

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

*Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Eléctrico e Ingeniera Eléctrica*

**PROYECTO TÉCNICO CON ENFOQUE INVESTIGATIVO:
“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE
ILUMINACIÓN PÚBLICA EN ÁREAS URBANAS APLICANDO
INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”**

AUTORES:

OSCAR GONZALO CALLE SUMBA
ÁNGELA PATRICIA ULLOA VARGAS

TUTOR:

ING. FREDDY FERNANDO CAMPOVERDE ARMIJOS, MSC.

CUENCA - ECUADOR

2022

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Oscar Gonzalo Calle Sumba con documento de identificación N° 0105556807 y Ángela Patricia Ulloa Vargas con documento de identificación N° 0106763154, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN PÚBLICA EN ÁREA URBANAS APLICANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Eléctrico e Ingeniera Eléctrica*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de la Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2022.



Oscar Gonzalo Calle Sumba
C.I. 0105556807



Ángela Patricia Ulloa Vargas
C.I. 0106763154

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN PÚBLICA EN ÁREA URBANAS APLICANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”**, realizado por Oscar Gonzalo Calle Sumba y Ángela Patricia Ulloa Vargas, obteniendo el *Proyecto Técnico con enfoque investigativo* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, febrero del 2022.



Ing. Freddy Fernando Campoverde Armijos
C.I. 0102339470

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Oscar Gonzalo Calle Sumba con documento de identificación N° 0105556807 y Ángela Patricia Ulloa Vargas con documento de identificación N° 0106763154, autores del trabajo de titulación: **“METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN PÚBLICA EN ÁREA URBANAS APLICANDO INFORMACIÓN GEOGRÁFICA”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico con enfoque investigativo*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, febrero del 2022.



Oscar Gonzalo Calle Sumba
C.I. 0105556807



Ángela Patricia Ulloa Vargas
C.I. 0106763154

DEDICATORIA

Esta tesis va dedicada a:

A mi madre Irene y a mi tía Melba, quienes con su paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy este sueño tan anhelado, gracias por saberme inculcar el ejemplo de lucha y perseverancia, además de ayudarme a no temerle a las adversidades.

A mis hermanas y mi hermano Valeria, Elena y Juan por su apoyo incondicional durante todo este proceso, por estar a mi lado apoyándome en todo momento. A toda mi familia que con sus consejos y palabras de apoyo hicieron que nunca desistiera en los momentos más difíciles.

A mis compañeros de trabajo Felipe, Manolo, Rocío, Luis, Valeria y Xavier que siempre estuvieron apoyándome en todo momento y cada situación adversa para que no desista de este objetivo.

Finalmente, dedicar a mis amigos y compañeros, que al ofrecerme su amistad y compañerismo han sido de gran apoyo en momentos difíciles.

Oscar Gonzalo Calle Sumba

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado principalmente a mi querido Dios, quien ha hecho posible que este sueño se cumpla, estando presente mediante mis seres queridos; quienes, con su amor, paciencia y esfuerzo, hemos alcanzado juntos esta meta.

A mis padres, Galo Ulloa López y Patricia Vargas Olvera, quienes fueron un apoyo fundamental para no rendirme en este largo camino, me dieron fuerza, aliento para continuar y saber enfrentar cada batalla que se presentó, sin dejarme sola en ningún momento.

Finalmente, se la dedico a mi tía Esther López, que se encuentra junto a Dios, viviendo la dicha de su compañía, quien siempre me apoyó con su cariño incondicional.

Ángela Patricia Ulloa Vargas

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que me ha brindado, ya que junto con mi madre me han guiado por el camino de bien, siendo los pilares fundamentales para este logro.

El Agradecimiento también va para la Universidad Politécnica salesiana y a toda la facultad de Ingeniería Eléctrica, ya que por su infraestructura y apoyo nos han permitido formarnos de la mejor manera como profesionales.

Finalmente quiero agradecer de manera sincera a mis profesores quienes con sus valiosos conocimientos nos formaron día a día como profesionales. Especialmente quiero agradecer al Ingeniero Freddy Campoverde, colaborador principal de este proceso, quien con sus conocimientos supo dirigirnos para permitir el desarrollo de este trabajo.

Oscar Gonzalo Calle Sumba

AGRADECIMIENTOS

La vida nos presenta retos que hay que cumplir paso a paso, en un orden que gracias a Dios y a la ayuda de mis valiosos padres he culminado hoy en un paso más, un escalón que con orgullo sano. Les agradezco papito y mamita, gracias por ser un apoyo para fortalecer e inculcar mi carrera, sin Dios, ustedes y un ser querido que ya no está con nosotros pero que seguro estará viendo y con una sonrisa dándome su bendición, mi querida Tía Esthercita, al cielo va también este triunfo.

A mis queridos hermanitos, Samuel, Dany, Rosy, Gaby, Galito, y Joules, gracias por ser mis cómplices en esta larga aventura, con su compañerismo y alegría han sido un motor, un empuje para motivarme aún más.

A Diego, quien ha estado junto a mí a cada paso con mucha firmeza, ternura, mucho amor y apoyo incondicional durante parte de esta fase. A Oscar Calle quien ha sido mi compañero en todo este proceso de formación y trabajo, por ser perseverante y mantener siempre una buena actitud frente a todo. También a mis amigos y compañeros, por sus palabras de aliento en los momentos de contrariedad y sostenimiento en toda esta evolución.

Por último, pero no menos importante, a la Universidad Politécnica Salesiana, por un excelente proceder en la formación y valores inculcados, a la carrera de Ingeniería Eléctrica, que, gracias a su gestión y disponibilidad de sus directivos, han hecho posible y amena nuestra estancia en la universidad, y en específico a nuestro tutor de tesis el Ing. Freddy Campoverde, que gracias a sus seguimientos y conocimientos transmitidos ha permitido la culminación de este proyecto.

Ángela Patricia Ulloa Vargas

RESUMEN

En el presente estudio se realiza la extracción de datos del ArcGIS de un área definida dentro de la Ciudad de Cuenca, los cuales serán procesados, obteniendo de esta manera la iluminancia en esa zona, posteriormente realizar su análisis y definir cuan óptimos son los niveles de iluminación del alumbrado público general e intervenido, siendo de suma importancia el obtener previamente también las características de las luminarias instaladas, las cuales nos permitirán tener resultados más acertados de la iluminancia de las luminarias de sodio.

Se utiliza una metodología, la cual nos va a permitir obtener los valores de iluminancia en base a los parámetros y su evaluación según los niveles definidos en la normativa ARCERNNR.

Se realiza el análisis de las respectivas simulaciones de las luminarias de sodio, con los datos extraídos de la información geográfica y las mediciones en campo a modo de verificación de datos, una vez obtenida toda esta información, se dará paso a simulaciones, pero con datos y criterios de una nueva tecnología(LED).

ABSTRACT

In the present study the extraction of data from ArcGIS of a defined area within the city of Cuenca is carried out, which will be processed, obtaining in this way the illuminance in that area, later to analyze it and define how optimal are the illuminance levels of the general and intervened public lighting, being of utmost importance to obtain previously also the characteristics of the installed luminaries, which will allow us to have more accurate results of the illuminance of the sodium luminaries.

A methodology is used, which will allow us to obtain the illuminance values based on the parameters and their evaluation according to the levels defined in the ARCERNNR standard.

The analysis of the respective simulations of sodium luminaires is carried out, with data extracted from geographic information and field measurements as data verification, once all this information is obtained, simulations will be carried out, but with data and criteria of a new technology (LED).

PALABRAS CLAVES

Sodio

LED

Regulación

Parámetros

Iluminancia

ArcGIS

Dialux

Ulysse

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Algunos valores de luminancia. [8].....	3
Tabla 2. Apariencia del color.[10]	4
Tabla 3. Ejemplos de iluminación, valores aproximados. [12].....	6
Tabla 4. Configuración para la disposición de luminarias. [14]	7
Tabla 5. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías [6].	10
Tabla 6. Luminancia de calzada para tráfico motorizado [5].	11
Tabla 7. Valores mínimos de iluminancia promedio (lux) en vías motorizadas [7].	12
Tabla 8. Clases de iluminación según las características de las vías [1].	12
Tabla 9. Características de la superficie [7].....	13
Tabla 10. Uniformidades y relación entre luminarias [15].	15
Tabla 11. Grupos de apariencia de calor de lámparas.	15
Tabla 12. Factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas.[17]	16
Tabla 13. Especificaciones - luminarias de vapor de sodio de alta presión.	20
Tabla 14. Especificaciones particulares de luminarias LED.	22
Tabla 15. Características de las luminarias para alumbrado público. [24]	23
Tabla 16. Interpretación de código de postes.	29
Tabla 17. Interpretación de código de poste.	30
Tabla 18. Datos constantes.	32
Tabla 19. Alturas de las luminarias.	32
Tabla 20. Ejemplo de estructura de fórmula de la distancia con sus resultados.....	33
Tabla 21. Cálculo de flujo luminoso con pérdidas.	38
Tabla 22. Valores obtenidos en medición, Calle Antonio Vallejo.	40
Tabla 23. Valores obtenidos en medición, Calle Tomás de Heres.	41
Tabla 24. Tabla de todos los datos extraídos de la calle Antonio Vallejo.....	53
Tabla 25. Tabla de todos los datos extraídos de la calle Tomas de Heres.....	65
Tabla 26. Potencias Instaladas en Sodio.	66
Tabla 27. Potencias propuestas en LED, en el área a intervenir.....	66
Tabla 28. Ahorro del proyecto.	66
Tabla 29. Factibilidad económica del area intervenida.	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Distancia entre luminarias.	4
Ilustración 2. Curvas del factor de utilización. [12]	5
Ilustración 3. Explicación de gráfico de curva de factor de utilización. [12]	5
Ilustración 4. Disposición Unilateral. [14]	8
Ilustración 5. Disposición Unilateral. [14]	8
Ilustración 6. Disposición Bilateral alternada. [14]	9
Ilustración 7. Bilateral opuesta sin separador. [14]	9
Ilustración 8. Disposición Bilateral opuesta con separador. [14]	9
Ilustración 9. Luxómetro - Medidor de luz.[19]	16
Ilustración 10. Distanciómetro - Medidor de distancia.[21].....	17
Ilustración 11. Diagrama de los tres pilares del desarrollo sostenible.[16]	18
Ilustración 12. Luminarias de vapor de sodio alta presión.	19
Ilustración 13. Lampara de sodio a alta presión. [18].....	20
Ilustración 14. Luminarias LED(Light Emitting Diode).....	21
Ilustración 15. Lampara LED.[18]	22
Ilustración 16. Emisión de flujo luminoso generado por las fuentes.	23
Ilustración 17. Plano de la zona a intervenir.....	27
Ilustración 18. Área en AutoCAD importada en ArcGIS.....	27
Ilustración 19. Nombres de las calles a intervenir.	28
Ilustración 20. Numero de postes de zona a ser intervenida.	28
Ilustración 21. Códigos de luminaria.....	28
Ilustración 22. Códigos de estructura de luminaria.	28
Ilustración 23. Códigos de estructura de luminaria.	29
Ilustración 24. Potencia de luminaria.	30
Ilustración 25. Tipo uso de poste.	30
Ilustración 26. Subtipo	31
Ilustración 27. Valores X y Y(Coordenadas de luminarias y postes).	31
Ilustración 28. Distancias medidas.....	31
Ilustración 29. Curva del factor de utilización.	34
Ilustración 30. Dimensiones de acera y calzada.	34

