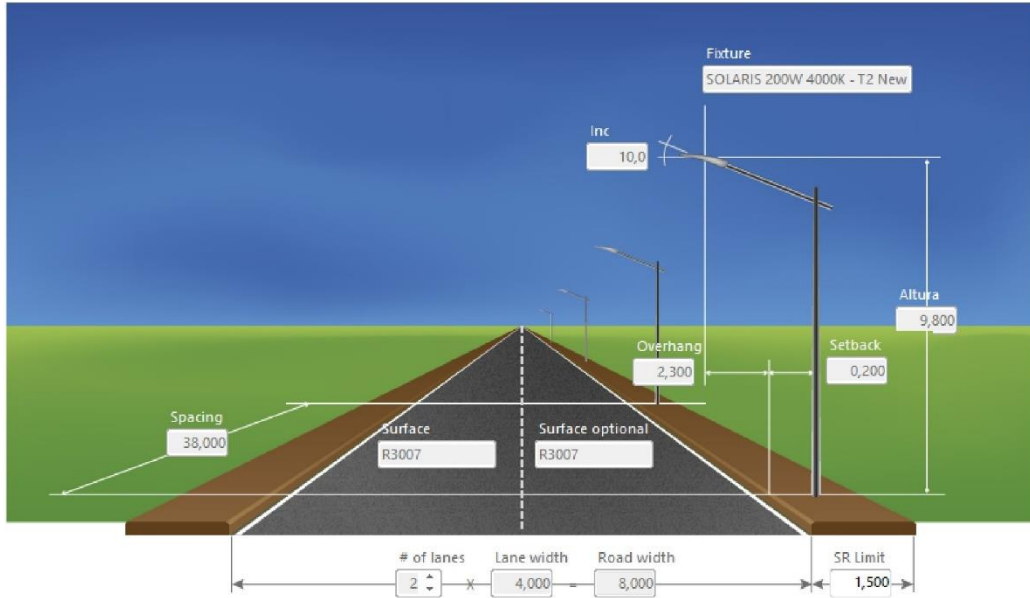
Curva de utilización



3. Estandar

3.1. Reporte estandar

Calculations according to CIE 140
 Selected lighting class M3 (1)
 Constraints LU : Ave = 1,00 cd/m² Uo = 40 % UI = 70 % UoW = 15 % TI : 10 % SR : 0,50



3.2. Resultados

Potencia por Km 539,816 kW

Carretera (LU)

Luminance

UI 1	78 %	✓	70,00 %
UI 2	70 %	✓	70,00 %

Luminancia

Med	2,05 cd/m ²	✓	1,00 cd/m ²
Min	1,19 cd/m ²	⚠	
Uo	58 %	✓	40,00 %
UoW	58 %	✓	15,00 %

Valores

SR	0,9	✓	0,5
TI	8,6	✓	10,0

4. Por defecto

4.1. Descripción de la matriz

Ph. color	Matriz	Descripción	Flujo de lámpara [klm]	Flujo luminaria [klm]	Eficiencia [lm/W]	FM	Altura [m]	Aparato
■	-		28,505	27,300	1	0,850	6 x 9,80	

4.2. Posiciones de luminarias

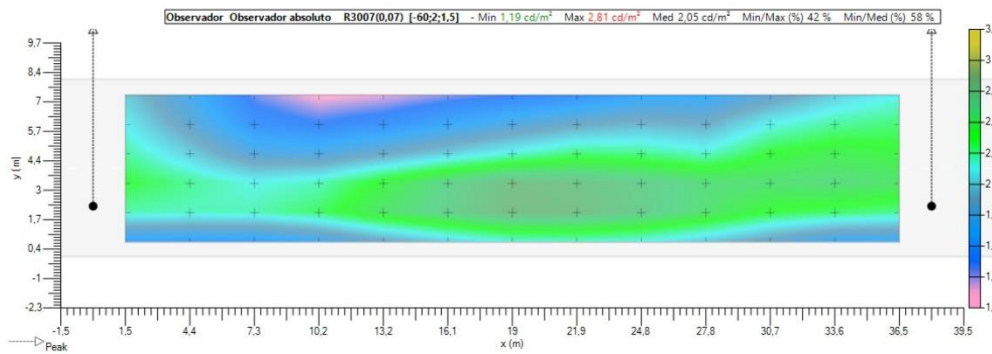
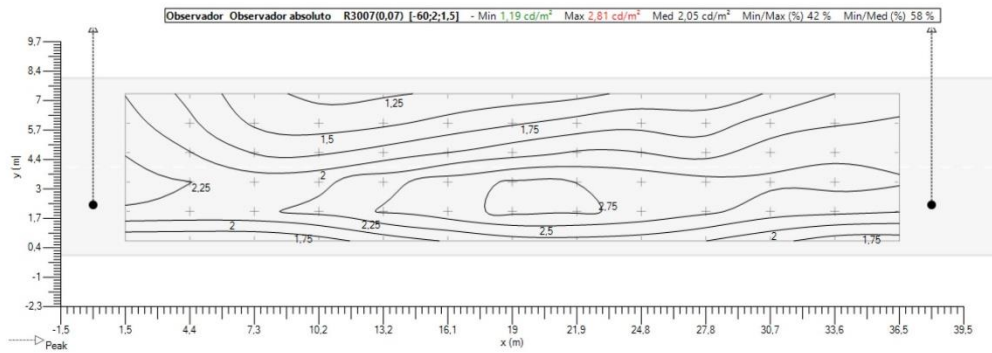
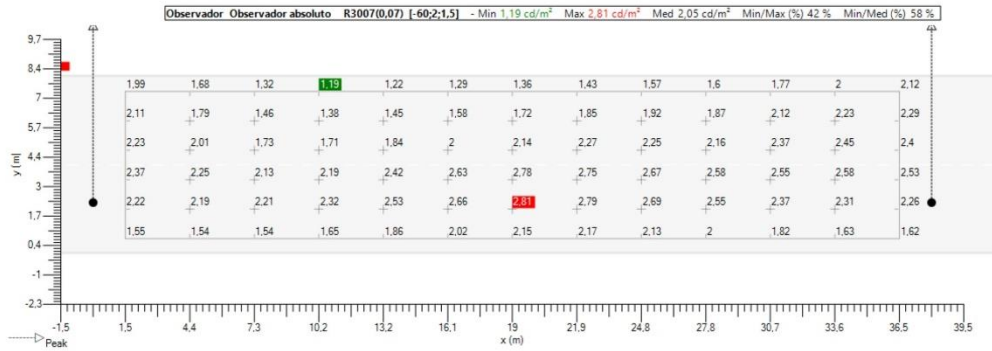
	Color	Nº	Posición			Luminaria							Objetivo		
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nombre	Descripción	Az [°]	Inc [°]	Rot [°]	Flujo [klm]	FM	X [m]	Y [m]	Z [m]
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1	-38,00	2,30	9,80	-	SOLARIS 200W 4000K - T2 New	0,0	10,0	0,0	28,505	0,850	-38,00	4,03	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	2	0,00	2,30	9,80	-	SOLARIS 200W 4000K - T2 New	0,0	10,0	0,0	28,505	0,850	0,00	4,03	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	3	38,00	2,30	9,80	-	SOLARIS 200W 4000K - T2 New	0,0	10,0	0,0	28,505	0,850	38,00	4,03	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	4	76,00	2,30	9,80	-	SOLARIS 200W 4000K - T2 New	0,0	10,0	0,0	28,505	0,850	76,00	4,03	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	5	114,00	2,30	9,80	-	SOLARIS 200W 4000K - T2 New	0,0	10,0	0,0	28,505	0,850	114,00	4,03	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	6	152,00	2,30	9,80	-	SOLARIS 200W 4000K - T2 New	0,0	10,0	0,0	28,505	0,850	152,00	4,03	0,00

4.3. Grupos de luminarias

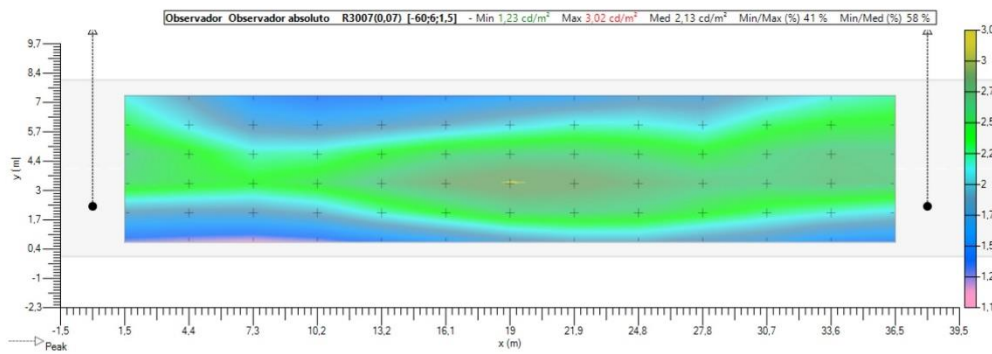
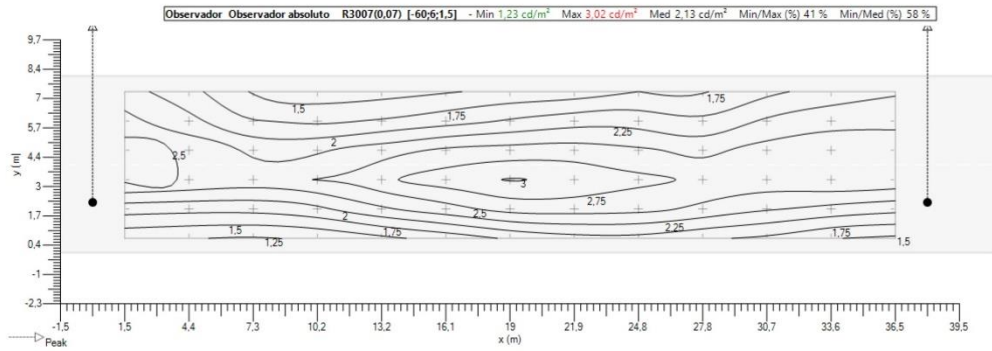
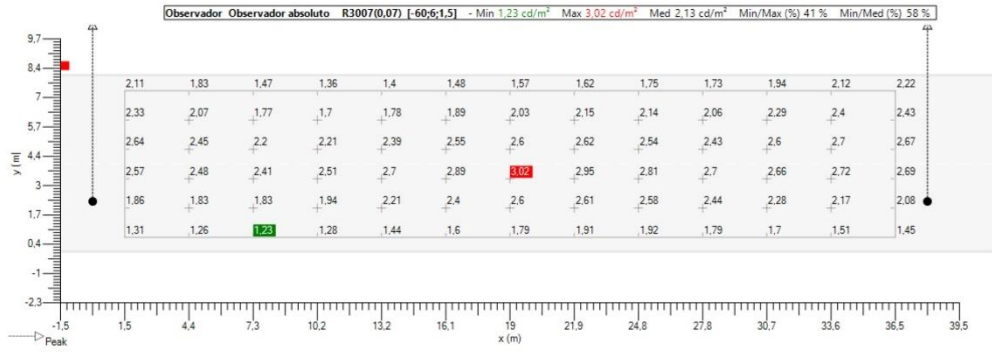
Lineal																
	Color	Nº	Posición			Luminaria					Dimensión			Rotación		
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nombre	Az [°]	Inc [°]	Rot [°]	Dim [%]	Número de luminarias	Interdistancia [m]	Tamaño [m]	X [°]	Y [°]	Z [°]
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1	-38,00	2,30	9,80	Derecha	0,0	10,0	0,0	100	6	38,00	190,00	0,0	0,0	0,0

4.4. Luminancia - Carretera (LU) - R3007

Carretera (LU) - Absoluto 1

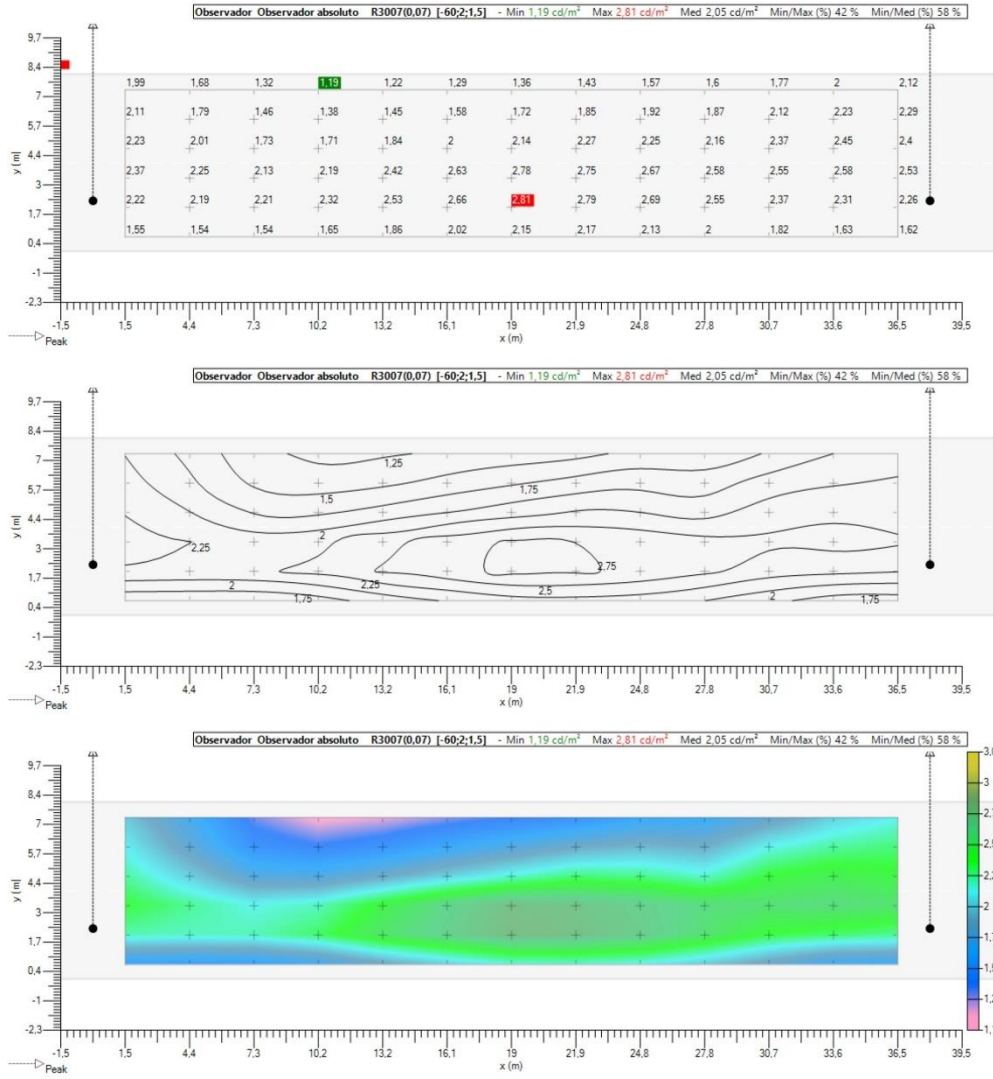


Carretera (LU) - Absoluto 2

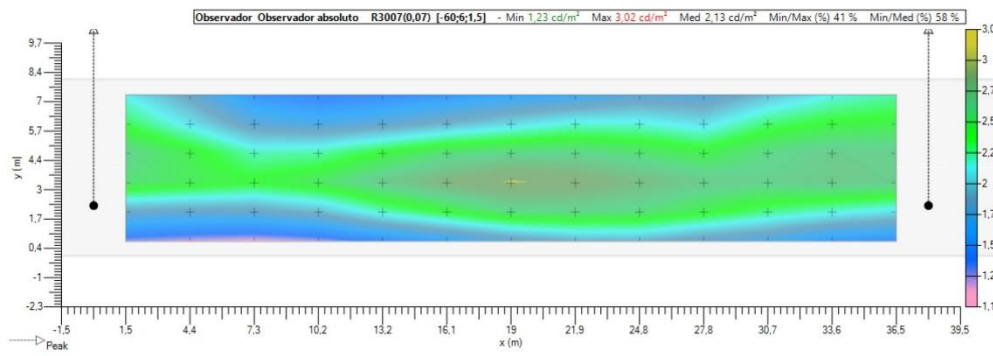
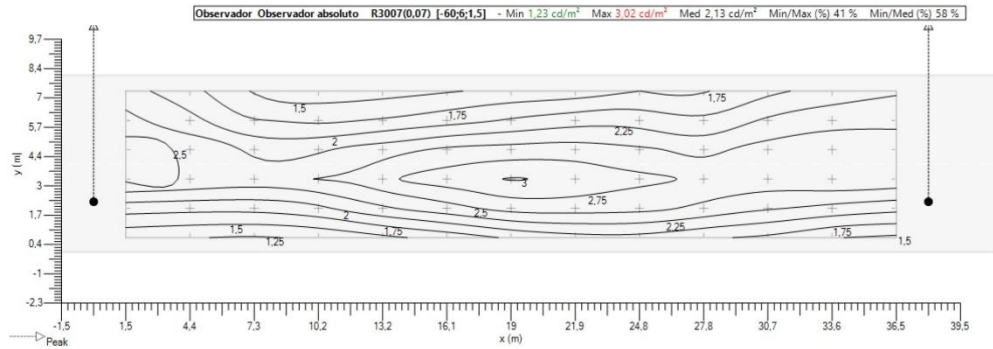
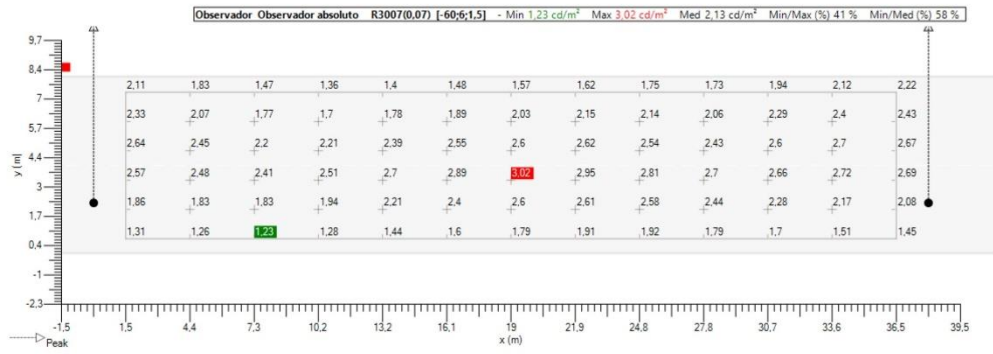