Ilustración 31. Delimitaciones de A.	34
Ilustración 32. Dimensiones de A.....	35
Ilustración 33. Dimensiones de A.....	36
Ilustración 34. Dimensiones de acera.	36
Ilustración 35. Vía con luminarias unilaterales y su distanciamiento.[12]	39
Ilustración 36. Distribución de punto unilateral.[12]	39
Ilustración 37. División de la calle Antonio Vallejo para aplicación del método.....	40
Ilustración 38. División de la Calle Tomás de Heres para aplicación del método.	41
Ilustración 39. Valor de iluminancia total en la calle Antonio Vallejo.	43
Ilustración 40. Vista 2D del diseño de simulación en el software.	43
Ilustración 41. Resumen de valores obtenidos en Ulysse.	44
Ilustración 42. Especificaciones técnicas de luminaria simulada.	44
Ilustración 43. Fotometría de luminaria ONYX 3 – Diagrama Polar/ ULYSSE.	44
Ilustración 44. Curva isolux de luminaria ONYX 3, simulada.	45
Ilustración 45. Curva de utilización.....	45
Ilustración 46. Valores de iluminancia en la calle Antonio Vallejo.	45
Ilustración 47. Isolevel de la luminaria de sodio alta presión simulada.	46
Ilustración 48. Sombreado – Temperatura del color del área simulada.	46
Ilustración 49. Resumen de valores analizados.	46
Ilustración 50. Calle Antonio Vallejo simulada en DIALux.	47
Ilustración 51. Características de la luminaria simulada.	47
Ilustración 52. Fotometría – Diagrama polar DIALux.....	47
Ilustración 53. Sombreado – Temperatura del color.....	48
Ilustración 54. Medidas del área a simular.	48
Ilustración 55. Luminaria a simular.....	49
Ilustración 56. Valores de la luminaria-Unilateral abajo.	49
Ilustración 57. Valores de mantenimiento iluminancia horizontal - Líneas Isolux.....	50
Ilustración 58. Resumen de valores simulados de la calle Antonio Vallejo en DIALux..	50
Ilustración 59. Características de luminaria LED a simular.	50
Ilustración 60. Curva isolux de luminaria LED de 140,6 W.	51
Ilustración 61. Fotometría de luminaria LED – Diagrama Polar.....	51

Ilustración 62. Vista en 2D, de la simulación de LED.	52
Ilustración 63. Calzada simulada - Valores obtenidos.	52
Ilustración 64. Isolevel de la luminaria LED simulada.	53
Ilustración 65. Sombreado – Temperatura del color del área simulada.	53
Ilustración 66. Valores obtenidos de simulación LED.	53
Ilustración 67. Valor de iluminancia total en la calle Tomas de Heres.	54
Ilustración 68. Vista 2D del diseño de simulación en el software.	54
Ilustración 69. Resumen de valores obtenidos en Ulysse.	55
Ilustración 70. Especificaciones técnicas de luminaria simulada.	55
Ilustración 71. Fotometría de luminaria ONYX 3 – Diagrama Polar/ ULYSSE.	55
Ilustración 72. Curva isolux de luminaria ONYX 3, simulada.	56
Ilustración 73. Curva de utilización.	56
Ilustración 74. Valores de iluminancia en la calle Tomas de Heres.	56
Ilustración 75. Curva Isolux de área simulada.	57
Ilustración 76. Sombreado – Temperatura del color del área simulada.	57
Ilustración 77. Resumen de valores analizados.	57
Ilustración 78. Resumen de valores obtenidos por el programa.	57
Ilustración 79. Calle Tomas de Heres simulada en DIALux.	58
Ilustración 80. Características de la luminaria simulada.	58
Ilustración 81. Fotometría – Diagrama polar DIALux.	58
Ilustración 82. Sombreado – Temperatura del color.	59
Ilustración 83. Medidas del área a simular.	59
Ilustración 84. Luminaria a simular.	60
Ilustración 85. Valores de la luminaria-Unilateral abajo.	60
Ilustración 86. Valores de mantenimiento iluminancia horizontal - Líneas Isolux.	61
Ilustración 87. Resumen de valores simulados de la calle Tomas de Heres en DIALux.	61
Ilustración 88. Características de luminaria LED a simular.	61
Ilustración 89. Curva isolux de luminaria LED de 140,6 W.	62
Ilustración 90. Fotometría de luminaria LED – Diagrama Polar.	62
Ilustración 91. Vista en 2D, de la simulación de LED.	63
Ilustración 92. Calzada simulada - Valores obtenidos.	63

Ilustración 93. Isolevel de la luminaria LED simulada.....	64
Ilustración 94. Sombreado – Temperatura del color del área simulada.	64
Ilustración 95. Valores de simulación analizados.	64
Ilustración 96. Valores obtenidos de simulación LED.....	64

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	ix
INDICE DE TABLAS	xi
INTRODUCCIÓN	xx
GLOSARIO	xxiii
CAPÍTULO 1	1
FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO	1
1.1 ALUMBRADO PÚBLICO.....	1
TIPOS DE ALUMBRADO PÚBLICO.....	1
1.1.1 Alumbrado Público General –APG–:.....	1
1.1.2 Alumbrado público intervenido:.....	1
1.1.3 Alumbrado público ornamental:.....	1
DEFINICIONES.....	2
ASPECTOS TÉCNICOS	3
PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS.....	3
1.3.1 Flujo Luminoso (Potencia luminosa) Φ	3
1.3.2 Luminancia.....	3
1.3.3 Criterio de luminancia.....	3
Factor de Utilización.....	4
Cálculo de Iluminancia media.....	6
1.5.1 Criterio de iluminancia.....	6
Deslumbramiento.....	7
Disposición de puntos de iluminación.....	7
1.9.1 Disposición Unilateral:.....	8
1.9.2 Doble central:.....	8

1.9.3 Bilateral alternada:.....	8
1.9.4 Bilateral opuesta sin separador	9
1.9.5 Bilateral opuesta con separador	9
CLASES DE ALUMBRADO POR VÍAS.....	9
Vías Vehiculares	9
Vías con tráfico motorizado	11
Niveles de Iluminación	12
Normativa UNE-EN 12464-1:	13
1.13.1 Ambiente luminoso.....	13
1.13.2 Distribución de las luminancias.....	14
1.13.3 Iluminancia	14
1.13.4 Recomendación de iluminancias en el área de la tarea.....	14
1.13.5 Iluminancias de zonas transitadas inmediatas.....	14
1.13.6 Apariencia de color	15
1.13.7 Factor de Mantenimiento	15
Instrumentos de medición	16
1.14.1 Luxómetro	16
1.14.2 Distanciómetro.....	17
CAPITULO 2	17
ANTIGUAS Y NUEVAS TECNOLOGIAS PARA ALUMBRADO PÚBLICO	17
2.1 Generalidades	17
2.2 El estado actual de los servicios de alumbrado público.....	18
FRECUENTES LUMINARIAS UTILIZADAS ACTUALMENTE.....	19
2.3 Lámpara de vapor de sodio a alta y baja presión	19
- Datos técnicos:	20
- Ventajas	20
- Desventajas	21
2.4 Luminarias LED	21
- Datos técnicos:	22

- Ventajas	22
- Desventajas	23
- Comparación de luminarias	23
CAPITULO 3	24
METODOLOGÍA	24
3.1. Tipos de Investigación	24
3.2 Métodos	24
3.3 ArcGIS.....	25
3.3.1 Definiciones de un GIS o SIG	25
3.3.2 Prestaciones en diferentes comunidades de usuarios	25
3.3.3 Usos del ArcGIS	26
3.4 Extracción de información	26
3.5 Parámetros.....	27
3.5.1 Nombre de calles:	28
3.5.2 Número de poste:	28
3.5.3 Código de luminaria:	28
3.5.4 Código de estructura de luminaria:.....	28
3.5.5 Código de estructura poste:.....	29
3.5.6 Potencia de luminaria:	30
3.5.7 Tipo Uso poste:	30
3.5.8 Fecha de Construcción:	30
3.5.9 Fecha de Activación:	31
3.5.10 Subtipo:	31
3.5.11 Ubicación(Puntos x, y):.....	31
3.5.10 Distancia:.....	31
3.5.11 Datos constantes:.....	31
Cálculos	32
3.5.12 Altura de las luminarias.....	32
3.5.13 Interdistancias entre luminarias	33

3.5.14	Factor de Utilización.....	33
3.5.15	Iluminancia media:.....	37
3.5.16	Flujo luminoso con perdidas	37
3.5.17	Método de los nueve puntos	38
3.5.17	Método de los nueve puntos aplicado en el area intervenida	40
CAPÍTULO 4		42
SIMULACIONES		42
4.1	Introducción software ULYSSE 3	42
4.2	Simulación en ULYSSE 3, de la calle Antonio Vallejo.....	43
4.3	Reporte de simulación	44
4.4	Reporte de simulación en DIALux EVO 9.2, de la calle Antonio Vallejo.....	47
4.5	Simulación en ULYSSE 3, Calle Antonio Vallejo luminarias LED	50
4.6	Resumen de valores obtenidos en la investigación	53
4.6	Simulación en ULYSSE 3, de la calle Tomas de Heres.....	54
4.7	Reporte de simulación ULYSSE, calle Tomas de Heres.....	55
4.8	Reporte de simulación en DIALux EVO 9.2, de la calle Tomas de Heres.....	58
4.9	Simulación en ULYSSE de calle Tomas de Heres con tecnología LED.....	61
4.9.1	Resumen de valores obtenidos en la investigación:	65
CAPITULO 5		65
Evaluación económica		65
-	Cálculo de utilidad:.....	65
CAPITULO 6		68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		68
5.1	CONCLUSIONES	68
5.2	RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFIA		70
ANEXOS		73

INTRODUCCIÓN

La iluminación es muy importante para el crecimiento social y económico de los habitantes. Cuando el alumbrado público se utiliza de una forma efectiva y razonable, es beneficioso para la ciudad en muchos aspectos (como turismo, negocios y seguridad, etc.), garantizando así mejores estados de iluminación para carreteras, transeúnte y automotores que transitan en lugares públicos.

Al caminar por la calle de noche, una mayor intensidad de luz dará a las personas una mayor sensación de seguridad, lo que aumenta el tiempo de ejercicio físico por la noche y anima a las personas a incrementar la interacción social, mejorando así la salud física y espiritual de las personas.

En vista de la diversidad de alternativas tecnológicas, la tecnología de las luminarias LED se ha posesionado como la tecnología alternativa más destacada debido al gran efecto ventajoso y eficaz de la tecnología en las ventajas colectivas, climáticas y económicas de las distintas ciudades. Asimismo, estos mecanismos no incluyen mercurio, lo que reduce el costo de procesamiento de químicos nocivos, también, el bajo consumo de la energía producidos reduce las dispersiones de gases que afecta al medio ambiente.