4.5. Luminancia - Carretera (LU) - R3007

Carretera (LU) - Optional - Absoluto 1

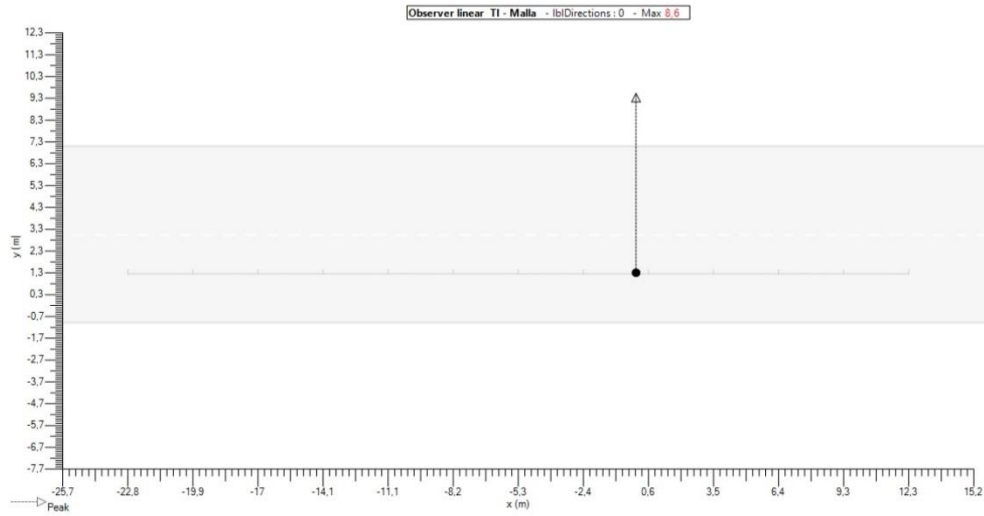


Carretera (LU) - Optional - Absoluto 2

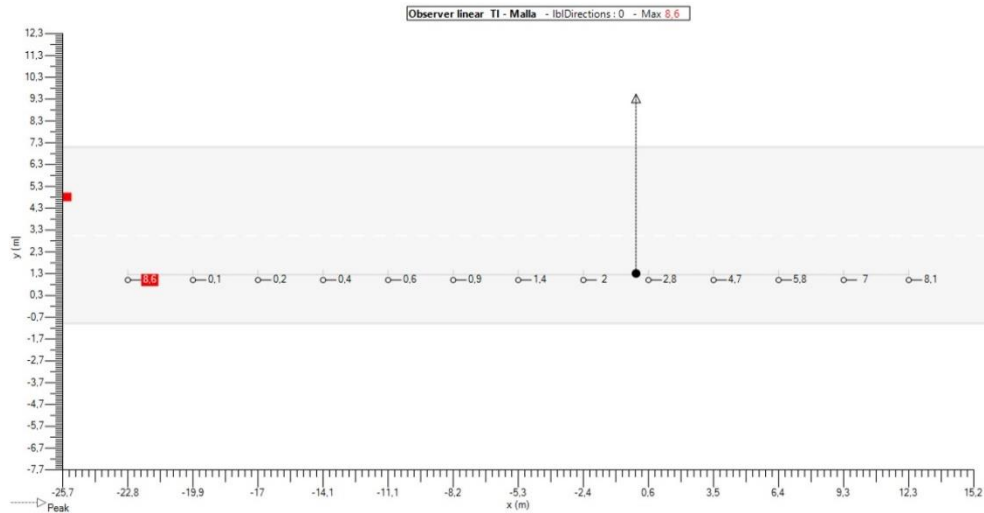


4.6. Carretera (TI) - Malla -TI

Implantation



Valores



5. Mallas

5.1. Carretera (LU)

General		Geometria			
Tipo	Malla rectangular XY	Origen	X 1,46 m	Y 0,67 m	Z 0,00 m
Activado	<input checked="" type="checkbox"/>	Rotacion	X 0,0°	Y 0,0°	Z 0,0°
Color	■	Dimension	Numero X 13	Numero Y 6	
			Interdistan 2,92 m	Interdistan 1,33 m	
			Tamaño X 35,08 m	Tamaño Y 6,67 m	

6. Observador

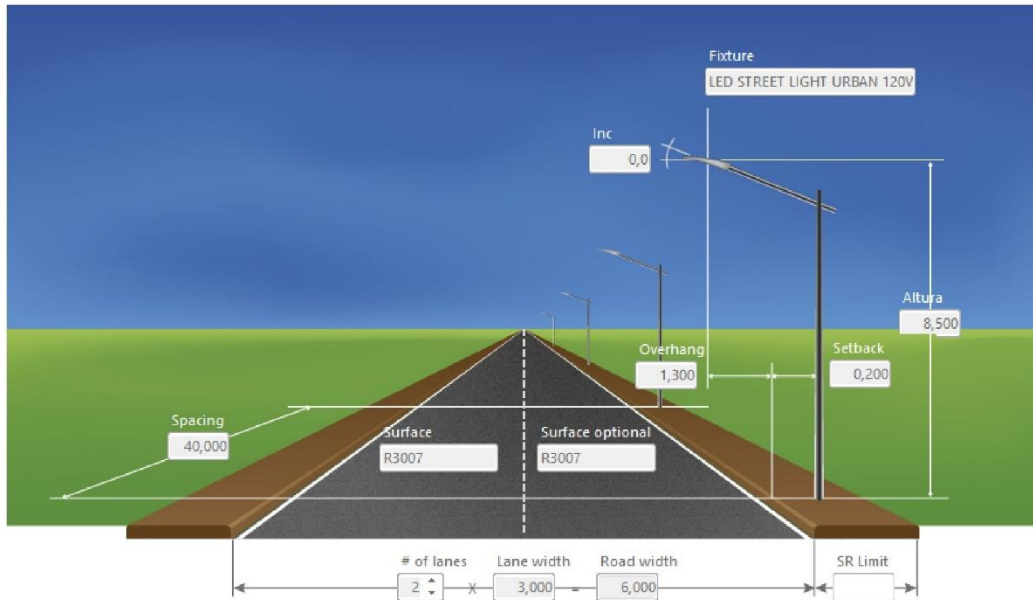
6.1. Carretera (TI)

General		Geometria			
Type	Observer linear	Origen	X -22,83 m	Y 2,00 m	Z 1,50 m
En	<input checked="" type="checkbox"/>	Rotacion	X 0,0°	Y 0,0°	Z 0,0°
Color	■	Dimension	Nombre 13	Interdistan 2,92 m	Tamaño 35,08 m
Directions	0,0				
Calculation	TI - Malla				
Malla	Carretera (TI)				

3. Estandar

3.1. Reporte estandar

Calculations according to CIE 140
 Selected lighting class M4
 Constraints LU : Ave = 0,80 cd/m² Uo = 40 % UI = 0 % UoW = 40 % TI : 10 % SR : 0,00



3.2. Resultados

Potencia por Km 29,825 kW

Carretera (LU)

Luminance

UI 1 39 % 0,00 %
 UI 2 43 % 0,00 %

Luminancia

Med 1,34 cd/m² 0,80 cd/m²
 Min 0,56 cd/m² N/A
 Uo 42 % 40,00 %
 UoW 42 % 40,00 %

Valores

SR 0,8 0,0
 TI 8,4 10,0

4. Por defecto

4.1. Descripción de la matriz

Ph. color	Matriz	Descripción	Flujo de lámpara [klm]	Flujo luminaria [klm]	Eficiencia [lm/W]	FM	Altura [m]	Aparato
■	-		1,000	16,121	14	0,850	5 x 8,50	

4.2. Posiciones de luminarias

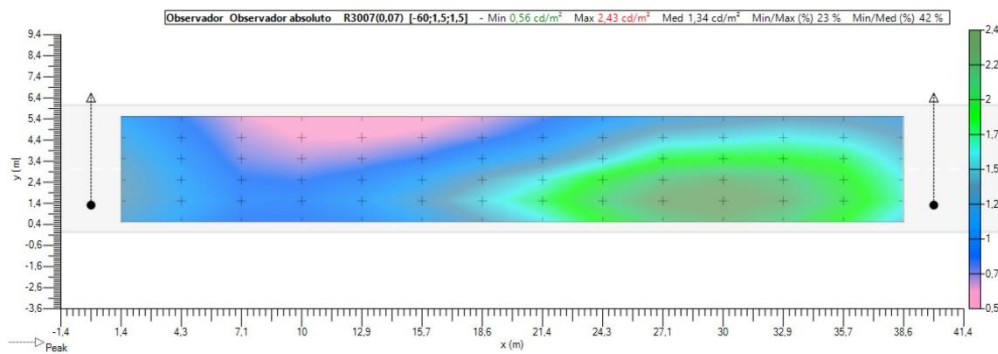
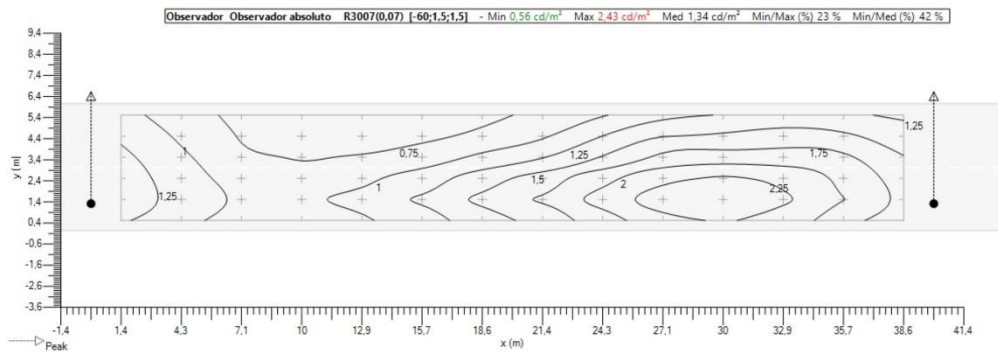
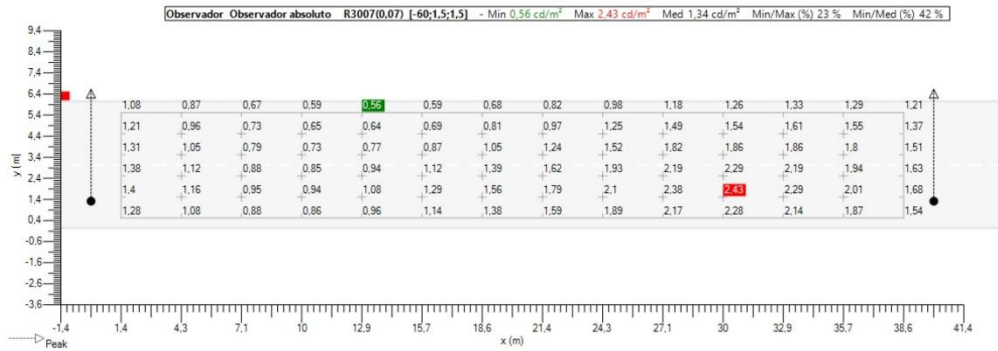
	Color	Nº	Posición			Luminaria							Objetivo		
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nombre	Descripción	Az [°]	Inc [°]	Rot [°]	Flujo [klm]	FM	X [m]	Y [m]	Z [m]
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1	-40,00	1,30	8,50	-	LED STREET LIGHT URBAN 120W-277V_IESNA2002	0,0	0,0	0,0	1,000	0,850	-40,00	1,30	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	2	0,00	1,30	8,50	-	LED STREET LIGHT URBAN 120W-277V_IESNA2002	0,0	0,0	0,0	1,000	0,850	0,00	1,30	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	3	40,00	1,30	8,50	-	LED STREET LIGHT URBAN 120W-277V_IESNA2002	0,0	0,0	0,0	1,000	0,850	40,00	1,30	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	4	80,00	1,30	8,50	-	LED STREET LIGHT URBAN 120W-277V_IESNA2002	0,0	0,0	0,0	1,000	0,850	80,00	1,30	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	5	120,00	1,30	8,50	-	LED STREET LIGHT URBAN 120W-277V_IESNA2002	0,0	0,0	0,0	1,000	0,850	120,00	1,30	0,00

4.3. Grupos de luminarias

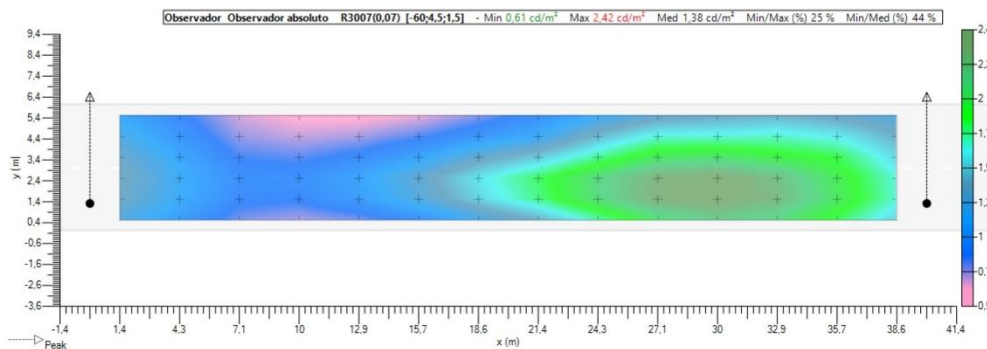
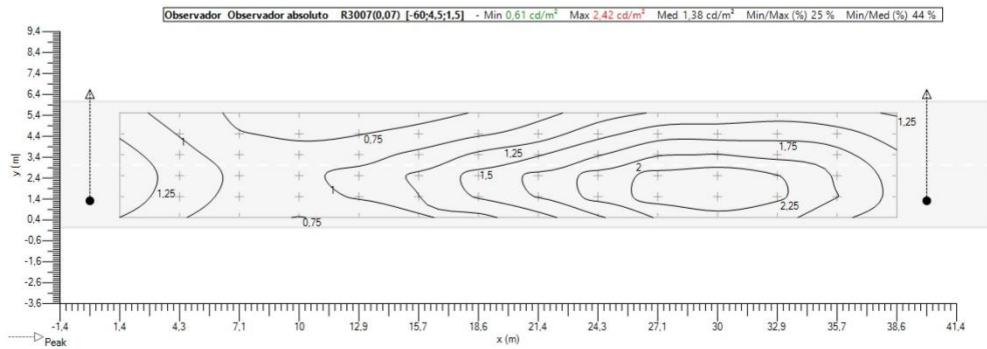
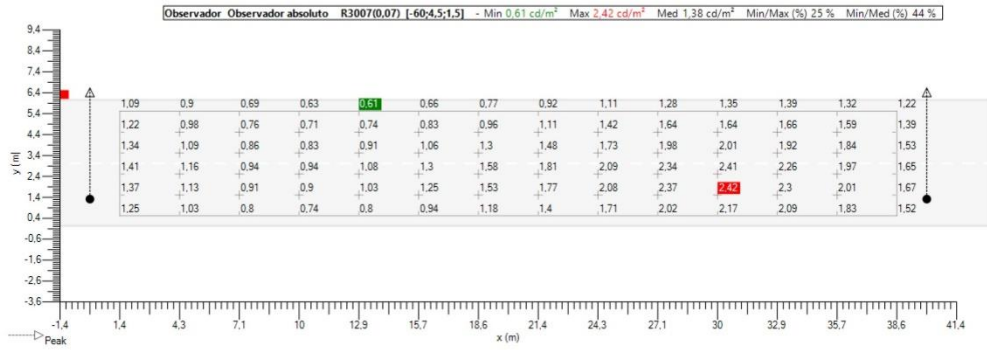
Lineal																
	Color	Nº	Posición			Luminaria				Dimensión			Rotación			
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nombre	Az [°]	Inc [°]	Rot [°]	Dim [%]	Número de luminarias	Interdistancia [m]	Tamaño [m]	X [°]	Y [°]	Z [°]
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1	-40,00	1,30	8,50	Derecha	0,0	0,0	0,0	100	5	40,00	160,00	0,0	0,0	0,0

4.4. Luminancia - Carretera (LU) - R3007

Carretera (LU) - Absoluto 1

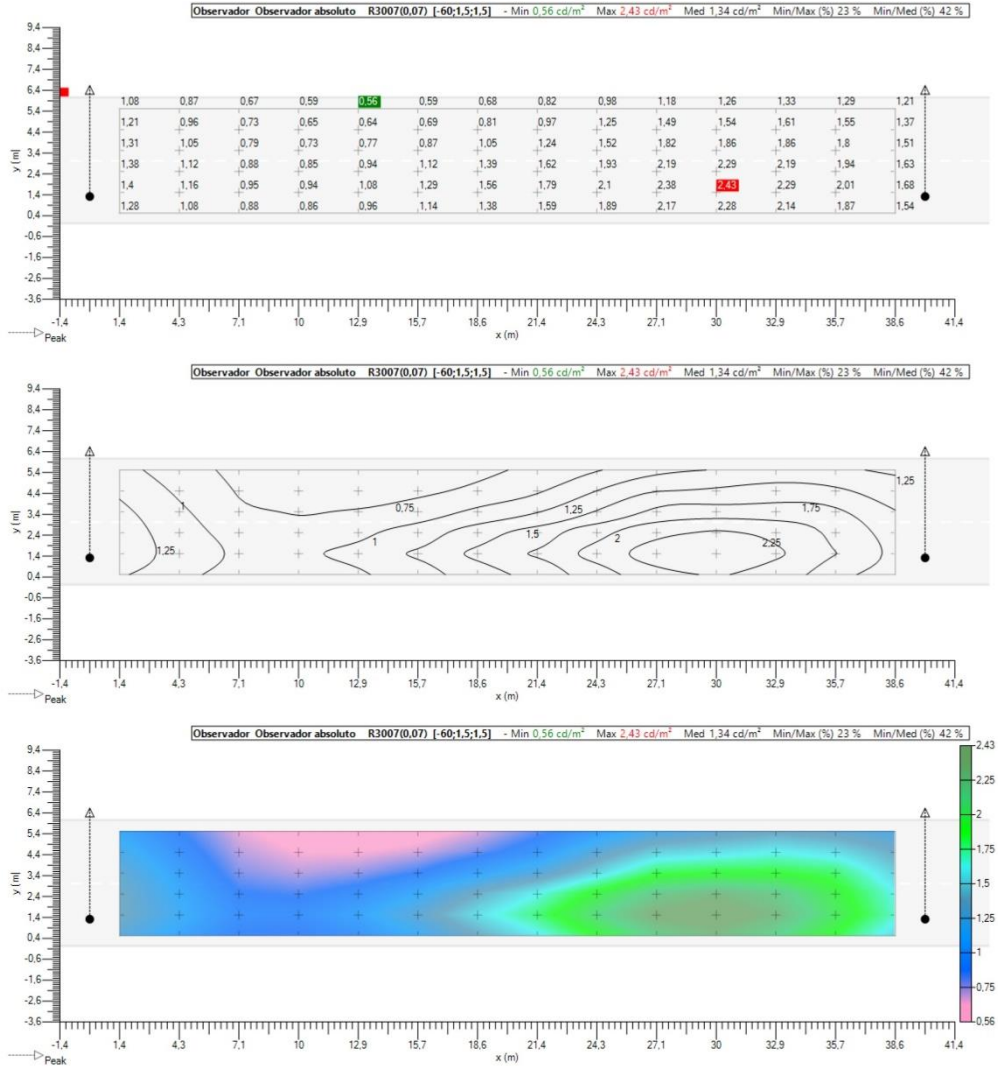


Carretera (LU) - Absoluto 2

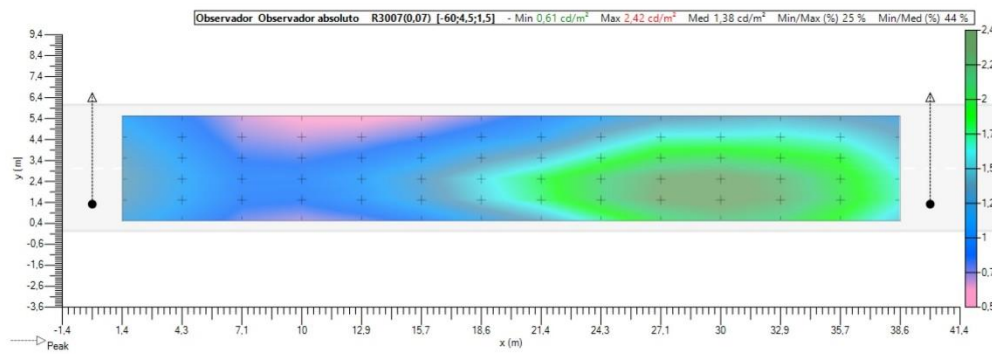
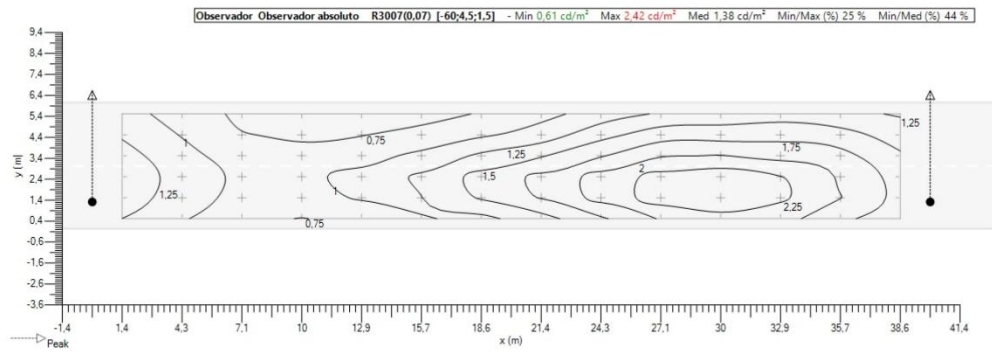
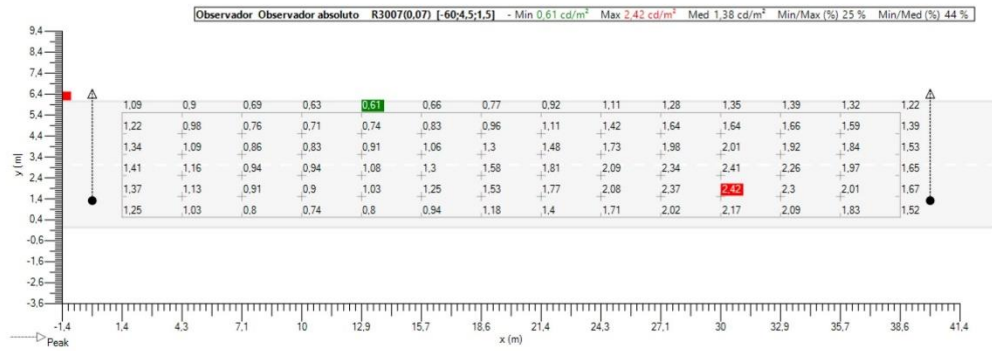


4.5. Luminancia - Carretera (LU) - R3007

Carretera (LU) - Optional - Absoluto 1

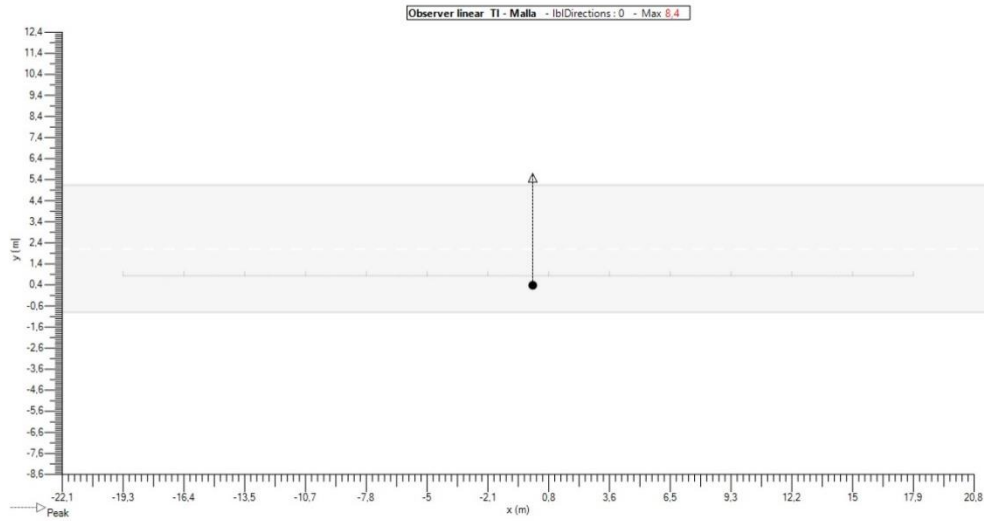


Carretera (LU) - Optional - Absoluto 2

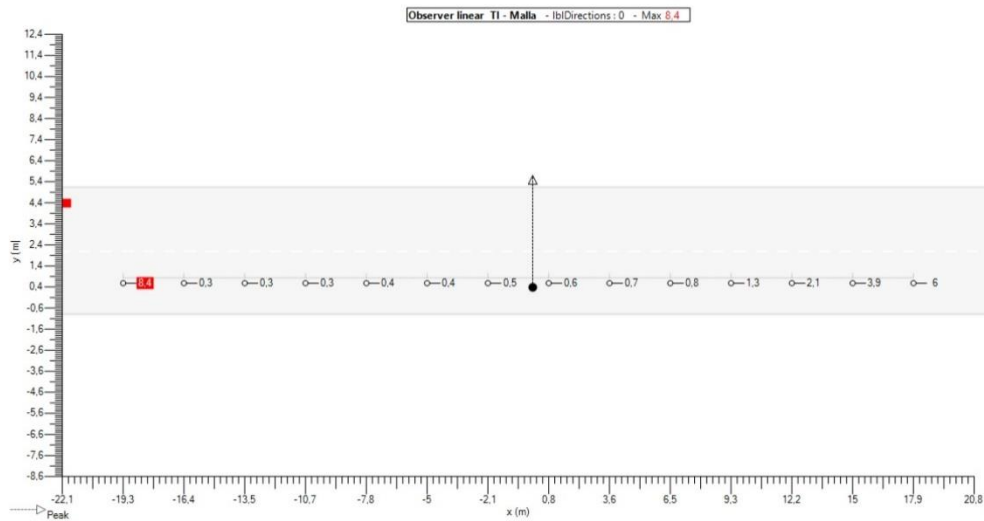


4.6. Carretera (TI) - Malla -TI

Implantation



Valores



5. Mallas

5.1. Carretera (LU)

General		Geometria			
Tipo	Malla rectangular XY	Origen	X 1,43 m	Y 0,50 m	Z 0,00 m
Activado	<input checked="" type="checkbox"/>	Rotacion	X 0,0 °	Y 0,0 °	Z 0,0 °
Color	■	Dimension	Numero X 14	Numero Y 6	
			Interdistan 2,86 m	Interdistan 1,00 m	
			Tamaño X 37,14 m	Tamaño Y 5,00 m	

6. Observador

6.1. Carretera (TI)

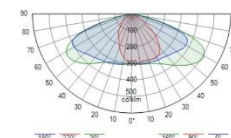
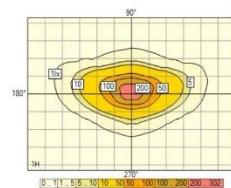
General		Geometria			
Type	Observer linear	Origen	X -19,25 m	Y 1,50 m	Z 1,50 m
En	<input checked="" type="checkbox"/>	Rotacion	X 0,0 °	Y 0,0 °	Z 0,0 °
Color	■	Dimension	Nombre 14	Interdistan 2,86 m	Tamaño 37,14 m
Directions	0,0				
Calculation	TI - Malla				
Malla	Carretera (TI)				

ANEXO 1 - ESTUDIO DEL DISEÑO LUMÍNICO - LUM LED 90 W

1. Aparatos

1.1. P26911++Shark+90W+T2S+IES

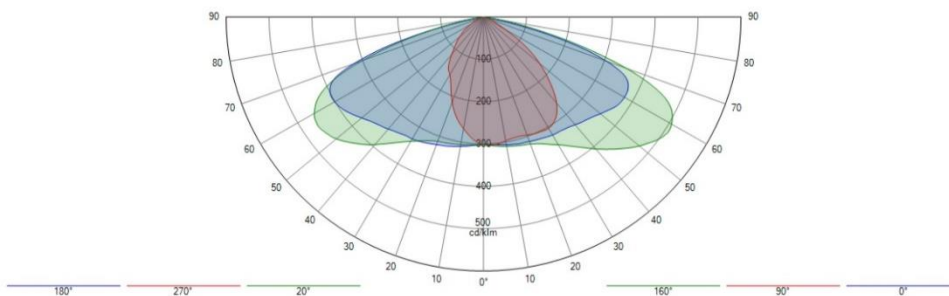
Tipo	SHARK LED samsung 90W OPTICA T2S
Flujo de lámpara	9,493 klm
Potencia	924,0 W
FM	0,85
Matriz	P26911++Shark+90W+T2S+IES
Flujo luminaria	9,493 klm
Eficiencia	10 lm/W



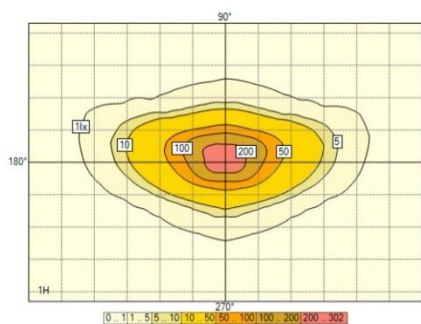
2. Documentos fotometricos

2.1. P26911++Shark+90W+T2S+IES

Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



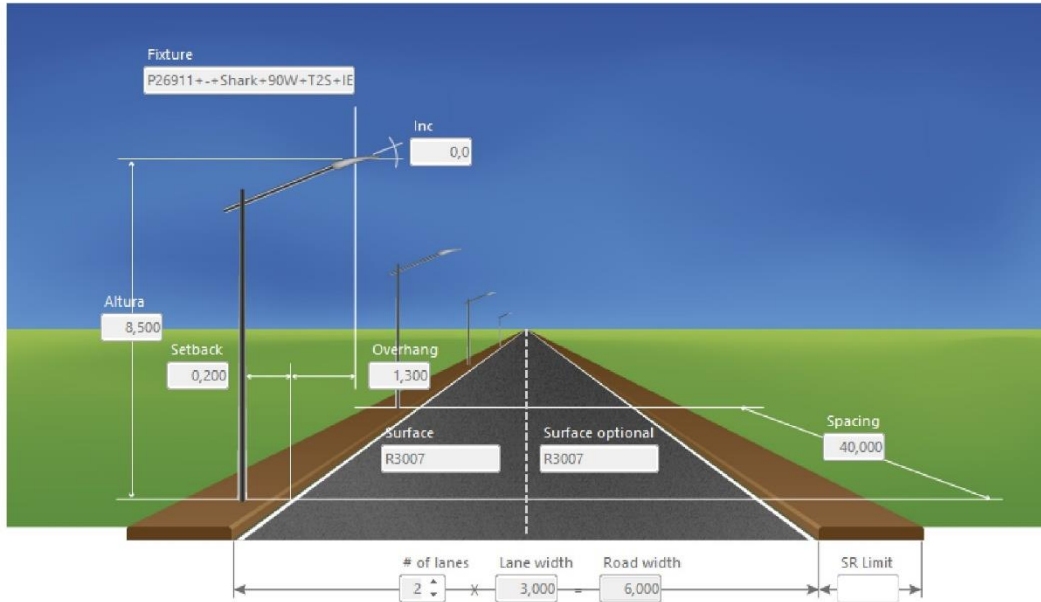
Curva de utilización



3. Estandar

3.1. Reporte estandar

Calculations according to CIE 140
 Selected lighting class M4
 Constraints LU : Ave = 0,85 cd/m² Uo = 40 % UI = 0 % UoW = 40 % TI : 15 % SR : 0,00



3.2. Resultados

Potencia por Km 23,100 kW

Carretera (LU)

Luminance

UI 1	56 %	✓	0,00 %
UI 2	49 %	✓	0,00 %

Luminancia

Med	0,97 cd/m ²	✓	0,85 cd/m ²
Min	0,51 cd/m ²	✓	
Uo	52 %	✓	40,00 %
UoW	52 %	✓	40,00 %

Valores

SR	0,7	✓	0,0
TI	8,5	✓	15,0

4. Por defecto

4.1. Descripción de la matriz

Ph. color	Matriz	Descripción	Flujo de lámpara [klm]	Flujo luminaria [klm]	Eficiencia [lm/W]	FM	Altura [m]	Aparato
■	-		9,493	9,493	10	0,850	5 x 8,50	

4.2. Posiciones de luminarias

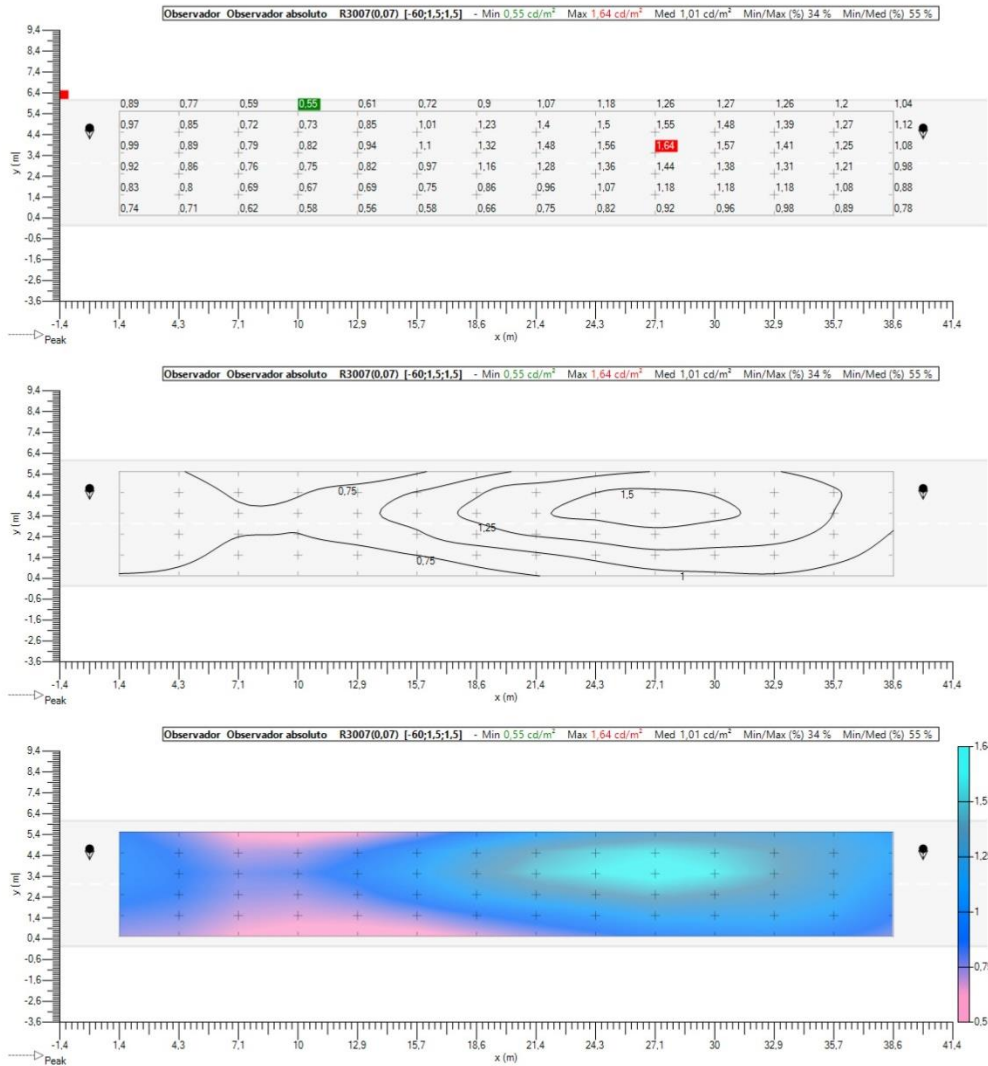
	Color	Nº	Posición			Luminaria							Objetivo		
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nombre	Descripción	Az [°]	Inc [°]	Rot [°]	Flujo [klm]	FM	X [m]	Y [m]	Z [m]
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1	-40,00	4,70	8,50	-	P26911++Shark+90W+T25+IES	180,0	0,0	0,0	9,493	0,850	-40,00	4,70	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	2	0,00	4,70	8,50	-	P26911++Shark+90W+T25+IES	180,0	0,0	0,0	9,493	0,850	0,00	4,70	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	3	40,00	4,70	8,50	-	P26911++Shark+90W+T25+IES	180,0	0,0	0,0	9,493	0,850	40,00	4,70	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	4	80,00	4,70	8,50	-	P26911++Shark+90W+T25+IES	180,0	0,0	0,0	9,493	0,850	80,00	4,70	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	5	120,00	4,70	8,50	-	P26911++Shark+90W+T25+IES	180,0	0,0	0,0	9,493	0,850	120,00	4,70	0,00