Este anteproyecto trata sobre la metodología a aplicar para poder realizar una valoración de los niveles de iluminación pública en áreas urbanas aplicando información geográfica, la puesta en marcha del alumbrado a ser estudiados están delimitadas por las calles Luis Cordero, Avenida de las Américas, calle Armenillas y Avenida Héroes de Verdeloma, pertenecientes a la Ciudad de Cuenca; para el desarrollo de este trabajo se ha dividido en 6 capítulos.

“La densidad de potencia para alumbrado de vías tiene como variables la carga total conectada para el alumbrado, el área total de las vías iluminadas y el valor promedio de iluminancia según las características de la vía” [1]. En los últimos años, los presupuestos equilibrados y los principios de eficacia, la eficiencia y la sustentabilidad se han transformado en un apoyo fundamental sobre los que la gestión pública debe basarse,

especialmente en la actual situación de reducción del déficit [2]. Varias ventajas del uso de alumbrado público como el suplemento de una visión segura y cómoda durante la noche, protegiendo a los conductores y la mejora del tráfico de vehículos ha introducido estos sistemas como los más importantes infraestructuras y activos urbanos[3].

Dado que el alumbrado público es un servicio importante, es necesario evaluarlo con base en estándares de eficacia energética, siendo éste un mayor uso de energía y por ende consumo, no siempre equivale a mejores servicios, por este motivo el presente trabajo analizara la metodología de evaluación de iluminación del alumbrado público.

En los últimos años, la eficiencia de la energía de los sistemas de alumbrado público se ha convertido en un importante motivo de preocupación. Actualmente, las aplicaciones de software para realizar los diseños de iluminación pública siendo estos los que tienen como un objetivo que es lograr una uniformidad y obtener el valor de iluminancia promedio recomendado por ARCERNNR. Sin embargo, no se considera la eficiencia energética del equipo en sí. A través de cualquiera de estos programas informáticos. Además, estas aplicaciones normalmente no permiten a los usuarios seleccionar el nivel deseado. No hace falta decir que los valores precisos de eficiencia energética y uniformidad de iluminación general pueden garantizar una iluminación uniforme y sostenible en el área con la cantidad óptima de luz.

El alumbrado público es una característica de diseño de la comunidad que contribuye al ambiente físico y se cree que afecta la seguridad pública. Residentes, peatones y conductores pueden obtener o perder agudeza visual dependiendo de las características físicas del alumbrado público, como el nivel de luz y uniformidad. El alumbrado público proporciona iluminación para mantener visual agudeza, vigilancia y una sensación de seguridad en entornos nocturnos pero el alumbrado público sin blindaje o mal diseñado puede reducir la visión nocturna, disminuir los niveles de seguridad y crear peligros en las carreteras [4].

A medida que la población sigue aumentando, viajan y se movilizan en diferentes momentos, muchos de ellos de noche debido a la necesidad de trabajar o regresar a casa. Por estas razones, es muy importante proporcionar a las personas el mejor nivel de iluminación pública. Por lo tanto, a su vez, se eliminarán los accidentes de tránsito,

establecer condiciones cómodas para la movilización de automotores y proporcionando vistas aceptables para los peatones, mejorando la confianza de departamentos, edificaciones y propiedades aledañas en lugares privados y públicos, reduciendo la posibilidad de ataques, robos o delitos en general.

Manteniendo o realizando los cambios adecuados según las normativas se incrementará la vida social armoniosa y la movilidad tranquila, de esta manera se da paso a un aumento y sencilla utilización, además de la optimización de los sistemas a disposición sin alterar las fachadas urbanas existentes.

Las particularidades de los sistemas de alumbrado público se encuentran restringidas por requisitos prácticos, éticos, climáticos y económicos, a pesar que estos no son muy semejantes, salvo que inclusive algunos no alcancen a cumplirse al mismo tiempo.

Por tanto, en cada caso, estas instalaciones deben ser el resultado de una evaluación ponderada de los objetivos a alcanzar, y para lograr los objetivos descritos y analizados, muy posiblemente se llevaría a cabo con el reemplazo de las luminarias, por otra tecnología o mayor potencia según el distanciamiento entre luminarias tomando en cuenta los tipos de alumbrado de acuerdo al sector a intervenir.

Para el correcto análisis es muy importante el tipo y la densidad de tráfico, definiendo así las áreas y el tipo de iluminación de acuerdo a categorías, nivel de luminancia, coeficientes de uniformidad y controles de deslumbramiento.

Na: Sodio

LED: Light Emiting Diode.

INEN: instituto Ecuatoriano de Normalización.

RETILAP: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

RTE INEN 069: Reglamento Técnico Ecuatoriano 069.

CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad.

EERCS: Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

DNP: Doble nivel de potencia

SNP: Simple nivel de potencia

Lm: Luminancia promedia de la calzada

Uo: Uniformidad general de la iluminación de la calzada

Fu: Factor de Utilización

cd: Candelas

lm: Lúmenes

W: Potencia

A.P. : Alumbrado Público

GIS: Sistema de Información Geográfica

CAPÍTULO 1.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA DE ALUMBRADO PÚBLICO.

1.1 ALUMBRADO PÚBLICO

DEFINICIÓN DE SERVICIO DE ALUMBRADO PÚBLICO (AP): “Es un servicio público no residencial que proporciona alumbrado de bienes públicos y otros espacios de libre circulación con vehículos o tráfico peatonal dentro de las zonas urbanas y rurales de una ciudad o distrito. Los servicios de alumbrado público incluyen las actividades de suministro de energía, gestión, operación, mantenimiento, modernización, sustitución y ampliación de sistemas de alumbrado público para sistemas de alumbrado público.”[5]

TIPOS DE ALUMBRADO PÚBLICO

1.1.1 Alumbrado Público General –APG–: “Es la iluminación de vías públicas, para tránsito de personas y/o vehículos. Excluye la iluminación de las zonas comunes de unidades inmobiliarias declaradas como propiedad horizontal, la iluminación pública ornamental e intervenida”[5].

1.1.2 Alumbrado público intervenido: “Es la iluminación de vías públicas, para tránsito de personas y/o vehículos que, debido a planes o requerimientos específicos de los gobiernos autónomos descentralizados, o por la entidad competente, difieren de los niveles de iluminación establecidos por regulación, y/o requieren de una infraestructura constructiva distinta de los estándares establecidos para el alumbrado público general”[5].

1.1.3 Alumbrado público ornamental: “Es la iluminación de áreas públicas como parques, plazas, espacios deportivos abiertos, iglesias, piletas, monumentos y similares, que difiere de los niveles establecidos por regulación para alumbrado público general, dado que éstos obedecen a criterios estéticos determinados por el gobierno autónomo descentralizado correspondiente, o por el órgano estatal competente. Se excluye bombas de agua de piletas y motores extractores de aire de túneles, o el consumo de energía de equipos que no tienen que ver con iluminación”[5].

Los tipos de luminarias comúnmente utilizados en el alumbrado público son:

- Luminarias de vapor de mercurio de alta presión.
- Luminarias de vapor de sodio a alta presión.
- Luminarias LED.

DEFINICIONES

Altura de montaje: Esta altura se refiere a la longitud perpendicular dimensionada entre el área a iluminar y el centro óptico del origen de luz de la luminaria.

Ángulo de inclinación de la luminaria: El ángulo formado entre el eje longitudinal de la lámpara y la línea horizontal.

Candela (cd): Intensidad luminosa.

CIE: Comisión Internacional de Iluminación (*Commission Internationale de L'éclairage*). Organismo que vincula comités nacionales de iluminación en muchos países.

Coefficiente de utilización (CU): "Relación entre el flujo incidente sobre una superficie a iluminar y el flujo total producido por la luminaria. También llamado Factor de Utilización (FU) de la luminaria." [6]

Curva isolux: Una curva que conecta puntos con el mismo nivel de generación por un origen de luz a una distancia de instalación determinada.

Factor de mantenimiento : El fm coeficiente utilizado para calcular el brillo y la iluminancia se refiere a la relación entre el brillo o la iluminación promedio de la superficie de la carretera después de un período de uso y el brillo o la iluminación del nuevo dispositivo en la misma superficie en las mismas condiciones.

Coefficiente de uniformidad de luminancia general (U0): El vínculo entre luminancia mínima de la superficie de la vía y la luminancia promedio.

Vía pública: Son rutas de tránsito vehicular y peatonal de dominio y uso público.

ASPECTOS TÉCNICOS

PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS

1.3.1 Flujo Luminoso (Potencia luminosa) Φ

Es la suma de energía luminosa propagada por un origen de luz a la cual el ojo humano es susceptible.[7]

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

Φ = Flujo luminoso en Lúmenes.

Q = Cantidad de luz propagada en Lúmenes x seg.

t = Valor del tiempo en segundos.

1.3.2 Luminancia

Es la magnitud de la luz que se propaga en una cierta dirección sobre el área emisora por la unidad del área. La unidad es candela por metro cuadrado (cd/m^2).[5]

$$L = \frac{I}{S}$$

I = Intensidad de la luz.

S = Superficie.

Tabla 1. Algunos valores de luminancia. [8]

Valores de luminancia	
Calle bien iluminada	2 cd/m^2
Papel blanco iluminado con 400 lux	100 cd/m^2
Papel blanco iluminado con 1000 lux	250 cd/m^2
Papel negro iluminado con 400 lux	15 cd/m^2

1.3.3 Criterio de luminancia

A menudo que sea posible, en las áreas singulares se emplearan los criterios de calidad de luminancias, uniformidades global y longitudinal, deslumbramiento y correlación entorno, que han sido catalogadas para los tipos de alumbrado serie ME. En este tipo

de casos se considerará que la clase de alumbrado que se puntualice para el tramo singular será de una categoría superior al de la vía de tráfico a la que corresponde dicho tramo singular.

a) Uniformidad

Es el vínculo de luminancia mínima de la carretera y la luminancia media. Su valoración es acatada de similares factores que afectan la luminancia media.

b) Temperatura del color

La temperatura de color de una luminaria se la puede explicar al comparar sus color en la visión luminosa con el color de la luz emitida por un elemento negro calentado a una cierta temperatura.[9]

Tabla 2. Apariencia del color.[10]

Grupo de apariencia de color	Apariencia de color	Temperatura de color (K)
1	Cálido	Por debajo de 3,300
2	Intermedio	De 3,300 a 5,300
3	Frío	Por encima de 5,300

Factor de Utilización

El propósito de este procedimiento es calcular la longitud de separación apropiada entre las lámparas que afiance un nivel medio de iluminancia. A través de un desarrollo iterativo, fácil y efectivo, se alcanzan valores que, no obstante no sean exactos, nos ayuden como referencia para la inicialización a la aplicación de otros métodos[11].

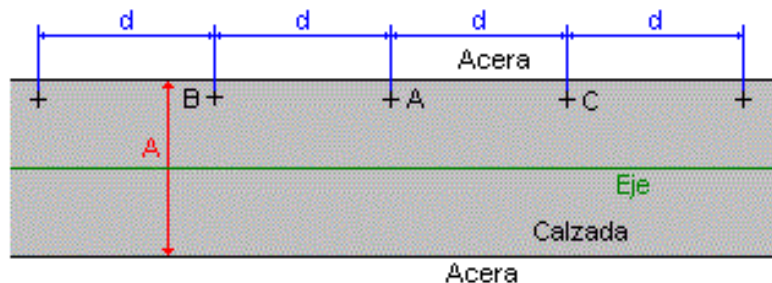


Ilustración 1. Distancia entre luminarias.

El factor de utilización como antes se menciona, es una medida de utilidad del grupo de la luminaria o lampara, la cual se determina como el cociente entre el flujo útil, el que llega a la calzada, y el emitido por la lámpara[11].

$$\eta = \frac{\Phi \text{ útil}}{\Phi L}$$

Comúnmente se interpreta mediante curvas que proporcionan los fabricantes de las luminarias o fuentes de luz. Estas curvas podemos encontrarlas en función del cociente anchura de la calle/altura (A/H), la más habitual, o de los ángulos γ_1 , γ_2 en el lado vías y veredas respectivamente.[11]

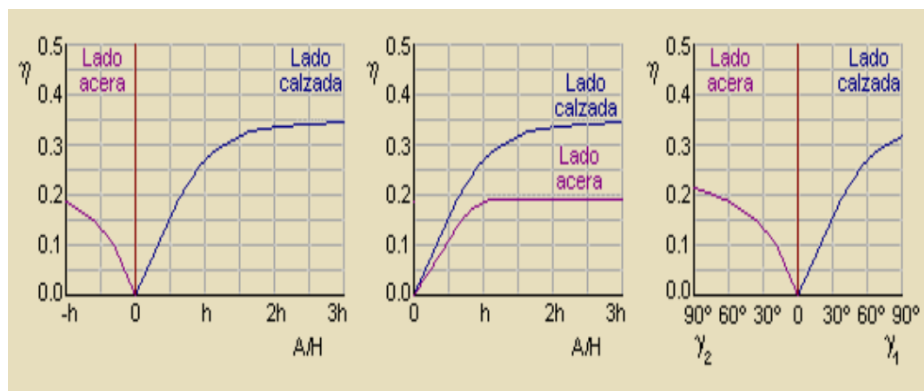


Ilustración 2. Curvas del factor de utilización. [12]

En la siguiente ilustración observaremos dos valores los cuales uno nos indica el lado de la acera y el otro la calzada, siendo de esta manera que ubicaremos el valor en el gráfico de la curva después del respectivo calculo, ejemplos realizados en el capítulo 3.

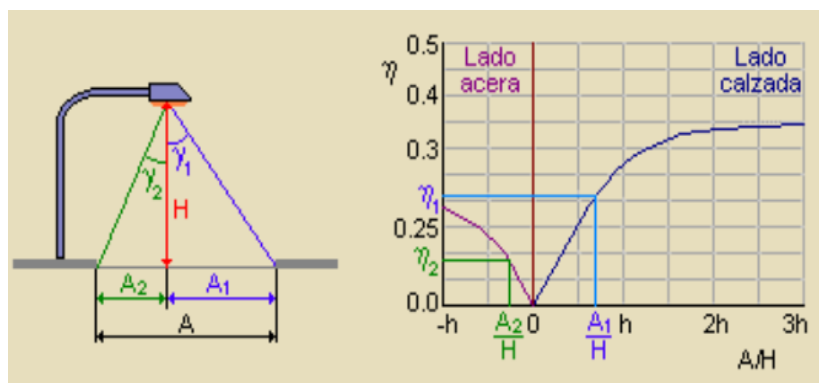


Ilustración 3. Explicación de gráfico de curva de factor de utilización. [12]

Cálculo de Iluminancia media

Ya definidos los factores de utilización de cada área, ya sea de calzadas, aceras, etc.) es muy posible definir su iluminancia media utilizando la siguiente fórmula:

$$E_m = \frac{\eta * f_m * \Phi_L}{A * d}$$

Donde:

- E_m es la iluminancia media sobre la calzada que se desea conseguir.
- η es el factor de utilización de la instalación.
- f_m es el factor de mantenimiento.
- Φ_L es el flujo luminoso de la lámpara.
- A es la anchura a iluminar de la calzada que en disposición bilateral pareada es la mitad ($A/2$) y toda (A) en disposiciones unilateral y tresbolillo.
- d Separación entre luminarias.

Tabla 3. Ejemplos de iluminación, valores aproximados. [12]

Ejemplo de Iluminación	
Mediodía en verano	100.000 lux
Mediodía en invierno	20.000 lux
Oficina bien iluminada	400a 800 lux
Calle bien iluminada	20 lux
Luna llena con cielo claro	0,25 a 0,50 lux

1.5.1 Criterio de iluminancia.

“Sólo cuando resulte impracticable aplicar los criterios de luminancia, se utilizarán los criterios de iluminancia. Esta situación puede ocurrir cuando la distancia de visión sea inferior a los 60 m (valor mínimo que se utiliza para el cálculo de luminancia), en la situación de no ubicar de manera adecuada al observador debido a las irregularidades complejidad de la ruta vial” [9].

Deslumbramiento

“El deslumbramiento elaborado por las luminarias o los reflejos en las vías, es un inconveniente el cual puede afectar a gran medida. En sí mismo, no es más que una sensación molesta que dificulta la visión pudiendo, en casos extremos, llegar a provocar ceguera transitoria. Se hace necesario, por tanto, cuantificar este fenómeno y establecer unos criterios de calidad que eviten estas situaciones peligrosas para los usuarios”.[13]

Disposición de puntos de iluminación

La ubicación de las lámparas está relacionada con el ancho de la carretera o la vía, las condiciones de iluminación de la vía, la altura de montaje, la periferia de la vía, la cercanía a la red de medio y bajo voltaje.

La interdistancia de la ubicación de los postes de uso para alumbrado público, es analizado por los estudios fotométricos de alumbrado, estas longitudes solo pueden reducirse al tener impedimentos forzosos, alcantarillas de desagüe, desviaciones para ingresos a garajes existentes, cruces con redes de prestaciones públicas ya instaladas y en funcionamiento.

Una vez revisadas las características tanto de la vía como las fotométricas de las lámparas, se procede a elegir la estructura que de mejor manera se acondicione a lo solicitado dependiendo de la vía en la que se requiere la iluminación, en la tabla 4, se presentan las diferentes configuraciones.

Tabla 4. Configuración para la disposición de luminarias. [14]

Clases de Iluminación	Altura (m)	Relación S/H	Disposición de las luminarias	
			Criterio	Disposición
M1	12-14	3.5-4	Dos carriles de circulación	Unilateral
M2	10-12	3.5-4		Unilateral
M3	8.5-10	3.5-4	Ancho de la calzada menor	Unilateral
M4	7-9	3.5-4	Unilateral	
M5	6	3.5-4	Al criterio del diseñador	

1.9.1 Disposición Unilateral:

Es una colocación en la que todas las lámparas se establecen en un solo lado de la carretera. En el diseño se debe proceder a usar la luminaria precisa y que deba cumplir con todas las características fotométricas para dimensiones del montaje, espaciamiento, etc.

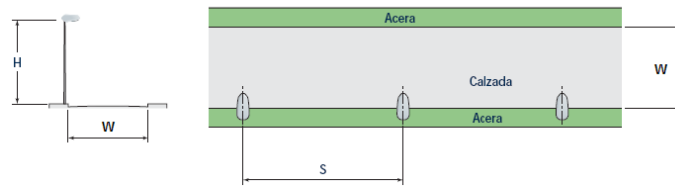


Ilustración 4. Disposición Unilateral. [14]

1.9.2 Doble central:

En este caso nos referimos a cuando hay la existencia de las vías de tráfico tanto de un sentido y el otro se encuentran divididos por un parterre el cual suele estar entre 1,5 m de longitud o de ancho. Existe un gran ahorro al proponer y construir en el diseño que se logre compartir un parterre central como solución a dos vías unilaterales, la misma que se denota como central simple.

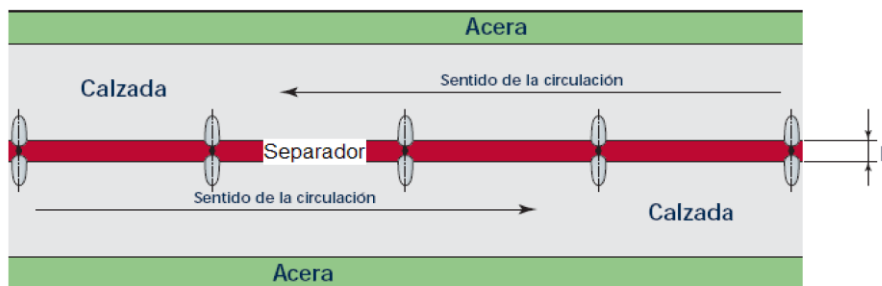


Ilustración 5. Disposición Unilateral. [14]

1.9.3 Bilateral alternada:

Es beneficioso emplear la solución bilateral alternativo en algunas áreas mercantiles o espacios concurridos por las personas en horas de la noche, para brindar la iluminación adecuada para el área transitada, también de los edificios frente al camino de entrada y así crear una atmósfera agradable y luminosa.

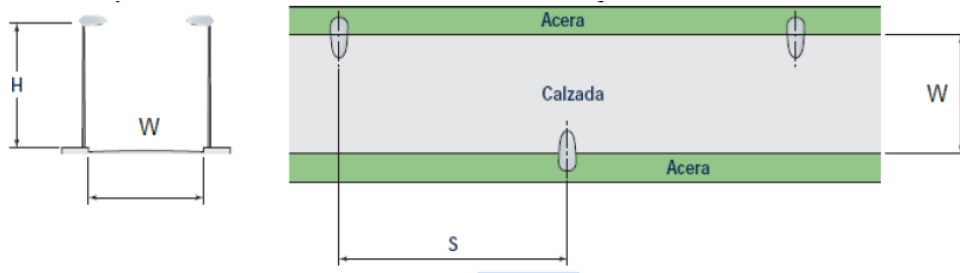


Ilustración 6. Disposición Bilateral alternada. [14]

1.9.4 Bilateral opuesta sin separador

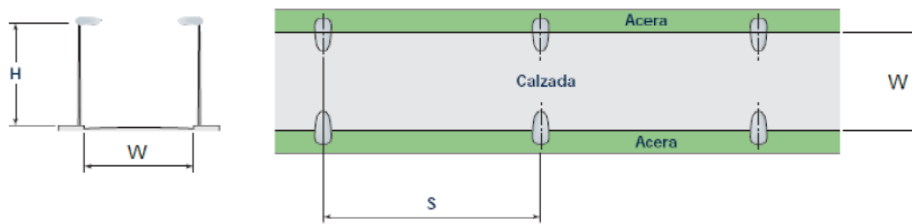


Ilustración 7. Bilateral opuesta sin separador. [14]

1.9.5 Bilateral opuesta con separador

La iluminación cuenta con dos hileras de luminarias: una hilera tiene un espejo frontal de luminarias, queriendo decir que cada luminaria cuenta con una en frente. Esta disposición sobre pistas principal, se usa frecuentemente si solo se requiere cubrir la necesidad tanto para uso peatonal y vehicular.