4.3. Grupos de luminarias

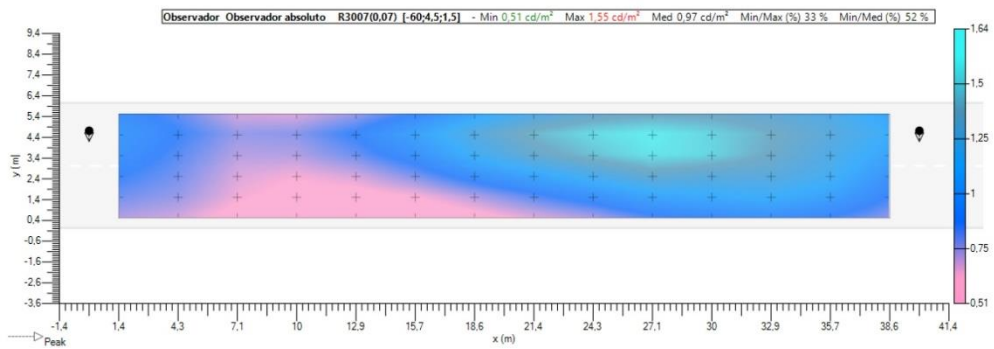
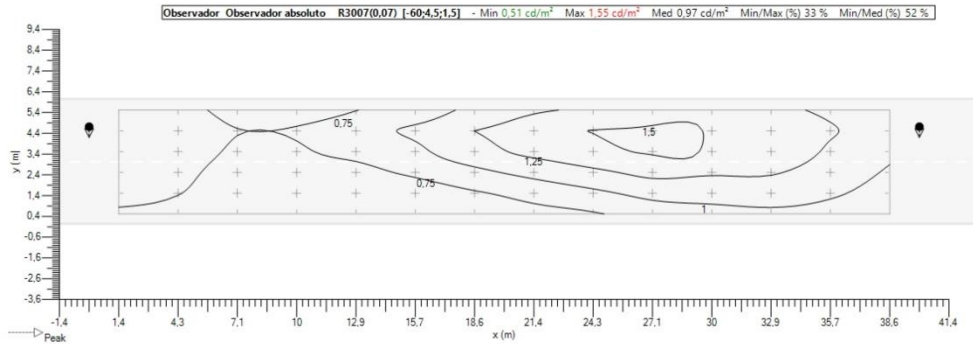
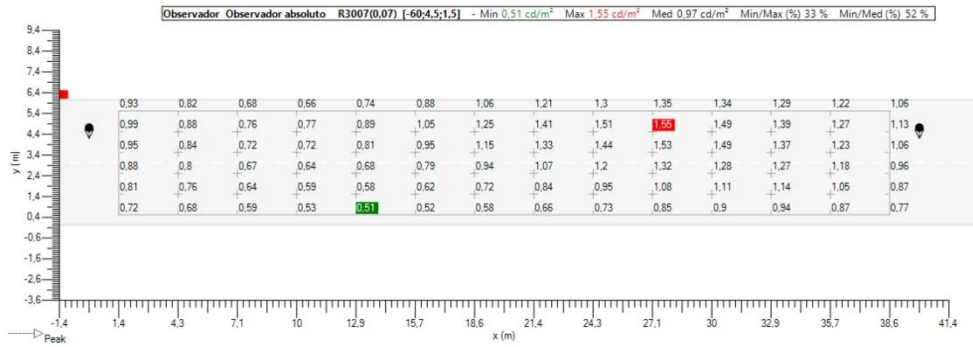
Lineal																
	Color	Nº	Posición			Luminaria				Dimensión			Rotación			
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nombre	Az [°]	Inc [°]	Rot [°]	Dim [%]	Número de luminarias	Interdistancia [m]	Tamaño [m]	X [°]	Y [°]	Z [°]
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1	-40,00	4,70	8,50	Izquierdo	180,0	0,0	0,0	100	5	40,00	160,00	0,0	0,0	0,0

4.4. Luminancia - Carretera (LU) - R3007

Carretera (LU) - Absoluto 1

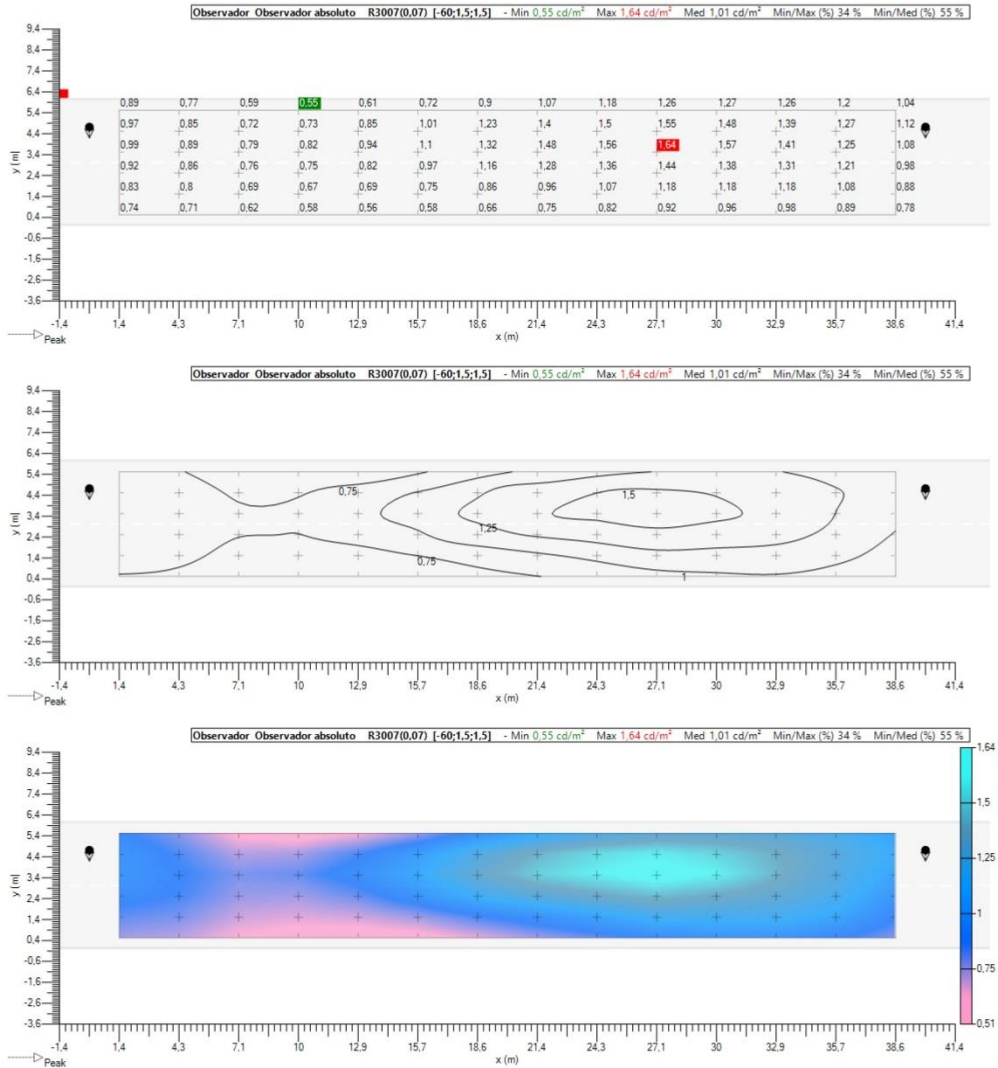


Carretera (LU) - Absoluto 2

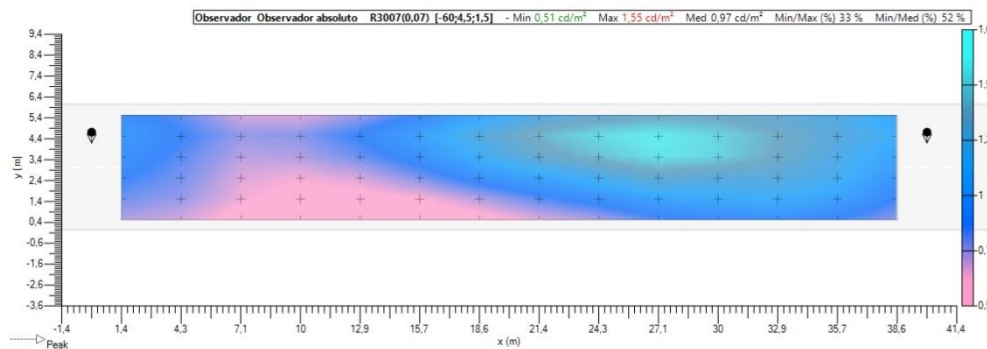
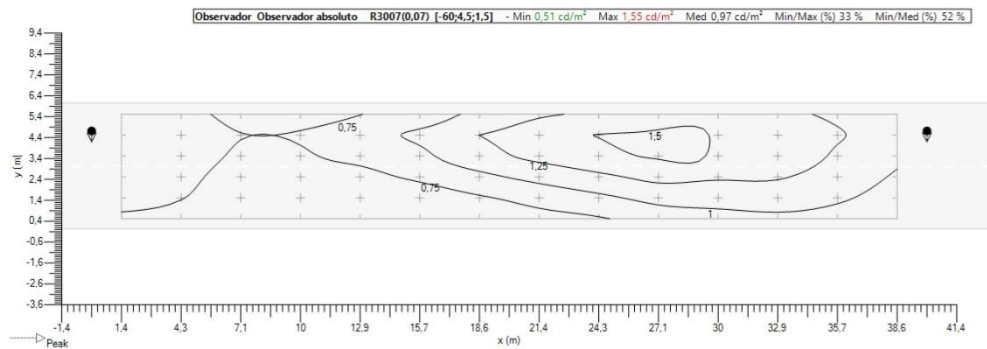
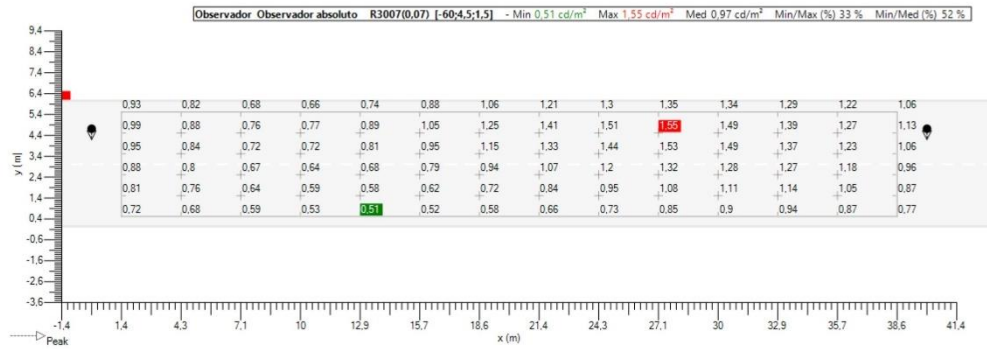


4.5. Luminancia - Carretera (LU) - R3007

Carretera (LU) - Optional - Absoluto 1

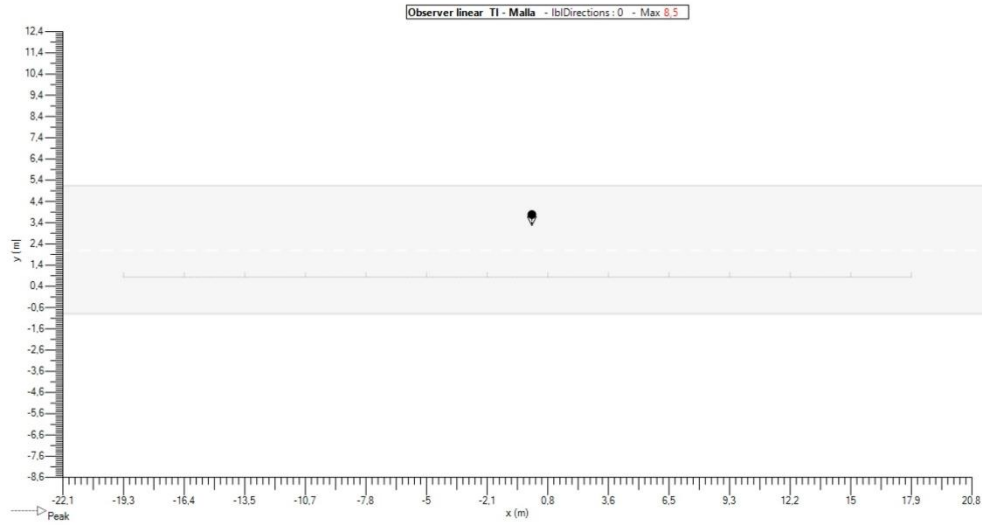


Carretera (LU) - Optional - Absoluto 2

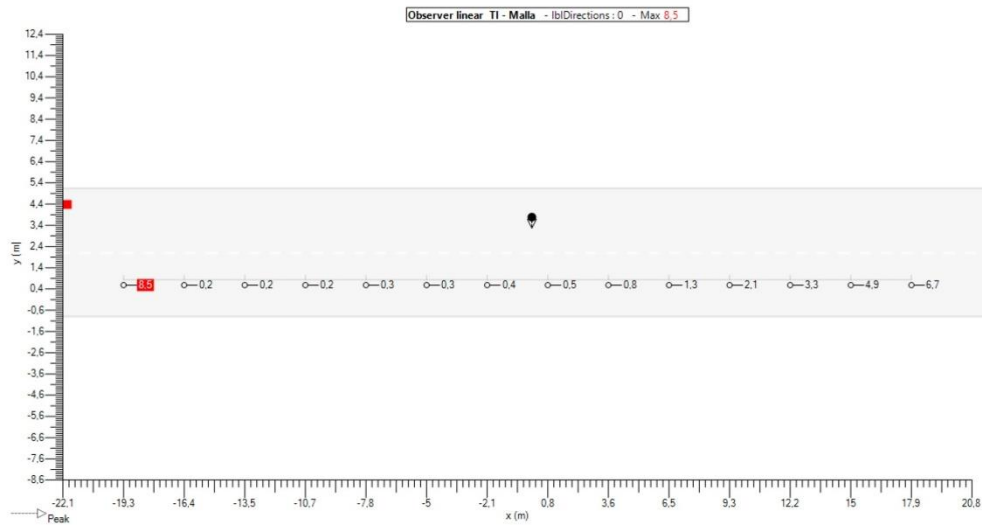


4.6. Carretera (TI) - Malla -TI

Implantation



Valores



5. Mallas

5.1. Carretera (LU)

General

Tipo Malla rectangular XY
 Activado
 Color

Geometria

Origen	X	1,43 m	Y	0,50 m	Z	0,00 m
Rotacion	X	0,0 °	Y	0,0 °	Z	0,0 °
Dimension	Numero X	14	Numero Y	6		
	Interdistan	2,86 m	Interdistan	1,00 m		
	Tamaño X	37,14 m	Tamaño Y	5,00 m		

6. Observador

6.1. Carretera (TI)

General

Type Observer linear
 En
 Color
 Directions 0,0
 Calculation TI - Malla
 Malla Carretera (TI)

Geometria

Origen	X	-19,25 m	Y	1,50 m	Z	1,50 m
Rotacion	X	0,0 °	Y	0,0 °	Z	0,0 °
Dimension	Nombre	14	Interdistan	2,86 m	Tamaño	37,14 m

ANEXO 2

Análisis de Precios Unitarios

Rubro: Mano de Obra
Código: 502030
Descrip.: INSTALACIÓN DE DE LUMINARIAS HASTA 150W
Unidad: U

COSTOS DIRECTOS						
Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
100005	CONJUNTO DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO	%MO	1%MO			1,24
100001	EQUIPO PARA LINIERO (TREPADORAS CINTURON)	%MO	1%MO			1,24
100002	EQUIPOS DE SEGURIDAD PARA LINIERO (CHALECOS, CASCOS, GUANTES, CALZADO)	%MO	1%MO			1,24
Subtotal de Equipo:						3,72
Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Subtotal de Materiales:						0,00
Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0,00
Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403001	LINIERO		1,0000	3,90	3,9290	15,32
404001	AYUDANTE LINIERO		1,0000	3,85	3,9290	15,13
Subtotal de Mano de Obra:						30,45
Costo Directo Total:						34,17
COSTOS INDIRECTOS						
						12 % 4,10
Precio Unitario Total						38,27

Análisis de Precios Unitarios

Rubro: Mano de Obra
Código: 502031
Descrip.: INSTALACIÓN DE DE LUMINARIAS HASTA 250W
Unidad: U

COSTOS DIRECTOS						
Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
100005	CONJUNTO DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO	%MO	1%MO			1,24
100001	EQUIPO PARA LINIERO (TREPADORAS CINTURON)	%MO	1%MO			1,24
100002	EQUIPOS DE SEGURIDAD PARA LINIERO (CHALECOS, CASCOS, GUANTES, CALZADO)	%MO	1%MO			1,24
Subtotal de Equipo:						3,72
Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio		Total
Subtotal de Materiales:						0,00
Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0,00
Mano de Obra						
Código	Descripción		Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403001	LINIERO		1,0000	3,90	4,4200	17,24
404001	AYUDANTE LINIERO		1,0000	3,85	4,4200	17,02
Subtotal de Mano de Obra:						34,26
Costo Directo Total:						37,98
COSTOS INDIRECTOS						
12 %						4,56
Precio Unitario Total						42,53

Análisis de Precios Unitarios

Rubro: Mano de Obra
Código: 502032
Descrip.: INSTALACIÓN DE DE LUMINARIAS HASTA 400W
Unidad: U

COSTOS DIRECTOS						
Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
100005	CONJUNTO DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO	%MO	1%MO			1,24
100001	EQUIPO PARA LINIERO (TREPADORAS CINTURON)	%MO	1%MO			1,24
100002	EQUIPOS DE SEGURIDAD PARA LINIERO (CHALECOS, CASCOS, GUANTES, CALZADO)	%MO	1%MO			1,24
Subtotal de Equipo:						3,72
Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
						0,00
Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
						0,00
Mano de Obra						
Código	Descripción	Unidad	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403001	LINIERO		1,0000	3,90	4,7460	18,51
404001	AYUDANTE LINIERO		1,0000	3,85	4,7460	18,27
Subtotal de Mano de Obra:						36,78
Costo Directo Total:						40,50
COSTOS INDIRECTOS						
						12 % 4,86
Precio Unitario Total						45,36

Análisis de Precios Unitarios

Rubro: Mano de Obra
Código: 502041
Descrip.: MANTENIMIENTO LUMINARIAS HASTA 150 [W]
Unidad: U

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
100005	CONJUNTO DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO	%MO	1%MO			0,68
100001	EQUIPO PARA LINIERO (TREPADORAS CINTURON)	%MO	1%MO			0,68
100002	EQUIPOS DE SEGURIDAD PARA LINIERO (CHALECOS, CASCOS, GUANTES, CALZADO)	%MO	1%MO			0,68
Subtotal de Equipo:						2,04

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Subtotal de Materiales:						0,00

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0,00

Mano de Obra						
Código	Descripción	Unidad	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403001	LINIERO		1,0000	3,90	1,8290	7,13
404001	AYUDANTE LINIERO		1,0000	3,85	1,8290	7,04
Subtotal de Mano de Obra:						14,17

Costo Directo Total: 16,21

COSTOS INDIRECTOS

12 % 1,95

Precio Unitario Total	18,16
------------------------------------	--------------

Análisis de Precios Unitarios

Rubro: Mano de Obra
Código: 502042
Descrip.: MANTENIMIENTO LUMINARIAS HASTA 150 [W]
Unidad: U

COSTOS DIRECTOS

Equipo y herramienta						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
100005	CONJUNTO DE HERRAMIENTAS DE TRABAJO	%MO	1%MO			0,68
100001	EQUIPO PARA LINIERO (TREPADORAS CINTURON)	%MO	1%MO			0,68
100002	EQUIPOS DE SEGURIDAD PARA LINIERO (CHALECOS, CASCOS, GUANTES, CALZADO)	%MO	1%MO			0,68
Subtotal de Equipo:						2,04

Materiales						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Rendim.	Total
Subtotal de Materiales:						0,00

Transporte						
Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa/U	Distancia	Total
Subtotal de Transporte:						0,00

Mano de Obra						
Código	Descripción	Unidad	Número	S.R.H.	Rendim.	Total
403001	LINIERO		1,0000	3,90	2,1830	8,51
404001	AYUDANTE LINIERO		1,0000	3,85	2,1830	8,40
Subtotal de Mano de Obra:						16,92