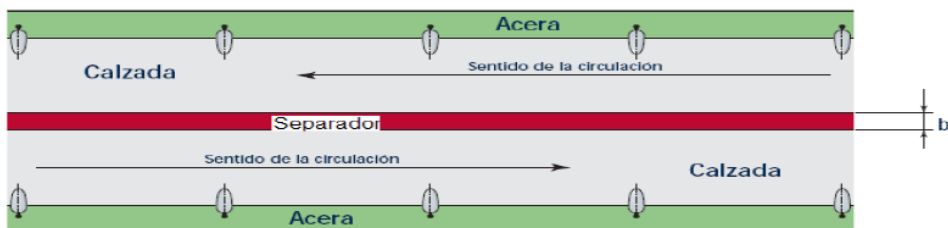


Ilustración 8. Disposición Bilateral opuesta con separador. [14]

CLASES DE ALUMBRADO POR VÍAS

Vías Vehiculares

Según las características de la vía, el "Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público" divide la iluminación en cinco niveles desde M1 hasta M5. Para su elección se

consideran las siguientes características: el empleo de la carretera o vía, el flujo de vehículos y viandante, el nivel de dificultad y control de circulación (semáforos y señalización vial).

Tabla 5. Tipos de iluminación para las diferentes clases de vías [6].

Descripción de la vía	Clase de iluminación
Vías de alta velocidad con calzadas separadas exentas de cruce a nivel y con accesos completamente controlados: autopistas expresas. Densidad del tráfico y complejidad de la Vía (1) Alto – Medio - Bajo	M1 M2 M3
Vías de alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Control de tráfico (2) y separación (3) de diferentes usuarios de la vía. Escaso – Suficiente	M1 M2
Descripción de la vía	Clase de iluminación
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía. Escaso - Bueno	M2 M3

Descripción de la vía	Clase de iluminación
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía. Escaso - Bueno	M2 M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales. Vías que conducen a las propiedades y a las otras vías colectoras. Escaso - Bueno	M4 M5

Vías con tráfico motorizado

Una vez comprendidas las características de la vía y sus requisitos visuales, se deben especificar los niveles de iluminación necesarios. Para cada nivel de iluminación se establece un requisito mínimo de luminosidad a mantener en el tiempo, cuando este es el estándar aplicable, el brillo se muestra en la Tabla 5.[5]

Tabla 6. Luminancia de calzada para tráfico motorizado [5].

Clase de Iluminación	Clase de Iluminación				
	Todas las Vías			Vías sin o con pocas intersecciones	Vías con aceras no iluminadas para clases P1 a P4
	Luminancia promedio L _{prom} (cd/m ²) Mínimo mantenido	Factor de uniformidad U _o Mínimo	TI% Máxima inicial	Factor de uniformidad longitudinal de luminancia UL Mínimo	Relación de entorno SR Mínima
M1	2	0.4	10	0.7	0.5
M2	1.5	0.4	10	0.7	0.5
M3	1.0	0.4	10	0.7	0.5
M4	0.8	0.4	10	NR	NR
M5	0.6	0.4	10	NR	NR

En base al contenido anterior se asumen 5 clases de iluminación estipulados en la tabla 5; en la Tabla 6 se muestran algunos aspectos para catalogar la iluminación.

Notas: NR: No requerido

Niveles de Iluminación

En esta sección se introducirán los requerimientos y / o características de la zona para tener unos requisitos de iluminación suficientes y óptimos en el dispositivo de iluminación. Para catalogar a las características que satisface la instalación, continuamos clasificando los distintos tipos de carreteras existentes, y aplicamos una serie de valores predeterminados relacionados con las particularidades de cada vía. Según RD 1890/08, los valores de iluminancia y brillo pueden superar el 20% de los valores especificados en este apartado y como se presenta en la tabla 7.

Tabla 7. Valores mínimos de iluminancia promedio (lux) en vías motorizadas [7].

Clase de Iluminación	Valor promedio(mínimo a mantener) de iluminancia según tipo de superficie de la vía (lx) Ver tabla 5)			Uniformidad de la Iluminancia
	R1	R2 y R3	R4	E _{min} / E _{prom} (%)
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

Tabla 8. Clases de iluminación según las características de las vías [1].

CLASES DE ILUMINACIÓN	Vía	Velocidad (Km/h)		Vehículos/hora	
M1	Autopistas y carreteras	Extra alta	V > 80	Muy importante	T > 1000
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas	Alta	60 < V < 80	Importante	500 < T < 1000
M3	Vías principales y ejes viales	Media	30 < V < 60	Media	250<T<500
M4	Vías colectoras	Reducida	V < 30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<1000

Tabla 9. Características de la superficie [7].

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

Normativa UNE-EN 12464-1:

1.13.1 Ambiente luminoso

Los requerimientos de la iluminación establecidos son definidos por tres requisitos básicos:

- La comodidad visual da a los trabajadores una percepción de felicidad; indirectamente, también ayuda a aumentar la productividad:
- Rendimiento visual: los trabajadores pueden llevar a cabo sus ocupaciones ópticas en situaciones complicadas y durante lapsos de tiempo más prolongados.
- Seguridad

Los parámetros básicos que definen el ambiente lumínico son:

- Distribución de lámparas y linternas
- Iluminación
- Destello
- La trayectoria de la luz
- Reproducción cromática y apariencia luminosa
- Luz del día o luz diurna

1.13.2 Distribución de las luminancias

La respectiva distribución de la luminosidad en el área de visualización también interviene en el confort visual. Por las razones dadas, se debe prevenir lo siguiente:

- Un brillo demasiado alto puede provocar deslumbramiento.
- El contraste y también el brillo son demasiado altos, lo que provocará fatiga debido al constante ajuste de los ojos.
- Un brillo demasiado bajo y un contraste de brillo demasiado bajo harán que el entorno de trabajo sea monótono.

1.13.3 Iluminancia

La iluminación y su reparto en el área de trabajo y áreas circundantes cuentan con una gran influencia en la manera de asimilar y ejecutan sus labores visuales con un proceder rápido, seguro y cómodo.

Los valores de iluminancia que se encuentran especificados en la norma son para mantener la iluminancia y proporcionarán un medio para cumplir con los requisitos de comodidad y rendimiento visual.

1.13.4 Recomendación de iluminancias en el área de la tarea

Si la condición visual es opuesta de la suposición normal, la iluminancia se puede ajustar al menos un peldaño en los niveles de iluminancia.

En condiciones normales de iluminación, se necesitan aproximadamente 20 lux para identificar los rasgos faciales humanos, que es el valor más bajo tomado por la escala de iluminancia.

1.13.5 Iluminancias de zonas transitadas inmediatas

La iluminancia que existe en la zona circundante inmediata debe estar relacionada con la iluminancia que existe en la zona de la tarea, y debe proporcionarse una distribución de brillo equilibrada en el campo de visión.

Los grandes cambios en el alumbrado alrededor del área de la tarea pueden causar discapacidad visual y estrés.

La iluminancia del área circundante inmediata puede ser menor que la de la acción, pero no debe ser menor que el valor dado a continuación en la siguiente tabla 15.

Tabla 10. Uniformidades y relación entre luminarias [15].

Iluminación de tarea lux	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas lux
≥750	500
500	300
300	200
≤200	E_{tarea}
Uniformidad: ≥ 0,7	Uniformidad: ≥ 0,5

1.13.6 Apariencia de color

El aspecto del color de la lámpara se refiere al color visible de la luz producida. Se valora por su temperatura de color que se encuentre relacionada T_{CP} . [15]

El aspecto del color es detallado como en la siguiente tabla 11.

Tabla 11. Grupos de apariencia de color de lámparas.

Apariencia de color	Temperatura de color correlacionada T_{CP} K
Cálida	Inferior a 3 300 K
Intermedia	3 300 K a 5 300 K
Fría	Superior a 5 300 K

1.13.7 Factor de Mantenimiento

El factor de mantenimiento varia en base a la particularidad del mantenimiento de las luminarias y equipos eléctricos, las lámparas, el entorno y los programas de mantenimiento.

En este proyecto se analizará con el factor de mantenimiento con 0,89 [16], valor que se obtuvo en las unidades de propiedad del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables.

Este valor será multiplicado por 0.91 valor correspondiente a la depreciación del flujo luminoso en 10.000h, como se observa en la figura 12.

Tabla 12. Valores de factores de depreciación del flujo luminoso de las lámparas.[17]

Tipo de lámpara	Periodo de funcionamiento en horas				
	4.000 h	6.000 h	8.000 h	10.000 h	12.000 h
Sodio alta presión	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Sodio baja presión	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
Halogenuros metálicos	0,82	0,78	0,76	0,76	0,73
Vapor de mercurio	0,87	0,83	0,80	0,78	0,76
Fluorescente tubular Trifósforo	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
Fluorescente tubular Halofosfato	0,82	0,78	0,74	0,72	0,71
Fluorescente compacta	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84

$$f_m = 0.89 * 0.91$$

$$f_m = 0.8099$$

Instrumentos de medición

1.14.1 Luxómetro

Es un instrumento el cual realiza mediciones precisas siendo en lux y FootCandle. El luxómetro nos proporciona una medida de luz en el área de producción, agronomía y la averiguación. El luxómetro también se emplea para diagnosticar el alumbrado en las áreas de trabajo, interiorismo de escaparates, etc. Su método de empleo es la fijación de la distancia adecuada y el ángulo del luxómetro con respecto al elemento a realizar la medición para alcanzar las soluciones de manera precisa o casi exacta.[18]



Ilustración 9. Luxómetro - Medidor de luz.[19]

1.14.2 Distanciómetro

Su funcionamiento es detectar sin o con contacto, las longitudes, es decir, para la localización exacta de las medidas mediante láser. Diagnostica la distancia puntual ala puntada de medición; es cotizado por su fácil manejo y obtención de mediciones precisas y confiables. [20]



Ilustración 10. Distanciómetro - Medidor de distancia.[21]

CAPITULO 2

ANTIGUAS Y NUEVAS TECNOLOGIAS PARA ALUMBRADO PÚBLICO

2.1 Generalidades

En el planeta, el avance de la tecnología se desarrolla en un rango competitivo según las necesidades de la sociedad. Cuando se agote el suministro energético a la ciudad, aparecerá el concepto de crisis energética.

Un modelo económico como el actual depende de un crecimiento continuo para su funcionamiento y requiere la misma demanda creciente de energía. A menos que se descubra o desarrolle un nuevo método para obtener energía, estas son fuentes de energía alternativas. Por otro lado, el uso de las fuentes energéticas actuales, como el combustible, el gas natural o el carbón, traerá problemas como una contaminación progresiva o un aumento del efecto invernadero.

Si bien la transición a estas nuevas fuentes de energía puede ser fluida y gradual, no permitirán que continúe el actual modelo económico basado en el crecimiento sostenible y generar una conciencia de consumo más adecuada y eficaz para promover el desarrollo sostenible. Esto se basa en tres factores: economía y medio ambiente.