Costo Directo Total: 18,96

COSTOS INDIRECTOS

12 % 2,27

Precio Unitario Total	21,23
------------------------------------	--------------

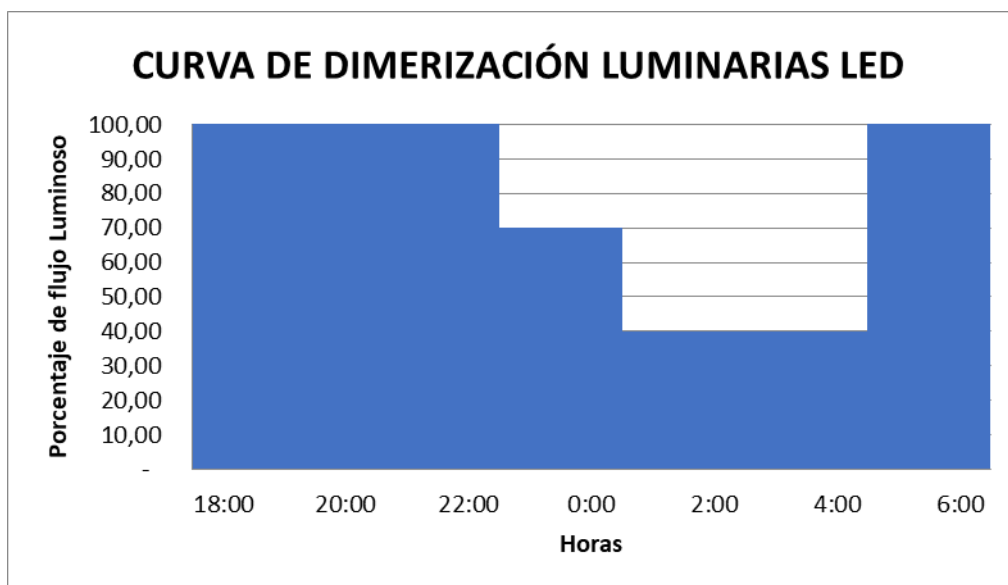
ANEXO 3

PROYECCIÓN DE COSTOS MANTENIMIENTO PARA LUMINARIA LED 90W TC Manteriales 1,19% TC Mano de obra 2,66%				PROYECCIÓN DE COSTOS MANTENIMIENTO PARA LUMINARIA LED 120W TC Manteriales 1,19% TC Mano de obra 2,66%				PROYECCIÓN DE COSTOS MANTENIMIENTO PARA LUMINARIA LED 200W TC Manteriales 1,19% TC Mano de obra 2,66%				PROYECCIÓN DE COSTOS MANTENIMIENTO PARA LUMINARIA LED 240W TC Manteriales 1,19% TC Mano de obra 2,66%			
AÑO	Materiales		Mano de Obra	AÑO	Materiales		Mano de Obra	AÑO	Materiales		Mano de Obra	AÑO	Materiales		Mano de Obra
	Base socket 7 pines	Fotocontrol	Mano de Obra por mantenimiento de luminaria		Base socket 7 pines	Fotocontrol	Mano de Obra por mantenimiento de luminaria		Base socket 7 pines	Fotocontrol	Mano de Obra por mantenimiento de luminaria		Base socket 7 pines	Fotocontrol	Mano de Obra por mantenimiento de luminaria
0	4,63	12,95	18,16	0	4,63	12,95	18,16	0	4,63	12,95	21,23	0	4,63	12,95	21,23
1	4,69	13,10	18,64	1	4,69	13,10	18,64	1	4,69	13,10	21,79	1	4,69	13,10	21,79
2	4,74	13,26	19,14	2	4,74	13,26	19,14	2	4,74	13,26	22,37	2	4,74	13,26	22,37
3	4,80	13,42	19,65	3	4,80	13,42	19,65	3	4,80	13,42	22,97	3	4,80	13,42	22,97
4	4,85	13,58	20,17	4	4,85	13,58	20,17	4	4,85	13,58	23,58	4	4,85	13,58	23,58
5	4,91	13,74	20,71	5	4,91	13,74	20,71	5	4,91	13,74	24,21	5	4,91	13,74	24,21
6	4,97	13,90	21,26	6	4,97	13,90	21,26	6	4,97	13,90	24,85	6	4,97	13,90	24,85
7	5,03	14,07	21,82	7	5,03	14,07	21,82	7	5,03	14,07	25,51	7	5,03	14,07	25,51
8	5,09	14,24	22,40	8	5,09	14,24	22,40	8	5,09	14,24	26,19	8	5,09	14,24	26,19
9	5,15	14,40	23,00	9	5,15	14,40	23,00	9	5,15	14,40	26,89	9	5,15	14,40	26,89
10	5,21	14,58	23,61	10	5,21	14,58	23,61	10	5,21	14,58	27,60	10	5,21	14,58	27,60
11	5,27	14,75	24,24	11	5,27	14,75	24,24	11	5,27	14,75	28,34	11	5,27	14,75	28,34
12	5,34	14,93	24,88	12	5,34	14,93	24,88	12	5,34	14,93	29,09	12	5,34	14,93	29,09
13	5,40	15,10	25,55	13	5,40	15,10	25,55	13	5,40	15,10	29,87	13	5,40	15,10	29,87
14	5,46	15,28	26,23	14	5,46	15,28	26,23	14	5,46	15,28	30,66	14	5,46	15,28	30,66
15	5,53	15,46	26,92	15	5,53	15,46	26,92	15	5,53	15,46	31,48	15	5,53	15,46	31,48
16	5,59	15,65	27,64	16	5,59	15,65	27,64	16	5,59	15,65	32,31	16	5,59	15,65	32,31
17	5,66	15,83	28,38	17	5,66	15,83	28,38	17	5,66	15,83	33,17	17	5,66	15,83	33,17
18	5,73	16,02	29,13	18	5,73	16,02	29,13	18	5,73	16,02	34,05	18	5,73	16,02	34,05
19	5,80	16,21	29,90	19	5,80	16,21	29,90	19	5,80	16,21	34,96	19	5,80	16,21	34,96
20	5,87	16,41	30,70	20	5,87	16,41	30,70	20	5,87	16,41	35,89	20	5,87	16,41	35,89

ANEXO 4

CONSUMO ANUAL LUMINARIAS EXISTENTES									
Tipo de luminaria	Cantidad	% Pérdidas Balasto	P. Unitaria [W]	P. Total [kW]	Consumo de energía de 6 a 12 al 100% [kWh]	Consumo de energía 12 a 6 al 70% [kWh] (DNP)	Consumo total diario [kWh/diario]	Consumo Mensual [kWh/mensual]	Consumo Anual [kWh/annual]
MERCURIO ABIERTA 125W	310	12,00%	140,00	43,40	260,40	260,40	520,80	15.624,00	187.488,00
MERCURIO CERRADA 125W	34	12,00%	140,00	4,76	28,56	28,56	57,12	1.713,60	20.563,20
MERCURIO CERRADA 150W	294	12,00%	168,00	49,39	296,35	296,35	592,70	17.781,12	213.373,44
MERCURIO ABIERTA 175W	113	18,00%	206,50	23,33	140,01	140,01	280,01	8.400,42	100.805,04
MERCURIO CERRADA 175W	257	18,00%	206,50	53,07	318,42	318,42	636,85	19.105,38	229.264,56
MERCURIO CERRADA 400W	49	18,00%	472,00	23,13	138,77	138,77	277,54	8.326,08	99.912,96
SODIO CERRADA 70W SNP	79	15,71%	81,00	6,40	38,39	38,39	76,79	2.303,64	27.643,68
SODIO CERRADA 100W SNP	6353	15,00%	115,00	730,60	4.383,57	4.383,57	8.767,14	263.014,20	3.156.170,40
SODIO CERRADA 150W SNP	8459	12,67%	169,01	1.429,66	8.577,93	8.577,93	17.155,87	514.676,01	6.176.112,15
SODIO CERRADA 150W DNP	1472	12,67%	169,01	248,78	1.492,70	1.044,89	2.537,58	76.127,51	913.530,15
SODIO CERRADA 250W SNP	1991	11,60%	279,00	555,49	3.332,93	3.332,93	6.665,87	199.976,04	2.399.712,48
SODIO CERRADA 250W DNP	420	11,60%	279,00	117,18	703,08	492,16	1.195,24	35.857,08	430.284,96
SODIO CERRADA 400W SNP	290	10,00%	440,00	127,60	765,60	765,60	1.531,20	45.936,00	551.232,00
SODIO CERRADA 400W DNP	590	10,00%	440,00	259,60	1.557,60	1.090,32	2.647,92	79.437,60	953.251,20
TOTAL [kWh]							42.942,62	1.288.278,68	15.459.344,22

CONSUMO ANUAL LUMINARIAS LED										
Tipo de luminaria	Cantidad	P. Unitaria [W]	P. Total [kW]	Consumo de energía de 6 a 10 al 100% [kWh]	Consumo de energía de 10 a 12 al 70% [kWh]	Consumo de energía de 12 a 5 al 40% [kWh]	Consumo de energía de 5 a 6 al 100% [kWh]	Consumo total diario [kWh/diario]	Consumo Mensual [kWh/mensual]	Consumo Anual [kWh/annual]
LED 90W	6776	90	609,84	2.439,36	853,78	1.219,68	609,84	5.122,66	153.679,68	1.844.156,16
LED 120W	10595	120	1.271,40	5.085,60	1.779,96	2.542,80	1.271,40	10.679,76	320.392,80	3.844.713,60
LED 200W	2411	200	482,20	1.928,80	675,08	964,40	482,20	4.050,48	121.514,40	1.458.172,80
LED 240W	929	240	222,96	891,84	312,14	445,92	222,96	1.872,86	56.185,92	674.231,04
TOTAL [kWh]								21.725,76	651.772,80	7.821.273,60



ANEXO 5

COSTOS DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS					
Rubro: LDOL90ACC					
Detalle: Lum. 240 V Led 90 W en poste con red preen Autocont. pot. cte. C					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
MATERIALES					
1	Luminaria con lámpara LED de 90W, con brazo para montaje en poste, 240/120V	u	1	233,97	233,97
2	Conector dentado simple, principal 10 a 95 mm2 (6 - 3/0 AWG), deribado a 1,5 - 10 mm2 (16-6AWG)	u	3	2,71	8,13
3	Cable de cobre aislado 3x14 AWG, 600V	m	3	1,70	5,10
A. SUBTOTAL MATERIALES					247,20
MANO DE OBRA					
1	Sustitución de luminarias hasta 150W	u	1	38,27	38,27
B. SUBTOTAL MANO DE OBRA					38,27
TOTAL RUBRO (A+B)					285,47

COSTOS DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS					
Rubro: LDOL120ACC					
Detalle: Lum. 240 V Led 120 W en poste con red preen Autocont. pot. cte. C					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
MATERIALES					
1	Luminaria con lámpara LED de 120W, con brazo para montaje en poste, 240/120V	u	1	269,68	269,68
2	Conector dentado simple, principal 10 a 95 mm2 (6 - 3/0 AWG), deribado a 1,5 - 10 mm2 (16-6AWG)	u	3	2,71	8,13
3	Cable de cobre aislado 3x14 AWG, 600V	m	3	1,70	5,10
A. SUBTOTAL MATERIALES					282,91
MANO DE OBRA					
1	Sustitución de luminarias hasta 150W	u	1	38,27	38,27
B. SUBTOTAL MANO DE OBRA					38,27
TOTAL RUBRO (A+B)					321,18

COSTOS DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS					
Rubro: LDOL200ACC					
Detalle: Lum. 240 V Led 200 W en poste con red preen Autocont. pot. cte. C					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
MATERIALES					
1	Luminaria con lámpara LED de 200W, con brazo para montaje en poste, 240/120V	u	1	339,08	339,08
2	Conector dentado simple, principal 10 a 95 mm2 (6 - 3/0 AWG), derivado a 1,5 - 10 mm2 (16-6AWG)	u	3	2,71	8,13
3	Cable de cobre aislado 3x14 AWG, 600V	m	3	1,70	5,10
A. SUBTOTAL MATERIALES					352,31
MANO DE OBRA					
1	Sustitución de luminarias hasta 250W	u	1	42,53	42,53
B. SUBTOTAL MANO DE OBRA					42,53
TOTAL RUBRO (A+B)					394,84

COSTOS DE INSTALACIÓN DE EQUIPOS					
Rubro: LDOL240ACC					
Detalle: Lum. 240 V Led 240 W en poste con red preen Autocont. pot. cte. C					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
MATERIALES					
1	Luminaria con lámpara LED de 240W, con brazo para montaje en poste, 240/120V	u	1	363,80	363,80
2	Conector dentado simple, principal 10 a 95 mm2 (6 - 3/0 AWG), derivado a 1,5 - 10 mm2 (16-6AWG)	u	3	2,71	8,13
3	Cable de cobre aislado 3x14 AWG, 600V	m	3	1,70	5,10
A. SUBTOTAL MATERIALES					377,03
MANO DE OBRA					
1	Sustitución de luminarias hasta 400W	u	1	45,36	45,36
B. SUBTOTAL MANO DE OBRA					45,36
TOTAL RUBRO (A+B)					422,39

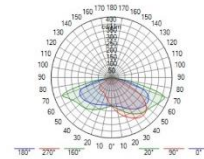
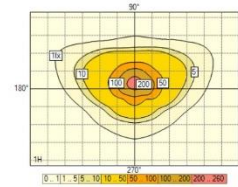
COSTO DE SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS EXISTENTES POR LUMINARIAS LED					
N°	Detalle	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Luminaria con lámpara LED de 90W	u	6.776	\$ 285,47	\$ 1.934.344,72
2	Luminaria con lámpara LED de 120W	u	10.595	\$ 321,18	\$ 3.402.902,10
3	Luminaria con lámpara LED de 200W	u	2.411	\$ 394,84	\$ 951.959,24
4	Luminaria con lámpara LED de 240W	u	929	\$ 422,39	\$ 392.400,31
COSTO TOTAL					\$ 6.681.606,37

ANEXO 6 - ESTUDIO DEL DISEÑO LUMÍNICO ZONAS DE CONFLICTO

1. Aparatos

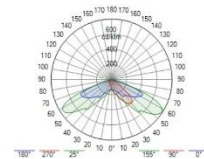
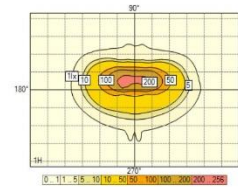
1.1. SOLARIS 240W 4000K

Tipo	B4891 - B4884 - B4937 SOLARIS 240W 4000K ...
Flujo de lámpara	30,661 klm
Potencia	23886,0 W
FM	0,85
Matriz	SOLARIS 240W 4000K
Flujo luminaria	30,662 klm
Eficiencia	1 lm/W



1.2. Novaled-180w

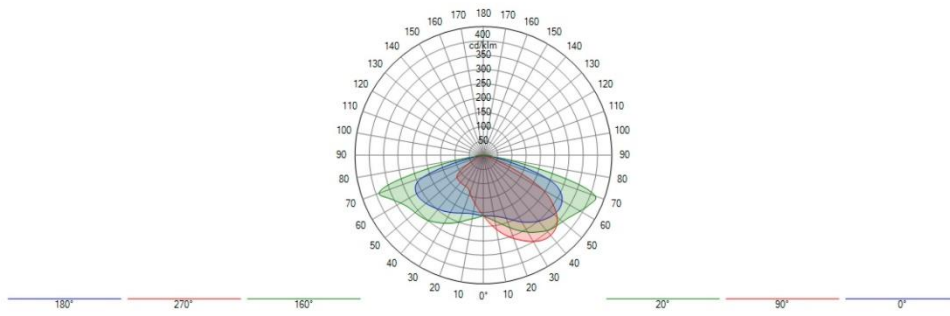
Tipo	NOVA 180W-TYPEII
Fuente	LED
Flujo de lámpara	19,400 klm
Potencia	18200,0 W
FM	0,85
Matriz	Novaled-180w
Flujo luminaria	19,306 klm
Eficiencia	1 lm/W



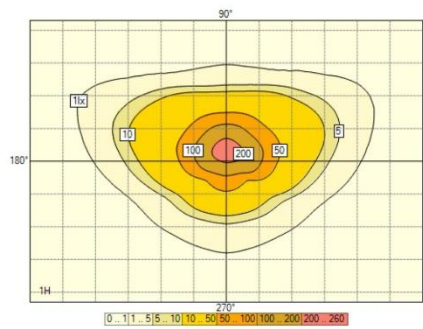
2. Documentos fotometricos

2.1. SOLARIS 240W 4000K

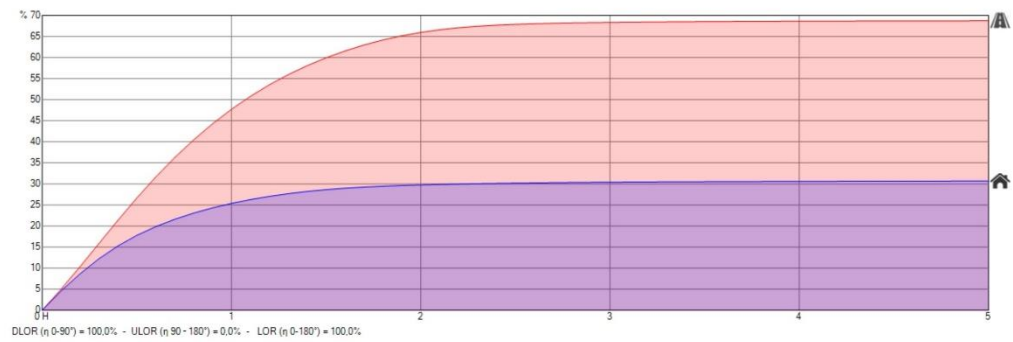
Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux

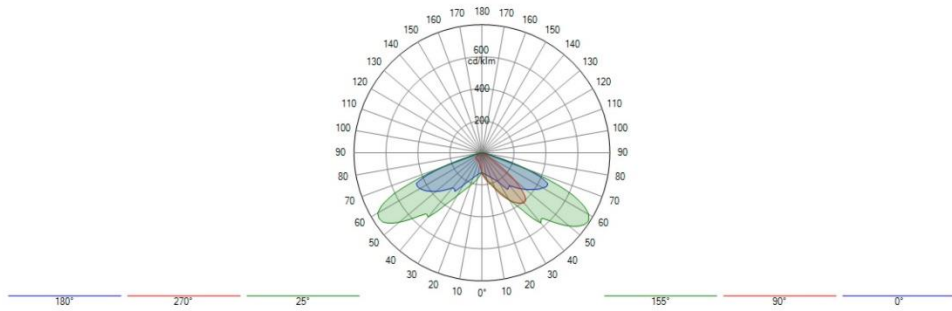


Curva de utilización

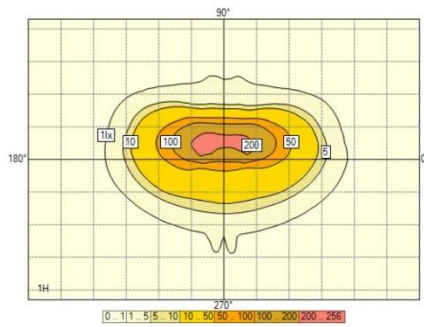


2.2. Novaled-180w

Diagrama Polar/Cartesiano



Isolux



Curva de utilización



3. Resultados

3.1. Resumen de malla

Redondel

C1 (IL : Ave = 30,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Normal	Med (A) (lx)	Min/M ed (%)	Min/M ax (%)	Min (lx)	Max (lx)
Por defecto	34,7	45	27	15,5	57,7



Redondel Vía 1

C1 (IL : Ave = 30,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Normal	Med (A) (lx)	Min/M ed (%)	Min/M ax (%)	Min (lx)	Max (lx)	UL (%)
Por defecto	48,3	65	56	31,5	56,6	57 %



Redondel Vía 2

C1 (IL : Ave = 30,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Normal	Med (A) (lx)	Min/M ed (%)	Min/M ax (%)	Min (lx)	Max (lx)	UL (%)
Por defecto	47,4	85	76	40,3	52,9	87 %



Redondel Vía 3

C1 (IL : Ave = 30,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Normal	Med (A) (lx)	Min/M ed (%)	Min/M ax (%)	Min (lx)	Max (lx)	UL (%)
Por defecto	44,9	83	74	37,1	50,4	80 %



Redondel Vía 4

C1 (IL : Ave = 30,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Normal	Med (A) (lx)	Min/M ed (%)	Min/M ax (%)	Min (lx)	Max (lx)	UL (%)
Por defecto	43,7	95	90	41,4	45,9	90 %



Intersección Vía 1

C1 (IL : Ave = 30,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Normal	Med (A) (lx)	Min/M ed (%)	Min/M ax (%)	Min (lx)	Max (lx)	UL (%)
Por defecto	38,9	65	50	25,4	51,3	50 %



Intersección Vía 2

C1 (IL : Ave = 30,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Normal	Med (A) (lx)	Min/M ed (%)	Min/M ax (%)	Min (lx)	Max (lx)	UL (%)
Por defecto	47,1	67	54	31,5	58,5	57 %



Intersección Vía 3

C1 (IL : Ave = 30,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Normal	Med (A) (lx)	Min/M ed (%)	Min/M ax (%)	Min (lx)	Max (lx)	UL (%)
Por defecto	43,8	77	61	33,7	55,6	88 %



Intersección Vía 4

C1 (IL : Ave = 30,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Normal	Med (A) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)	UL (%)
Por defecto	50,3	80	70	40,4	58,0	80 %



Puente

C1 (IL : Ave = 30,00 lux Uo = 40 % TI : 10 %)

1. Normal	Med (A) (lx)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (lx)	Max (lx)	UL (%)
Por defecto	30,9	78	62	24,1	39,1	86 %



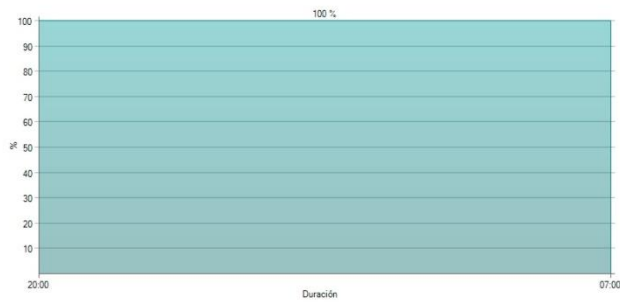
4. Summary power

4.1. Por defecto

Aparato	_qty	Dimming	Potencia / Aparato	Total
Novalled-180w	5	100 %	18200 W	91000 W
SOLARIS 240W 4000K	63	100 %	23886 W	1504818 W
			Total	1595818 W

5. Perfiles diarios

5.1. No dimming



Referenced in

- Luminaria - Lum Redondel 1
- Luminaria - Lum Redondel 2
- Luminaria - Lum Redondel 3
- Luminaria - Lum Redondel 4
- Luminaria - Lum Redondel 5
- Luminaria - Lum Redondel 6
- Luminaria - Lum Redondel 7
- Luminaria - Lum Redondel 8

Inicio	Fin	Duracion	Dimming	Activado
20:00	07:00	11:00	100%	<input checked="" type="checkbox"/>

6. Por defecto

6.1. Descripción de la matriz

Ph. color	Matriz	Descripción	Flujo de lámpara [klm]	Flujo luminaria [klm]	Eficiencia [lm/W]	FM	Altura [m]	Aparato
■	-		19,400	19,306	1	0,850	6 x 8,00	
■	-		30,661	30,662	1	0,850	62 x 11,00 8 x 12,00	

6.2. Posiciones de luminarias

	Color	Nº	Posición			Nombre	Luminaria					Objetivo			
			X [m]	Y [m]	Z [m]		Descripción	Az [°]	Inc [°]	Rot [°]	Flujo [klm]	FM	X [m]	Y [m]	Z [m]
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1	-245,83	19,09	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	352,2	0,0	0,0	30,661	0,850	-245,83	19,09	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	2	-224,72	29,01	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	172,2	0,0	0,0	30,661	0,850	-224,72	29,01	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	3	-206,04	15,05	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	352,2	0,0	0,0	30,661	0,850	-206,04	15,05	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	4	-184,93	24,97	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	172,2	0,0	0,0	30,661	0,850	-184,93	24,97	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	5	-166,24	11,02	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	352,2	0,0	0,0	30,661	0,850	-166,24	11,02	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	6	-145,13	20,93	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	172,2	0,0	0,0	30,661	0,850	-145,13	20,93	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	7	-126,44	6,98	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	352,2	0,0	0,0	30,661	0,850	-126,44	6,98	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	8	-105,33	16,90	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	172,2	0,0	0,0	30,661	0,850	-105,33	16,90	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	9	-86,65	2,94	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	352,2	0,0	0,0	30,661	0,850	-86,65	2,94	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	10	-65,54	12,86	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	172,2	0,0	0,0	30,661	0,850	-65,54	12,86	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	11	-35,61	-9,54	12,00	-	SOLARIS 240W 4000K	75,4	0,0	0,0	30,661	0,850	-35,61	-9,54	12,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	12	-32,21	16,90	12,00	-	SOLARIS 240W 4000K	117,5	0,0	0,0	30,661	0,850	-32,21	16,90	12,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	13	-18,13	215,85	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	265,0	0,0	0,0	30,661	0,850	-18,13	215,85	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	14	-17,13	-29,98	12,00	-	SOLARIS 240W 4000K	30,0	0,0	0,0	30,661	0,850	-17,13	-29,98	12,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	15	-16,04	175,91	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	265,0	0,0	0,0	30,661	0,850	-16,04	175,91	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	16	-13,95	135,96	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	265,0	0,0	0,0	30,661	0,850	-13,95	135,96	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	17	-12,62	32,19	12,00	-	SOLARIS 240W 4000K	158,7	0,0	0,0	30,661	0,850	-12,62	32,19	12,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	18	-11,86	96,02	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	265,0	0,0	0,0	30,661	0,850	-11,86	96,02	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	19	-9,77	56,07	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	265,0	0,0	0,0	30,661	0,850	-9,77	56,07	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	■	20	-7,19	236,45	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-85,0	0,0	0,0	30,661	0,850	-7,19	236,45	11,00

<input checked="" type="checkbox"/>	21	-6,49	237,7 4	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	- 268,6	0,0	0,0	30,661	0,850	-6,49	237,7 4	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	22	-6,09	197,7 4	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	- 268,6	0,0	0,0	30,661	0,850	-6,09	197,7 4	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	23	-5,70	157,7 4	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	- 268,6	0,0	0,0	30,661	0,850	-5,70	157,7 4	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	24	-5,31	117,7 4	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	- 268,6	0,0	0,0	30,661	0,850	-5,31	117,7 5	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	25	-5,10	196,5 1	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-85,0	0,0	0,0	30,661	0,850	-5,10	196,5 1	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	26	-4,91	77,75	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	- 268,6	0,0	0,0	30,661	0,850	-4,91	77,75	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	27	-3,01	156,5 6	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-85,0	0,0	0,0	30,661	0,850	-3,01	156,5 6	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	28	-0,92	116,6 2	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-85,0	0,0	0,0	30,661	0,850	-0,92	116,6 2	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	29	1,17	76,67	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-85,0	0,0	0,0	30,661	0,850	1,17	76,67	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	30	5,71	217,8 6	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-88,6	0,0	0,0	30,661	0,850	5,71	217,8 6	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	31	6,10	177,8 6	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-88,6	0,0	0,0	30,661	0,850	6,10	177,8 6	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	32	6,50	137,8 6	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-88,6	0,0	0,0	30,661	0,850	6,50	137,8 6	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	33	6,89	97,86	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-88,6	0,0	0,0	30,661	0,850	6,89	97,86	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	34	7,28	57,87	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-88,6	0,0	0,0	30,661	0,850	7,28	57,87	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	35	11,59	32,40	12,00	-	SOLARIS 240W 4000K	340,1	0,0	0,0	30,661	0,850	11,59	32,40	12,00
<input checked="" type="checkbox"/>	36	16,54	30,21	12,00	-	SOLARIS 240W 4000K	209,0	0,0	0,0	30,661	0,850	16,54	30,21	12,00
<input checked="" type="checkbox"/>	37	32,06	13,81	12,00	-	SOLARIS 240W 4000K	293,2	0,0	0,0	30,661	0,850	32,06	13,81	12,00
<input checked="" type="checkbox"/>	38	33,27	12,82	12,00	-	SOLARIS 240W 4000K	248,9	0,0	0,0	30,661	0,850	33,27	12,82	12,00
<input checked="" type="checkbox"/>	39	51,75	-6,49	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	2,0	0,0	0,0	30,661	0,850	51,75	-6,49	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	40	71,75	5,52	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	182,0	0,0	0,0	30,661	0,850	71,75	5,52	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	41	91,75	-6,49	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	2,0	0,0	0,0	30,661	0,850	91,75	-6,49	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	42	111,75	5,52	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	182,0	0,0	0,0	30,661	0,850	111,75	5,52	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	43	131,75	-6,49	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	2,0	0,0	0,0	30,661	0,850	131,75	-6,49	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	44	151,75	5,52	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	182,0	0,0	0,0	30,661	0,850	151,75	5,52	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	45	171,75	-6,49	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	2,0	0,0	0,0	30,661	0,850	171,75	-6,49	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	46	191,75	5,52	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	182,0	0,0	0,0	30,661	0,850	191,75	5,52	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	47	211,75	-6,49	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	2,0	0,0	0,0	30,661	0,850	211,75	-6,49	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	48	231,75	5,52	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	182,0	0,0	0,0	30,661	0,850	231,75	5,52	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	49	421,91	59,71	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	- 353,4	0,0	0,0	30,661	0,850	421,91	59,71	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	50	442,81	70,06	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	- 173,4	0,0	0,0	30,661	0,850	442,81	70,06	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	51	461,77	56,48	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	- 353,4	0,0	0,0	30,661	0,850	461,77	56,48	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	52	482,68	66,82	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	- 173,4	0,0	0,0	30,661	0,850	482,68	66,82	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	53	501,64	53,25	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	- 353,4	0,0	0,0	30,661	0,850	501,64	53,25	11,00

<input checked="" type="checkbox"/>	54	512,25	440,46	8,00	-	Novaled-180w	99,6	0,0	0,0	19,400	0,850	512,25	440,47	8,00
<input checked="" type="checkbox"/>	55	518,35	466,50	8,00	-	Novaled-180w	-80,4	0,0	0,0	19,400	0,850	518,35	466,50	8,00
<input checked="" type="checkbox"/>	56	518,86	390,90	8,00	-	Novaled-180w	99,6	0,0	0,0	19,400	0,850	518,86	390,90	8,00
<input checked="" type="checkbox"/>	57	521,17	108,38	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	117,2	0,0	0,0	30,661	0,850	521,17	108,39	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	58	522,55	63,59	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	173,4	0,0	0,0	30,661	0,850	522,55	63,59	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	59	523,52	85,18	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-62,8	0,0	0,0	30,661	0,850	523,52	85,18	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	60	524,97	416,94	8,00	-	Novaled-180w	-80,4	0,0	0,0	19,400	0,850	524,97	416,94	8,00
<input checked="" type="checkbox"/>	61	525,48	341,34	8,00	-	Novaled-180w	99,6	0,0	0,0	19,400	0,850	525,48	341,34	8,00
<input checked="" type="checkbox"/>	62	531,59	367,38	8,00	-	Novaled-180w	-80,4	0,0	0,0	19,400	0,850	531,59	367,38	8,00
<input checked="" type="checkbox"/>	63	538,18	144,59	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	117,2	0,0	0,0	30,661	0,850	538,18	144,59	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	64	540,53	121,38	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-62,8	0,0	0,0	30,661	0,850	540,53	121,38	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	65	541,51	50,01	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	353,4	0,0	0,0	30,661	0,850	541,51	50,02	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	66	547,52	185,99	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	104,7	0,0	0,0	30,661	0,850	547,52	185,99	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	67	554,84	163,85	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-75,3	0,0	0,0	30,661	0,850	554,84	163,85	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	68	556,29	225,02	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	104,7	0,0	0,0	30,661	0,850	556,29	225,02	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	69	562,42	60,36	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	173,4	0,0	0,0	30,661	0,850	562,42	60,36	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	70	563,61	202,87	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-75,3	0,0	0,0	30,661	0,850	563,61	202,87	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	71	565,06	264,04	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	104,7	0,0	0,0	30,661	0,850	565,06	264,04	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	72	572,38	241,90	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	-75,3	0,0	0,0	30,661	0,850	572,38	241,90	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	73	581,38	46,78	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	353,4	0,0	0,0	30,661	0,850	581,38	46,78	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	74	602,29	57,13	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	173,4	0,0	0,0	30,661	0,850	602,29	57,13	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	75	621,25	43,55	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	353,4	0,0	0,0	30,661	0,850	621,25	43,55	11,00
<input checked="" type="checkbox"/>	76	642,16	53,89	11,00	-	SOLARIS 240W 4000K	173,4	0,0	0,0	30,661	0,850	642,16	53,89	11,00

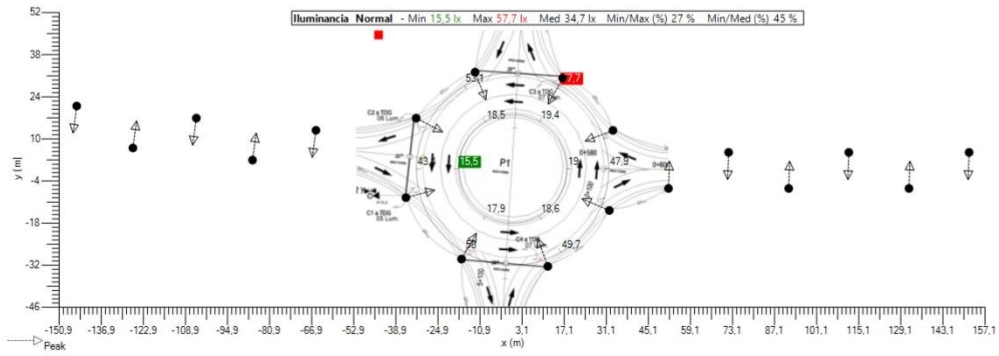
6.3. Grupos de luminarias

Unica										
	Color	Nº	Posicion			Luminaria				
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nombre	Az [°]	Inc [°]	Rot [°]	Dim [%]
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1	-35,61	-9,54	12,00	Lum Redondel 1	75,4	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	■	2	-32,21	16,90	12,00	Lum Redondel 2	117,5	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	■	3	-17,13	-29,98	12,00	Lum Redondel 8	30,0	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	■	4	-12,62	32,19	12,00	Lum Redondel 3	158,7	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	■	5	11,59	-32,40	12,00	Lum Redondel 7	340,1	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	■	6	16,54	30,21	12,00	Lum Redondel 4	209,0	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	■	7	32,06	-13,81	12,00	Lum Redondel 6	293,2	0,0	0,0	100
<input checked="" type="checkbox"/>	■	8	33,27	12,82	12,00	Lum Redondel 5	248,9	0,0	0,0	100

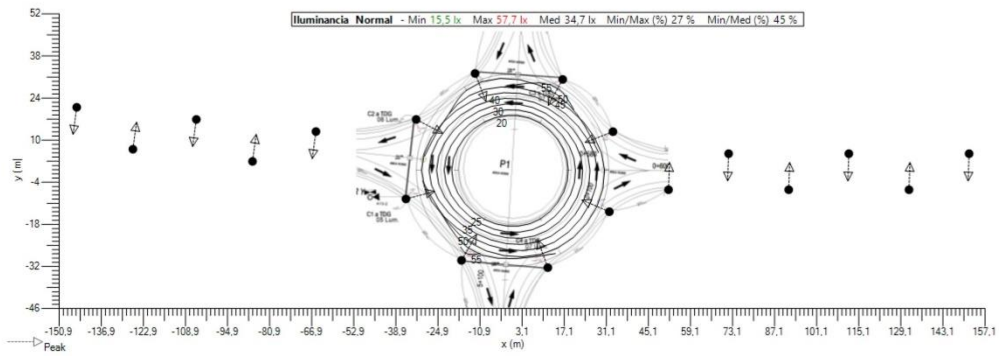
Tresbolillo derecha																
	Color	Nº	Posicion			Luminaria					Dimension			Rotacion		
			X [m]	Y [m]	Z [m]	Nombre	Az [°]	Inc [°]	Rot [°]	Dim [%]	Numero de luminarias	Interdistancia [m]	Tamaño [m]	X [°]	Y [°]	Z [°]
<input checked="" type="checkbox"/>	■	1	-245,83	19,09	11,00	Lum via redondel tresbolillos 2	2,0	0,0	0,0	100	5	40,00	160,00	0,0	0,0	354,2
<input checked="" type="checkbox"/>	■	2	-9,77	-56,07	11,00	Lum via redondel tresbolillos 4	2,0	0,0	0,0	100	5	40,00	160,00	0,0	0,0	267,0
<input checked="" type="checkbox"/>	■	3	-6,49	237,74	11,00	Lum via redondel tresbolillos 3	2,0	0,0	0,0	100	5	40,00	160,00	0,0	0,0	270,6
<input checked="" type="checkbox"/>	■	4	51,75	-6,49	11,00	Lum via redondel tresbolillos 1	2,0	0,0	0,0	100	5	40,00	160,00	0,0	0,0	0,0
<input checked="" type="checkbox"/>	■	5	421,91	59,71	11,00	Lum Intersección tresbolillos 1	2,0	0,0	0,0	100	6	40,00	200,00	0,0	0,0	355,4
<input checked="" type="checkbox"/>	■	6	518,35	-466,50	8,00	Lum Puente tresbolillos	2,0	0,0	0,0	100	3	50,00	100,00	0,0	0,0	82,4
<input checked="" type="checkbox"/>	■	7	523,52	85,18	11,00	Lum Intersección tresbolillos 2	2,0	0,0	0,0	100	2	40,00	40,00	0,0	0,0	64,8
<input checked="" type="checkbox"/>	■	8	554,84	163,85	11,00	Lum Intersección tresbolillos 3	2,0	0,0	0,0	100	3	40,00	80,00	0,0	0,0	77,3