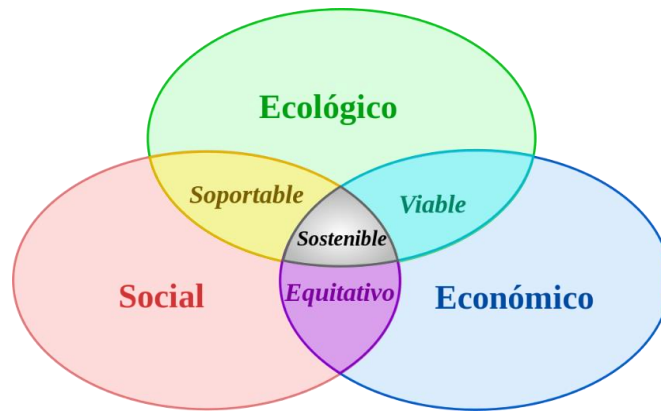


Ilustración 11. Diagrama de los tres pilares del desarrollo sostenible.[16]

Debemos interesarnos por el desarrollo tecnológico del país, evitar en lo posible su impacto en el medio ambiente, y preocuparnos por brindar equipos más eficientes para reducir el consumo de energía, como las lámparas tipo LED como una de las soluciones más inmediatas.

Cuando hablamos de tecnología de iluminación, estamos hablando del uso de luz artificial para iluminar espacios abiertos como exteriores o espacios cerrados como interiores, trabajo o con fines artísticos.

2.2 El estado actual de los servicios de alumbrado público

Los sistemas de alumbrado público tiene altas cantidades de lámparas de sodio y otras tecnologías que están a punto de terminar su vida útil, los niveles de luz que cumplen los requisitos de RETILAP consumen mucha energía, encareciendo la prestación del servicio, de modo que cada vez que el gobierno municipal cuenta con menos recursos para expandir y modernizar el sistema de alumbrado público para el gobierno municipal debe implementar la solución tecnología de iluminación LED destinada a reducir el consumo energético para reducir el impacto ambiental con una tecnología limpia para mejorar la luminosidad de las principales vías, calles y áreas residenciales con luces LED blancas.

FRECUENTES LUMINARIAS UTILIZADAS ACTUALMENTE

2.3 Lámpara de vapor de sodio a alta y baja presión

Tiene una característica principal, puede incluir la mayor parte del espectro visible y obtener luz blanca de mejor calidad que la luz blanca producida por lámparas de baja presión. El voltaje de iluminación de la lámpara es alto, pero el tiempo de encendido es corto.

Este tipo de lámpara utiliza equipos auxiliares para su funcionamiento, incluidos balastos, encendedores y condensadores encargados de compensar los consumos no funcionales y mejorar el factor de potencia. Estas luces alcanzan sus valores nominales de funcionamiento en aproximadamente cinco minutos, pero si las luces se apagan debido a una breve interrupción, deben enfriarse y el tiempo de reencendido es de aproximadamente 5 a 14 minutos para recuperarse su valor nominal de trabajo.



Ilustración 12. Lámparas de vapor de sodio alta presión.

Fuente: Ficha técnica AMBAR.[22]

Vapor de sodio a alta presión

En esta clase de luminaria se diferencia de las luminarias de presión baja en que almacenan una mayor cantidad de sodio, y estas lámparas tienen una mayor cantidad, y además de esta composición, también contienen mercurio y xenón, lo que hace que la iluminación de la lámpara a su vez, pasan El arco de descarga se genera para limitar el aumento de calor en la pared del tubo. Este tipo de lámpara se utiliza para iluminación exterior porque su espectro visible tiene alta calidad para el objeto iluminado.

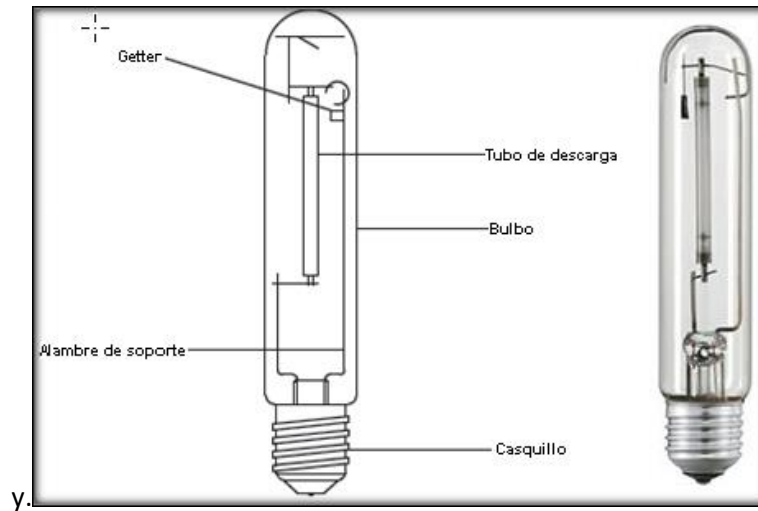


Ilustración 13. Lámpara de sodio a alta presión. [18]

- Datos técnicos:

La información de la siguiente tabla 6, expreso los valores más frecuentes en este tipo de luminarias.

Tabla 13. Especificaciones - luminarias de vapor de sodio de alta presión.

ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN			
POTENCIA NOMINAL (W)	150	250	400
HERMETICIDAD	IP65		IP66
TIEMPO DE VIDA MIN DEL FOCO(h)	32000		
FLUJO LUMINOSO MÍN DEL FOCO(Lm)	17200	33000	55000

- **Ventajas**
 - Alta eficiencia lumínica
 - Rendimiento de color aceptable para muchas aplicaciones comunes, especialmente aplicaciones al aire libre.
 - Vida media y vida útil elevadas.
 - Pueden funcionar en cualquier posición de funcionamiento, independientemente de la temperatura.
 - El precio es moderado, aunque más alto que el del mercurio a alta presión.

- **Desventajas**
 - No se pueden utilizar en aplicaciones en las que se prioriza el rendimiento del color.
 - Tienen una apariencia cálida y pueden causar rechazo psicológico bajo niveles de iluminación muy altos, especialmente en interiores.

2.4 Luminarias LED

Se entiende por fuente de luz LED (Light Emitting Diode) una especie de diodo, que está compuesto por varios materiales semiconductores capaces superpuestos, que cuando están correctamente polarizados emitirán luz de una o más longitudes de onda. Un diodo es un dispositivo que permite que la corriente pase en una dirección, y su circuito correspondiente está encapsulado en una carcasa de plástico, epoxi o cerámica según diferentes tecnologías.

Cabe recalcar que las luminarias LED, en la ciudad de Cuenca no son tan comunes todavía, salvo en áreas que han sido remodeladas o recién construidas, ya que de inicio sus bases y el proyecto como tal ya está contemplado con esta nueva tecnología.



Ilustración 14. Luminarias LED(Light Emitting Diode).

Fuente: Ficha técnica AVENTO LED.[23]

Las luces LED están ensambladas por un grupo de diodos emisores de luz, lo que significa que este tipo de luz está compuesta por una cierta cantidad de LED, este número se basa en la fuente de luz que se desea lograr en comparación con otros usos comunes, como el fluorescente. Lámparas y lámparas incandescentes. Este tipo de lámpara también se caracteriza por su estado sólido.

En la actualidad, las luces LED tienen muchos usos. Por su amplio rango de uso, cubren casi todos los campos de luz. Por lo tanto, este tipo de luz tiene las ventajas del ahorro energético, que es su mayor aportación, así como una larga vida útil y rápida velocidad. Está diseñado para encendido y apagado continuo, es decir, funciona con un esfuerzo considerable, y su desventaja más significativa es su alto costo en comparación con otras lámparas del mercado.

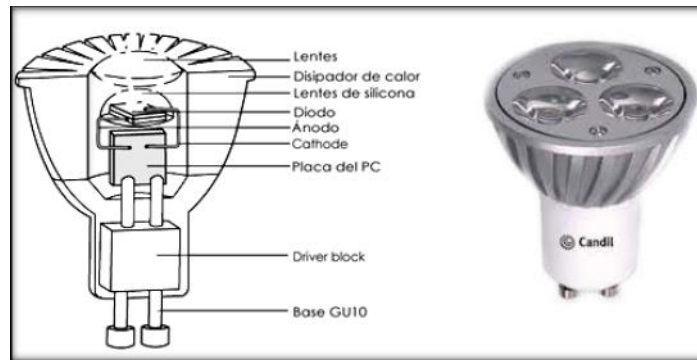


Ilustración 15. Lámpara LED.[18]

- Datos técnicos:

La información de la siguiente figura 14, expreso los valores más frecuentes en este tipo de luminarias.

Tabla 14. Especificaciones particulares de luminarias LED.

ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE LAMPARAS LED			
POTENCIA NOMINAL (W)	146	250	400
HERMETICIDAD	IP66		
VIDA ÚTIL MINIMA DE LA BOMBILLA(horas)	100,000h		
FLUJO LUMINOSO MINIMO DE LA BOMBILLA(Lúmenes)	18800	32900	55000

Como todo, estas luminarias también cuentan con sus ventajas y desventajas, siendo estas las siguientes:

- **Ventajas**
 - Flujo luminoso eficiente
 - Ahorro de energía

- Mayor vida útil
- Incremento de velocidad de arranque

- **Desventajas**

- Precios condicionalmente altos
- Innovaciones de tecnologías constantes

La diferencia entre las dos fuentes de luz es desde la construcción hasta el uso final, y debido a las características de la fuente de sodio, en este caso una bombilla, obviamente producirá desperdicio de luz, ya que emite luz en todas direcciones, lo que la hace ineficiente, concentra toda la energía generada en el área a iluminar, y debido a la estructura del led, todo el flujo luminoso generado se puede dirigir directamente al área objetivo.



Ilustración 16. Emisión de flujo luminoso generado por las fuentes.

- **Comparación de luminarias**

A continuación, presentaremos una tabla en la cual existe una comparativa entre las luminarias aún frecuentes en el mercado y la nueva tecnología de alumbrado público:

Tabla 15. Características de las luminarias para alumbrado público. [24]

Características	Vapor de sodio alta presión	LED de alta potencia
Vida útil (horas)	25,000	>50,000
Eficacia (lm/W)	60	110
Mantenimiento de lúmenes	Malo	Bueno
Índice de rendimiento de color	46%	70-90%
Características	Vapor de sodio alta presión	LED de alta potencia

Además de las características señaladas en la luminaria LED, es necesario citar que las propiedades que más resaltan para este tipo de luminarias son: alto índice de rendimiento de color, resistencia a los encendidos y apagados continuos, larga vida útil, arranque instantáneo, entre otras características esenciales que son fundamentales para una mejor eficiencia energética, además, las lámparas LED son amigables con el ambiente, pues no contienen ni plomo ni mercurio, así que no contaminan con residuos tóxicos al mismo. Por ende, este tipo de luminarias están llamadas a reemplazar a las tradicionales luminarias de vapor de sodio que actualmente se usan.[25]

CAPITULO 3

METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo propuesto originalmente, es necesario obtener información del Geoportal y posteriormente de ArcGis, la cual nos facilitará según la configuración de salida de datos, información clave para poder realizar los cálculos de iluminancia los cuales según la normativa serán verificados si se encuentran en el rango óptimo o no.

3.1. Tipos de Investigación

Tipo exploratoria, se realizó uno de los primeros acercamientos para obtener un dato en específico(iluminancia) en base a extracción de datos y a partir de ellos hacer una evaluación importante para una toma de decisiones o próximos estudios.

Tipo de campo, se realizaron mediciones de iluminancia en ciertos puntos según la potencia de las luminarias para poder validar el método de a utilizar y comprar valores medidos y calculados.

3.2 Métodos

Método analítico-sintético, utilizados para simplificar la información obtenida de Internet, catálogos y libros para una mejor comprensión.

Se utiliza para concretar el marco teórico, en el que es necesario utilizar varios documentos analizados.

Método inductivo-deductivo, se utilizó para deducir el contenido general o la teoría que se ha demostrado y para desarrollar una forma explicativa para explicar el tema de investigación.

3.3 ArcGIS

3.3.1 Definiciones de un GIS o SIG

Un conjunto de hardware, software, datos geográficos, personas y procedimientos; organizados para capturar, almacenar, actualizar, manejar, analizar y desplegar eficientemente rasgos de información referenciados geográficamente. [26]

Es un sistema capaz de guardar y utilizar datos que describen lugares en la superficie terrestre.

El conjunto de datos de los sistemas de información geográfica, contiene coordenadas e información sobre atributos y facilita la manipulación de datos geográficos para su posterior análisis.

Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario. El sistema está disponible en cualquier lugar a través de navegadores Web, dispositivos móviles como smartphones y equipos de escritorio.[26]

3.3.2 Prestaciones en diferentes comunidades de usuarios

Personas en miles de organizaciones en muchas industrias diferentes usan ArcGIS en una variedad de aplicaciones, que incluyen planificación y análisis, administración de activos, comprensión de cómo funcionan las operaciones, operaciones de campo (como inspecciones móviles y respuestas de implementación), investigación de mercado, administración de recursos, logística, educación y publicidad. Generalmente, las personas usan ArcGIS porque les permite:

- Resuelve este problema
- Toma mejores decisiones
- Planificación razonable
- Utilice los recursos de manera más eficiente
- Anticípese y gestione los cambios
- Gestione y ejecute operaciones de forma más eficaz
- Promover la colaboración entre equipos, disciplinas e instituciones
- Incrementar la comprensión y el conocimiento
- Comunicarse de manera más eficaz
- Educar e inspirar a otros

3.3.3 Usos del ArcGIS

- Crear, compartir y utilizar mapas inteligentes
- Compilar información geográfica
- Crear y administrar bases de datos geográficas
- Resolver problemas con el análisis espacial
- Crear aplicaciones basadas en mapas
- Dar a conocer y compartir información mediante la geografía y la visualización

3.4 Extracción de información

Para la recopilación de información ingresamos a la página de la Centro Sur(<https://geoportal.centrosur.gob.ec/geoinformacion/>), en la cual nos dirigiremos al apartado de Geoportal en la cual se identificará la zona la cual se va a intervenir, posterior a esto nos dirigimos al apartado que dice AUTOCAD, en la cual se encontraran varias zonas según las calles que se desean, en nuestro caso el área a estudiar corresponde al archivo llamado **SE-04_0421_22_23_24_26**.

Una vez obtenido el AutoCAD del área que será estudiada siendo delimitados por Avenida de las Amerizas, Calle Luis Cordero, Héroes de Verdeloma y Calle Armenillas, teniendo clara el área se procede a eliminar los excesos de calles como se muestra en la figura 10, preparando nuestro archivo para poderlo importar como paso siguiente al

ArcGIS, software que nos facilitará la información necesaria en una exportación a excel para el respectivo uso, explicando a detalle en el siguiente punto.



Ilustración 17. Plano de la zona a intervenir.

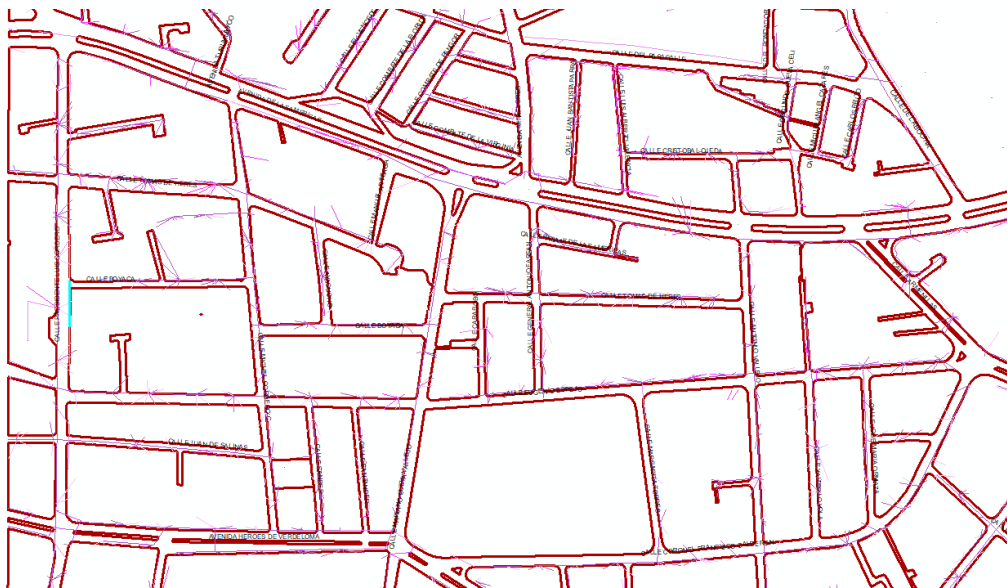


Ilustración 18. Área en AutoCAD importada en ArcGIS.

3.5 Parámetros

Se verificará según la información extraída, datos importantes y específicos de las luminarias entre los más importantes que son:

3.5.1 Nombre de calles: Esta información representa en que calle se encuentra la luminaria.

NOMBRE
CALLE PRESIDENTE LUIS CORDERO
CALLE PRESIDENTE LUIS CORDERO
CALLE ALBERTO MUÑOZ VERNAZA
CALLE ALBERTO MUÑOZ VERNAZA
CALLE EUGENIO ESPEJO
CALLE EUGENIO ESPEJO
CALLE EUGENIO ESPEJO
CALLE RAFAEL MARIA ARIZAGA
CALLE MARIANO CUEVA VALLEJO
CALLE MARIANO CUEVA VALLEJO
CALLE MARIANO CUEVA VALLEJO
CALLE MARIANO CUEVA VALLEJO
CALLE MARIANO CUEVA VALLEJO
CALLE MARIANO CUEVA VALLEJO
CALLE MARIANO CUEVA VALLEJO
CALLE MARIANO CUEVA VALLEJO
AVENIDA HEROES DE VERDELOMA

Ilustración 19. Nombres de las calles a intervenir.

3.5.2 Número de poste: Indica numeración del poste ubicado.

Número de Poste
51508
51509
51510
252733
252732
252731
252730
266062

Ilustración 20. Número de postes de zona a ser intervenida.

3.5.3 Código de luminaria: Es el código que identifica la luminaria en cuestión.

Código de luminaria
91225
91226
91227
91166
91167
91168

Ilustración 21. Códigos de luminaria.

3.5.4 Código de estructura de luminaria: Este código indica información de la luminaria como su ubicación(poste o fachada) potencia, su red(aérea o subterránea).

Código de Estructura
LDPS250ADC
LDPS250ADC
LDPS250ADC

Ilustración 22. Códigos de estructura de luminaria.

- Interpretación de código de luminaria

Código: LDPS250ADC

Tabla 16. Interpretación de código de postes.

UP	TIPO	FUENTE DE LUZ	POTENCIA (W)	CONTROL	NIVEL DE POTENCIA	FORMA
Luminaria 240V	P= En pote con red aérea desnuda	M= Mercurio S= Sodio L= Led	70	A= Autocontrolada P= Sistema con Hilo Piloto	C= nivel de potencia constante D= Doble nivel de potencia	C= Cerrada A= Abierta
	O= En poste con red aérea preensamblada		100 125 150 175			
Proyector 240V	F= En fachada con red aérea preensamblada A= En fachada con red subterránea.	H= Halogenuro metálico	200 250 400 1000			

3.5.5 **Código de estructura poste:** Este código indica información del poste como su tipo (poste de hormigón armado rectangular/circular, báculo, plástico fibra de vidrio circular, metálico circular/ornamental, madera circular), su red (aérea o subterránea), altura y carga de rotura.

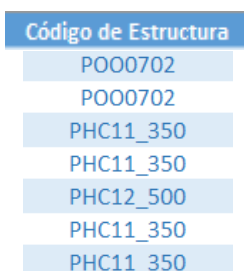


Ilustración 23. Códigos de estructura de luminaria.

- Interpretación de código de poste

Código: PHC11_350

Tabla 17. Interpretación de código de poste.

UP	TIPO	FORMA	ALTURA (m)	CARGA DE ROTURA (kg)
P POSTE	H= Hormigón armado P= Plástico fibra de vidrio M= Madera E= Metálico	C= Circular	9	350
		R= Rectangular	10	400
		H= Forma H	11	475
		T= Torre	12	500
		O= Ornamental	13	600
			14	675
			15	1000

Nota: La descripción de los códigos se encuentran en Unidades de propiedad (<https://www.unidadespropiedad.com>).

3.5.6 **Potencia de luminaria:** Indican la potencia de cada luminaria a intervenir siendo los valores más frecuentes 100W, 150W, 175W, 250W, 400W.

Potencia (W)
250
400
250
150

Ilustración 24. Potencia de luminaria.

3.5.7 **Tipo Uso poste:** Esta información se refiere a la utilización del poste, indica su función como: Red(baja, media baja), tensor, semaforización, alumbrado público.

Tipo Uso Poste
Baja
Alumbrado Público
Alumbrado Público
Alumbrado Público
Semaforización
Media Baja
Alumbrado Público
Media Baja
Alumbrado Público
Alumbrado Público
Media Baja
Media Baja
Baia

Ilustración 25. Tipo uso de poste.

3.5.8 **Fecha de Construcción:** Este valor es referente a la fecha en la que se llevó a cabo el montaje o ubicación del poste o luminaria.

3.5.9 Fecha de Activación: Este valor es referente a la fecha en la que se activó la luminaria, partiendo de esta fecha la actividad de la misma.

3.5.10 Subtipo: Indica el tipo de luminaria, siendo sodio cerrada que es la más frecuente como también Proyector Metal Halide, LED.