6.4. Redondel - Normal

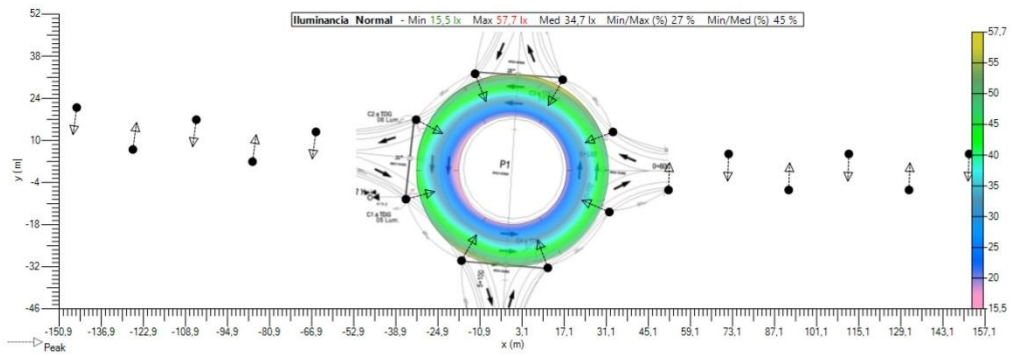
Valores



Isolevel

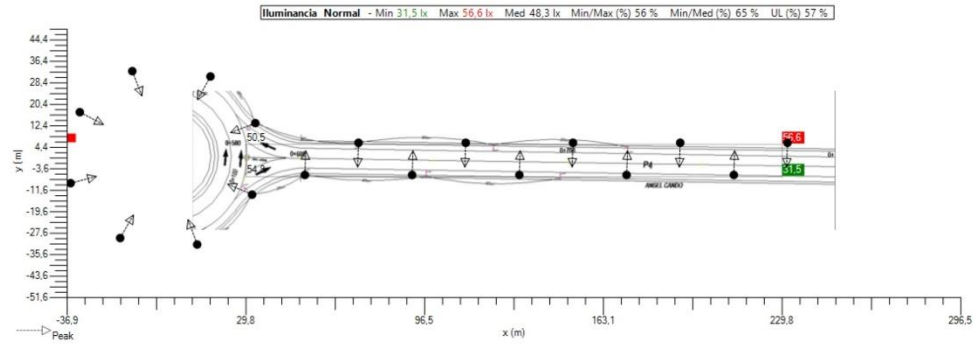


Sombreado

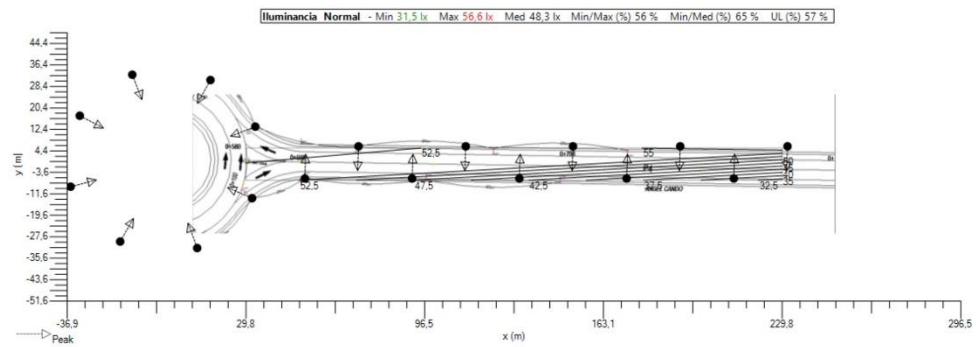


6.5. Redondel Via 1 - Normal

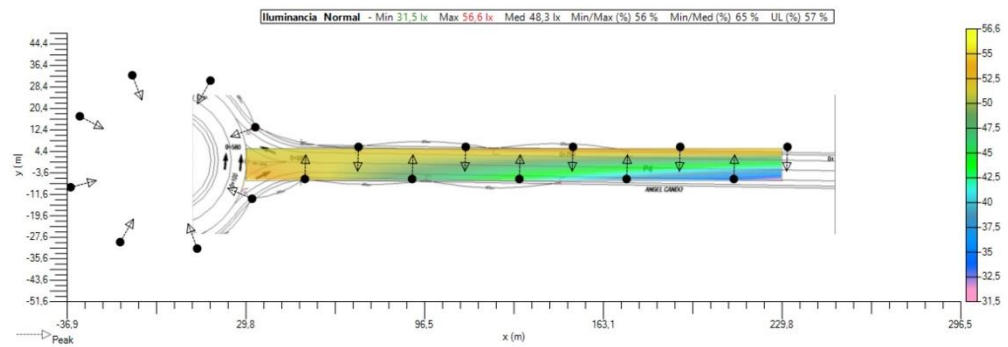
Valores



Isolevel

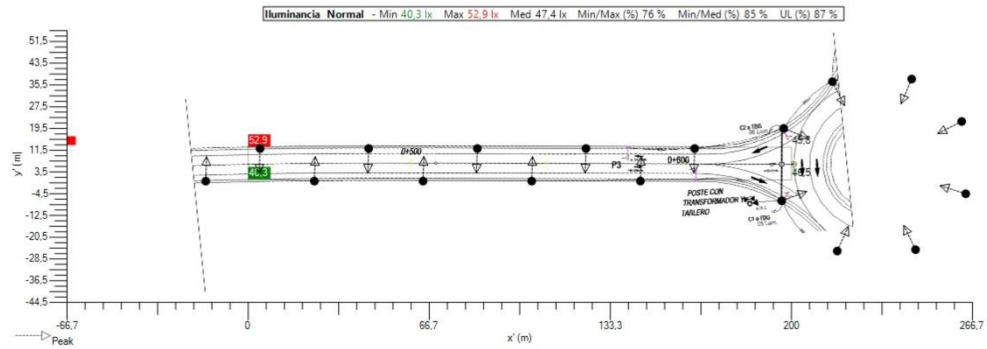


Sombreado

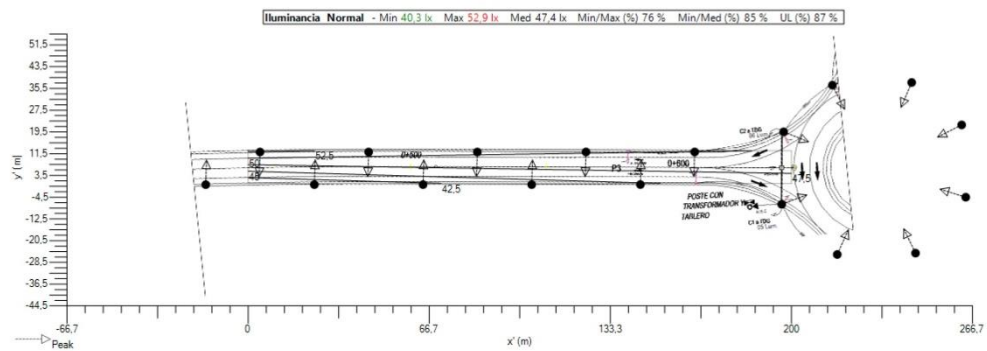


6.6. Redondel Via 2 - Normal

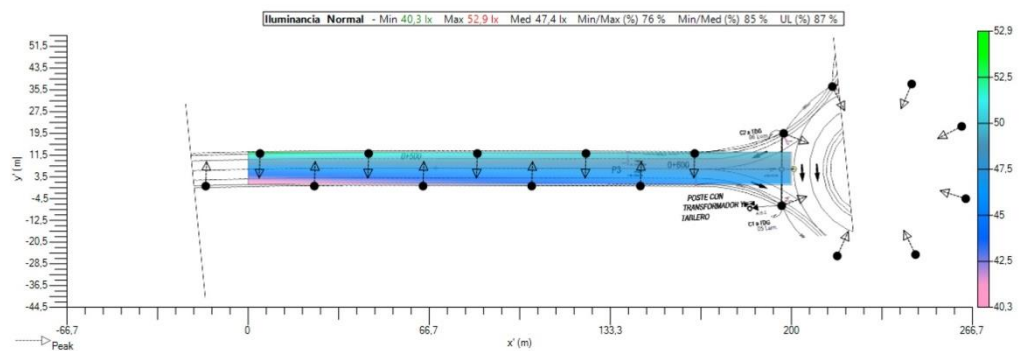
Valores



Isolevel

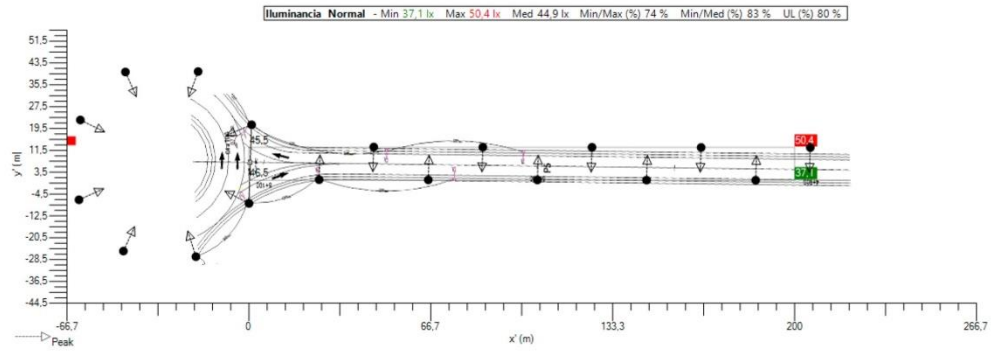


Sombreado

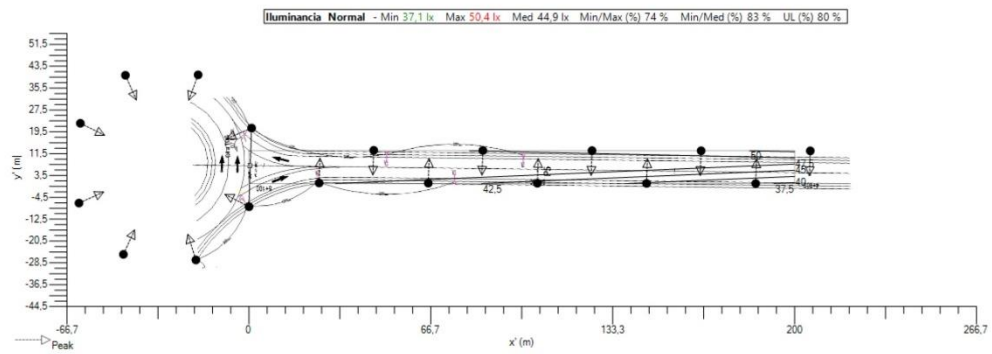


6.7. Redondel Via 3 - Normal

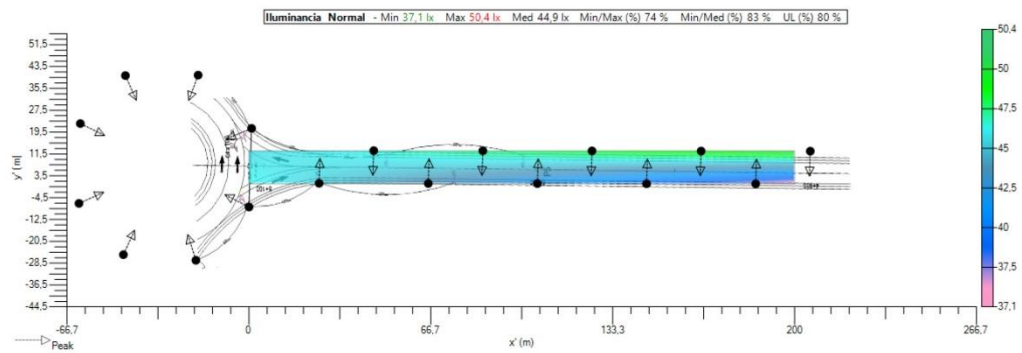
Valores



Isolevel

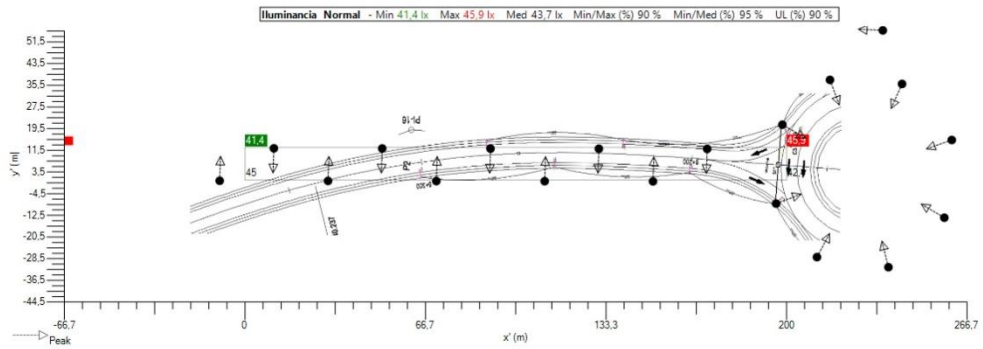


Sombreado

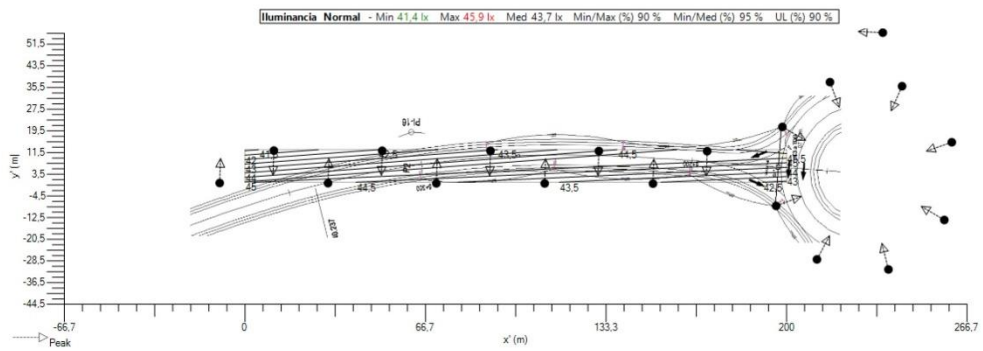


6.8. Redondel Via 4 - Normal

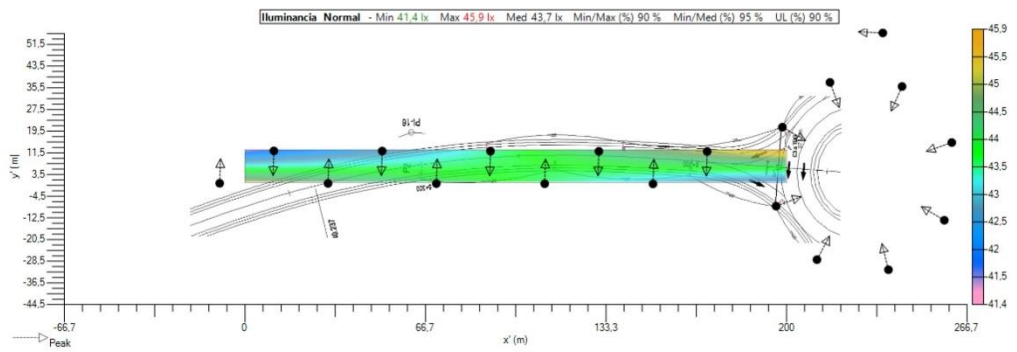
Valores



Isoplevel

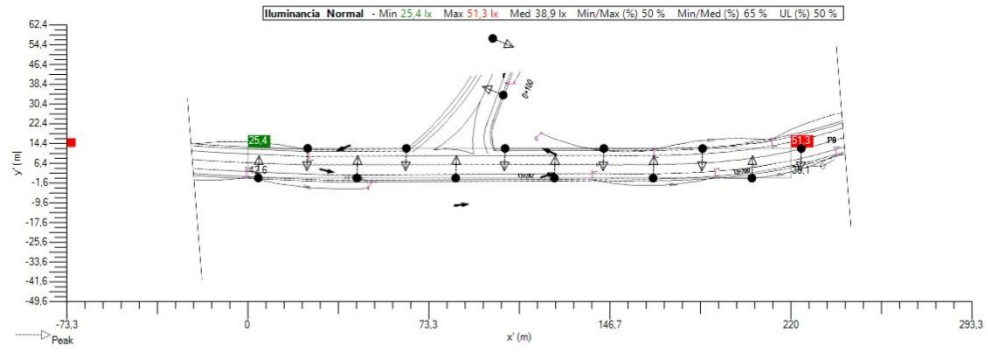


Sombreado

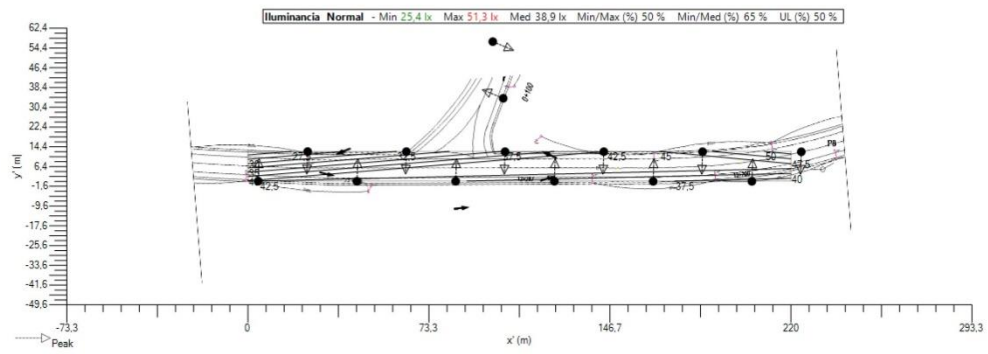


6.9. Intersección Vía 1 - Normal

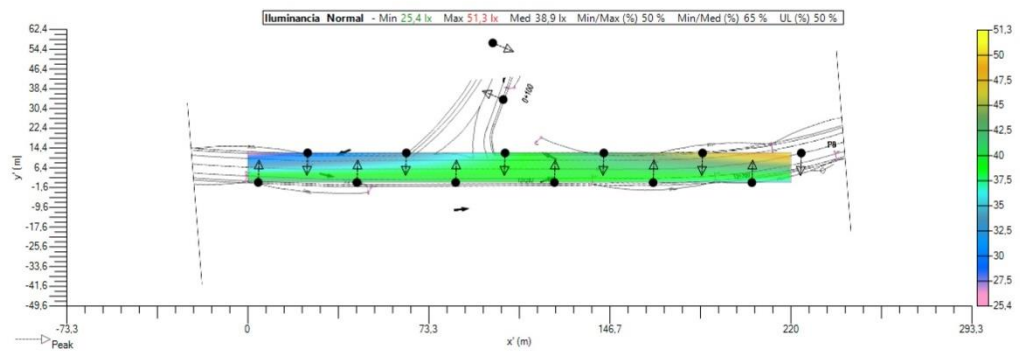
Valores



Isolevel

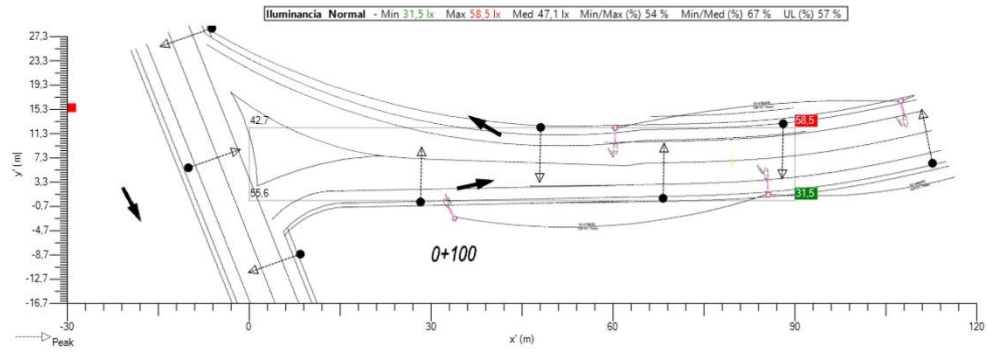


Sombreado

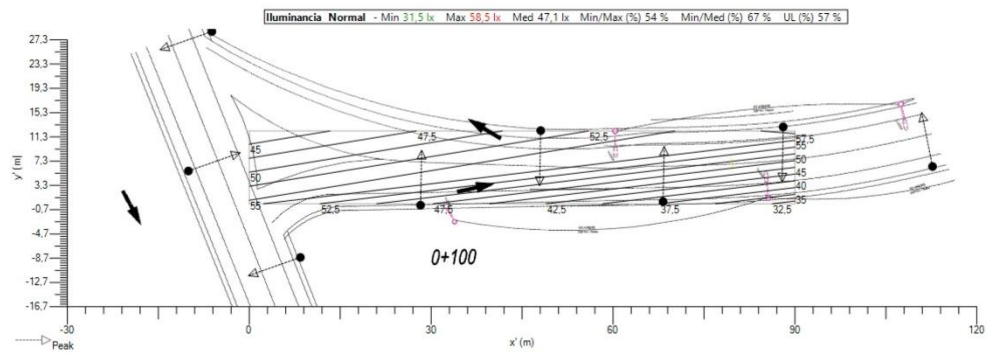


6.10. Intersección Vía 2 - Normal

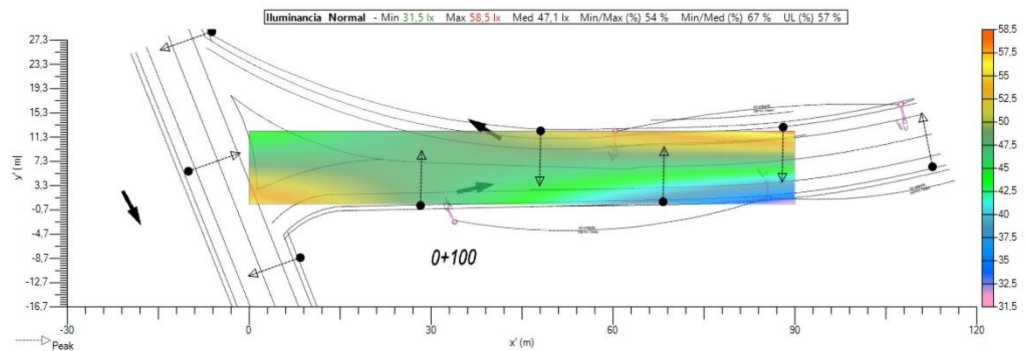
Valores



Isolevel

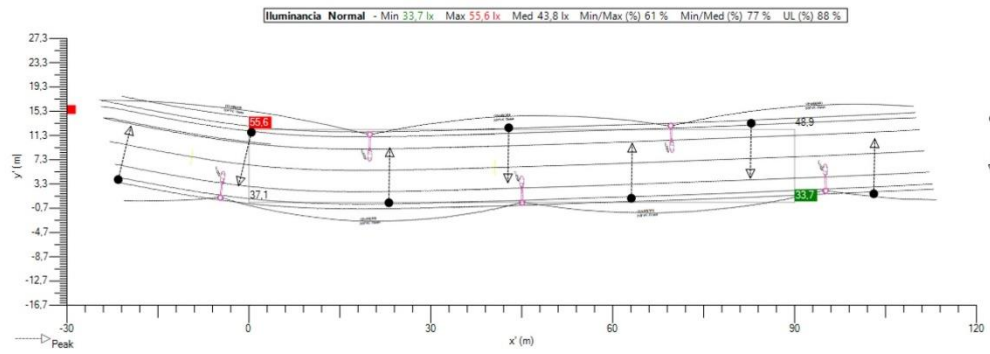


Sombreado

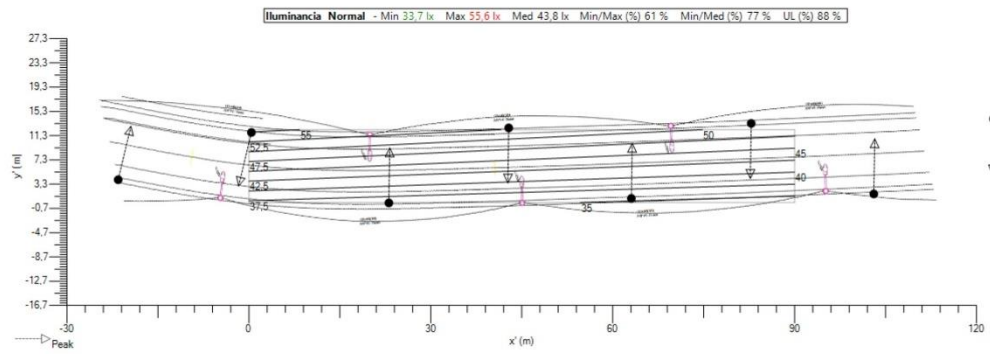


6.11. Intersección Vía 3 - Normal

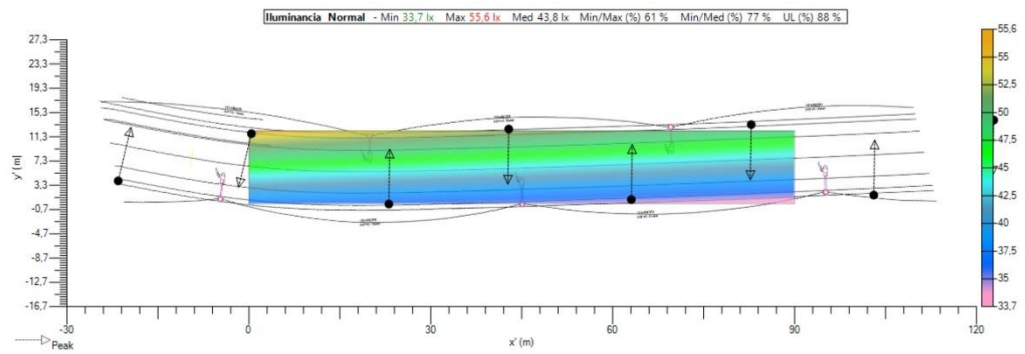
Valores



Isolevel

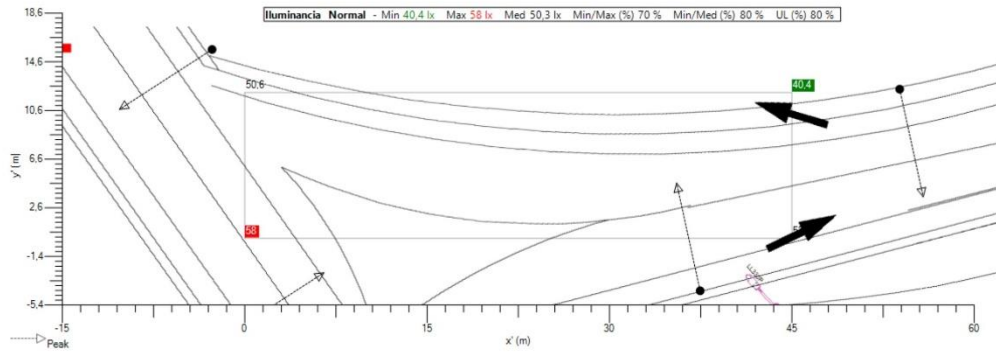


Sombreado

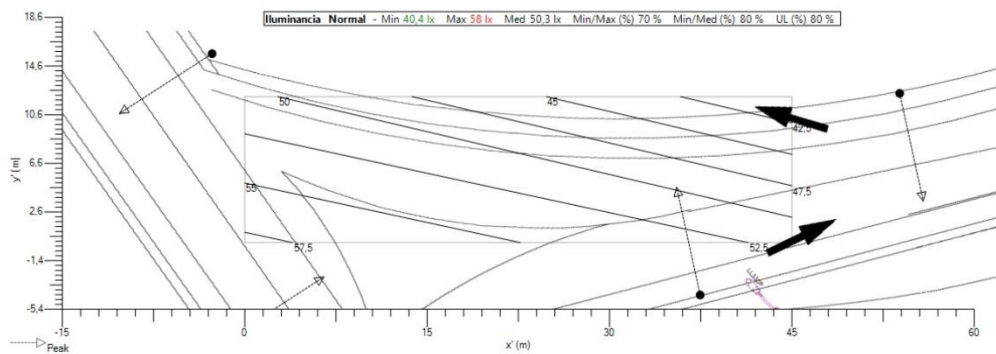


6.12. Intersección Vía 4 - Normal

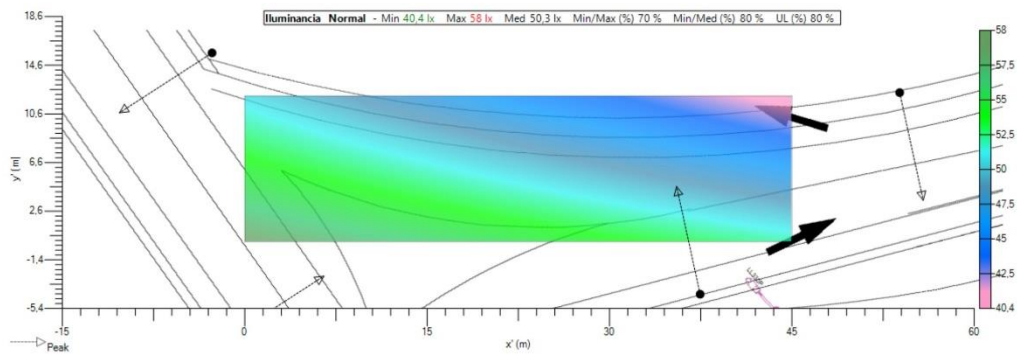
Valores



Isolevel

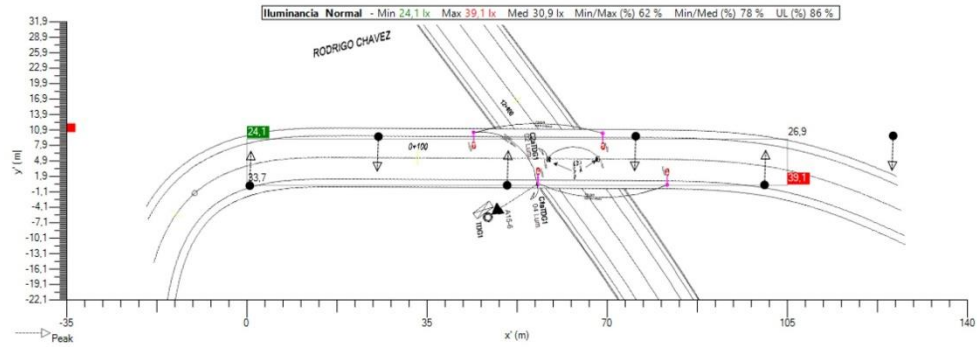


Sombreado

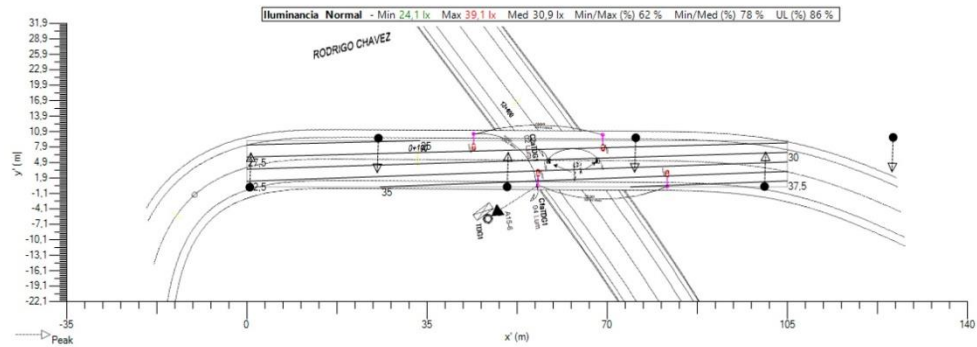


6.13. Puente - Normal

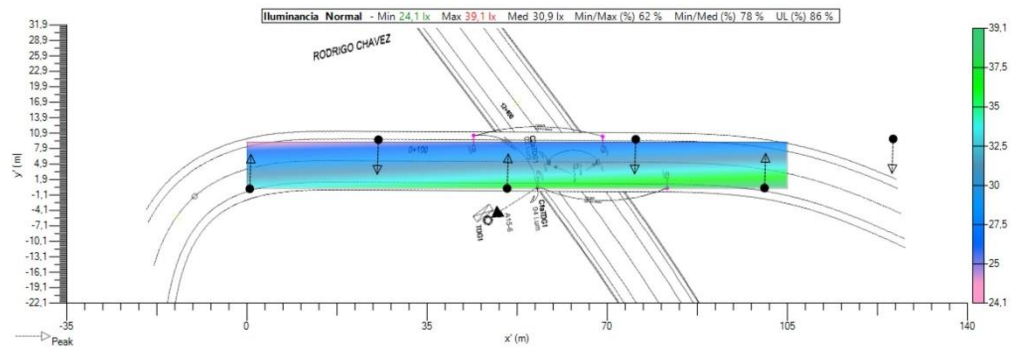
Valores



Isolevel



Sombreado



7. Mallas

7.1. Redondel

General	
Tipo	Malla circular
Activado	<input checked="" type="checkbox"/>
Color	■

Geometria			
Origen	X	-0,14 m	Y -0,01 m Z 0,00 m
Rotacion	X	0,0 °	Y 0,0 ° Z 0,0 °
Dimension	Numero	2	Numero 6
	Interdistan	14,00 m	Desplazam 18,00 m
	Tamaño X	14,00 m	

7.2. Redondel Via 1

General	
Tipo	Malla rectangular XY
Activado	<input checked="" type="checkbox"/>
Color	■

Geometria			
Origen	X	29,79 m	Y -7,12 m Z 0,00 m
Rotacion	X	0,0 °	Y 0,0 ° Z 0,0 °
Dimension	Numero X	2	Numero Y 2
	Interdistan	200,00 m	Interdistan 12,00 m
	Tamaño X	200,00 m	Tamaño Y 12,00 m

7.3. Redondel Via 2

General	
Tipo	Malla rectangular XY
Activado	<input checked="" type="checkbox"/>
Color	■

Geometria			
Origen	X	-230,23 m	Y 17,96 m Z 0,00 m
Rotacion	X	0,0 °	Y 0,0 ° Z 354,2 °
Dimension	Numero X	2	Numero Y 2
	Interdistan	200,00 m	Interdistan 12,00 m
	Tamaño X	200,00 m	Tamaño Y 12,00 m

7.4. Redondel Via 3

General	
Tipo	Malla rectangular XY
Activado	<input checked="" type="checkbox"/>
Color	■

Geometria			
Origen	X	-8,63 m	Y -30,38 m Z 0,00 m
Rotacion	X	0,0 °	Y 0,0 ° Z 267,1 °
Dimension	Numero X	2	Numero Y 2
	Interdistan	200,00 m	Interdistan 12,00 m
	Tamaño X	200,00 m	Tamaño Y 12,00 m

7.5. Redondel Via 4

General	
---------	--

Geometria			
-----------	--	--	--

Tipo Malla rectangular XY
 Activado
 Color

Origen X -6,08 m Y 228,40 m Z 0,00 m
 Rotacion X 0,0 ° Y 0,0 ° Z 270,6 °
 Dimension Numero X 2 Numero Y 2
 Interdistan 200,00 m Interdistan 12,00 m
 Tamaño X 200,00 m Tamaño Y 12,00 m

7.6. Intersección Vía 1

General
 Tipo Malla rectangular XY
 Exclusion Filtrado
 Activado
 Color

Geometria
 Origen X 417,76 m Y 60,09 m Z 0,00 m
 Rotacion X 0,0 ° Y 0,0 ° Z 355,4 °
 Dimension Numero X 2 Numero Y 2
 Interdistan 220,00 m Interdistan 12,00 m
 Tamaño X 220,00 m Tamaño Y 12,00 m

7.7. Intersección Vía 2

General
 Tipo Malla rectangular XY
 Exclusion Filtrado
 Activado
 Color

Geometria
 Origen X 510,91 m Y 59,90 m Z 0,00 m
 Rotacion X 0,0 ° Y 0,0 ° Z 64,0 °
 Dimension Numero X 2 Numero Y 2
 Interdistan 90,00 m Interdistan 12,00 m
 Tamaño X 90,00 m Tamaño Y 12,00 m

7.8. Intersección Vía 3

General
 Tipo Malla rectangular XY
 Exclusion Filtrado
 Activado
 Color

Geometria
 Origen X 549,30 m Y 141,45 m Z 0,00 m
 Rotacion X 0,0 ° Y 0,0 ° Z 76,3 °
 Dimension Numero X 2 Numero Y 2
 Interdistan 90,00 m Interdistan 12,00 m
 Tamaño X 90,00 m Tamaño Y 12,00 m

7.9. Intersección Vía 4

General
 Tipo Malla rectangular XY
 Exclusion Filtrado
 Activado
 Color

Geometria
 Origen X 496,38 m Y 59,02 m Z 0,00 m
 Rotacion X 0,0 ° Y 0,0 ° Z 50,5 °
 Dimension Numero X 2 Numero Y 2
 Interdistan 45,00 m Interdistan 12,00 m
 Tamaño X 45,00 m Tamaño Y 12,00 m

7.10. Puente

General

Tipo Malla rectangular XY
Activado
Color

Geometria

Origen	X	518,22 m	Y	-467,04 m	Z	0,00 m
Rotacion	X	0,0 °	Y	0,0 °	Z	82,3 °
Dimension	Numero X	2	Numero Y	2		
	Interdistan	105,00 m	Interdistan	9,00 m		
	Tamaño X	105,00 m	Tamaño Y	9,00 m		