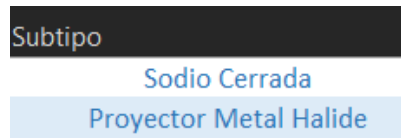


Ilustración 26. Subtipo

3.5.11 Ubicación(Puntos x, y): Valores de información geográfica del poste o luminaria(coordenadas).

POINT_X	POINT_Y	Luminaria_POINT_X	Luminaria_POINT_Y
722643,8586	9680955,17	722643,9778	9680956,241
722774,128	9680192,678	722773,7833	9680192,315
722756,3692	9680217,177	722756,1791	9680217,539

Ilustración 27. Valores X y Y(Coordenadas de luminarias y postes).

***Nota:** Los puntos antes mencionados son a consecuencia de la configuración de salida de datos directamente de ArcGis, exportados a Excel.*

3.5.10 Distancia: Este valor es obtenido de manera manual, es decir se ubicó la calle, y se realizó mediciones de longitud de calzada con la herramienta proporcionada en ArcGIS, obteniendo los siguientes valores:

Distancia (m)
11,775
11,775
11,775
12,46

Ilustración 28. Distancias medidas.

3.5.11 Datos constantes:

Se debe tener muy claro que para obtener como resultado la iluminancia existen datos que varían según la información del ArcGIS, los datos calculados que se encuentran posteriormente con su explicación y los datos que son constantes como se muestran en la tabla 18:

Tabla 18. Datos constantes.

DATOS CONSTANTES		
Descripción	Valor	Unidad
Acera	3	m
Potencia 1	150	W
Flujo Luminoso 1	16292	Lúmenes
Potencia 2	250	W
Flujo Luminoso 2	33200	Lúmenes
Factor de Mantenimiento	0,81	
Eficiencia en ambiente moderado	0,8329	
Grado de reflexión del hormigón oscuro	0,25	

Cálculos

3.5.12 Altura de las luminarias

Es muy importante tener en cuenta el siguiente cálculo, el cual nos ayudara a tener un valor más certero en cuanto a la distancia de la luminaria instalada en el poste partiendo de su valor inicial de altura en el código principal del mismo.

Tabla 19. Alturas de las luminarias.

ALTURA PROMEDIO DE LAS LUMINARIAS				
Altura del poste (H)	Longitud de empotrado del poste $0,1 \cdot H + 0,5$	Sujeción de abrazadera de brazo a la punta del poste	Ganancia promedio de altura de la luminaria por brazo	Altura de montaje de luminaria $A - B - C + D = h$
A	B	C	D	h
9	1,4	0,1	0,7	8,2
11	1,6	0,1	0,7	10
12	1,7	0,1	0,7	10,9
14	1,9	0,1	0,7	12,7
15	2	0,2	0	12,8
18	2,3	0,2	0	15,5

3.5.13 Interdistancias entre luminarias

Para obtener este valor de la interdistancia aplicamos la fórmula de la distancia partiendo de los puntos GPS, ubicando primero que distancia es la que deseamos obtener, con estos datos separamos el valor de los mismo como se observa en la siguiente tabla 9:

Para obtener el valor de la distancia se aplica la siguiente formula:

Para $P_1 = (x_1, y_1)$ y $P_2 = (x_2, y_2)$ siendo la distancia

$$d(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Ejemplo:

Tabla 20. Ejemplo de estructura de fórmula de la distancia con sus resultados.

X2-X1	Y2-Y1	(X2-X1)^2	(Y2-Y1)^2	INTERDISTANCIA (m)
11,560252	-16,542503	133,6394263	273,6544055	20,18152204
-11,560252	-16,457503	133,6394263	270,849405	20,1119077
11,373127	-17,542003	129,3480178	307,7218693	20,90621647

Para obtener el valor de la distancia se aplica la siguiente formula:

Para $P_1 = (x_1, y_1)$ y $P_2 = (x_2, y_2)$ siendo la distancia

$$d(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

3.5.14 Factor de Utilización

Una vez determinados los coeficientes A/h y con ayuda de los gráficos suministrados por el fabricante obtendremos los valores del factor de utilización que usaremos en los cálculos.

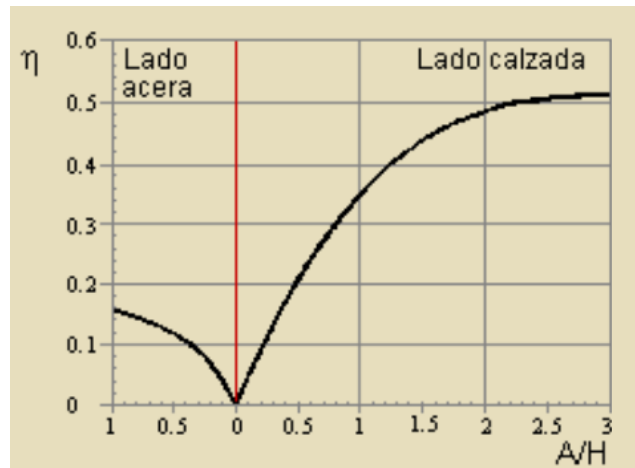


Ilustración 29. Curva del factor de utilización.

Para ejemplificar de manera practica este paso muy importante para llegar al valor del factor de utilización, se realizará el siguiente ejemplo para un mejor entendimiento:

Datos:

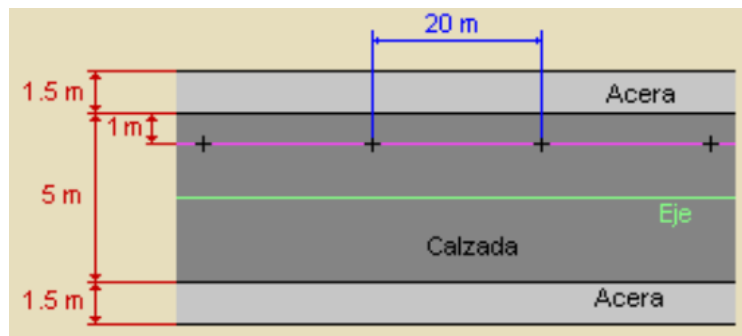


Ilustración 30. Dimensiones de acera y calzada.

- **Factor de utilización de la vía:**

La vía comprende la calzada y las dos aceras.

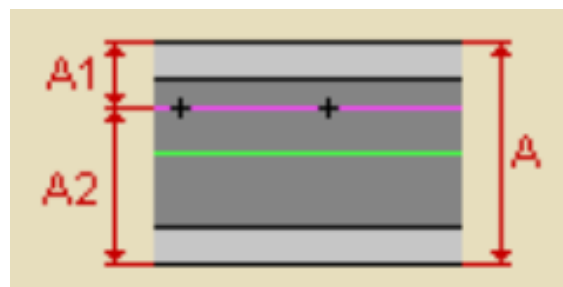


Ilustración 31. Delimitaciones de A.

$$\frac{A_1}{h} = \frac{2.5}{10} = 0.25 \Rightarrow \eta_1 = 0.12$$

$$\frac{A_2}{h} = \frac{5.5}{10} = 0.55 \Rightarrow \eta_2 = 0.22$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\eta = 0.12 + 0.22$$

$$\eta = 0.32$$

- **Factor de utilización de la calzada:**

Ahora nos piden el factor de utilización de la calzada. Es decir, de la vía sin las aceras.

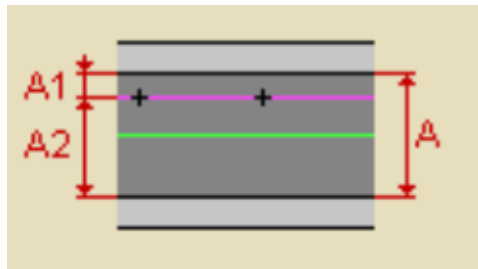


Ilustración 32. Dimensiones de A.

$$\frac{A_1}{h} = \frac{1}{10} = 0.1 \Rightarrow \eta_1 = 0.04$$

$$\frac{A_2}{h} = \frac{4}{10} = 0.4 \Rightarrow \eta_2 = 0.16$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\eta = 0.04 + 0.16$$

$$\eta = 0.20$$

- Factor de utilización de la acera opuesta a las luminarias:

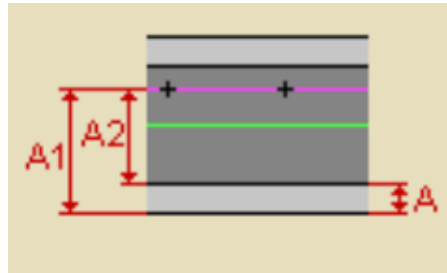


Ilustración 33. Dimensiones de A.

$$\frac{A_1}{h} = \frac{55}{10} = 0.55 \Rightarrow \eta_1 = 0.22$$

$$\frac{A_2}{h} = \frac{4}{10} = 0.4 \Rightarrow \eta_2 = 0.16$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\eta = 0.22 - 0.16$$

$$\eta = 0.06$$

- Factor de utilización de la acera más próxima a las luminarias:

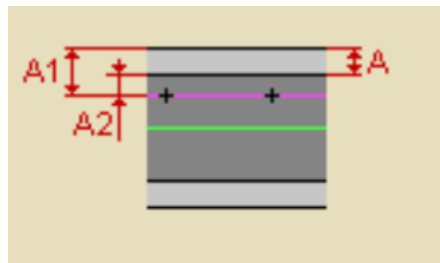


Ilustración 34. Dimensiones de acera.

$$\frac{A_1}{h} = \frac{2.5}{10} = 0.25 \Rightarrow \eta_1 = 0.12$$

$$\frac{A_2}{h} = \frac{1}{10} = 0.1 \Rightarrow \eta_2 = 0.04$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

$$\eta = 0.12 - 0.04$$

$$\eta = 0.08$$

Nota: Los valores de ancho de calzada y acera, variará según la calle a analizar.

3.5.15 Iluminancia media:

Una vez determinados los factores de utilización de cada zona (calzadas, aceras, etc.) es posible determinar su iluminancia media aplicando la fórmula:

$$E_m = \frac{\eta * f_m * \Phi_L}{A * d}$$
$$E_m = \frac{0.20 * 0.8 * 33300}{8 * 20}$$
$$E_m = 33.3 \text{ lux}$$

E_m : Iluminancia media

η : Factor de utilización

f_m : Factor de mantenimiento

Φ_L : Flujo luminoso de la lampara

A: es la anchura a iluminar de la calzada que en disposición bilateral pareada es la mitad (A/2) y toda (A) en disposiciones unilateral y tresbolillo.

d: Separación entre luminarias

Unilateral o tresbolillo	A
Bilateral	A/2

3.5.16 Flujo luminoso con pérdidas

Debemos tomar en cuenta que el valor del flujo luminoso nos da resultado al realizar la multiplicación entre el flujo luminoso según la potencia de la luminaria por uno de los datos constantes, que es la eficiencia en ambiente moderado siendo 0.7161 en el caso de la luminaria de 150W y 0.8329 para la de 250W, como se observa en la siguiente tabla 21.

Tabla 21. Cálculo de flujo luminoso con pérdidas.

FLUJO LUMINOSO CON PÉRDIDAS			
Potencia (W)	Flujo Luminoso sin pérdidas	Eficiencia de la lámpara	Flujo luminoso con perdidas
150	16292	0,7161	11666
250	33200	0,8329	27652

3.5.17 Método de los nueve puntos

En este caso utilizamos este método de cálculo, llamado método de los nueve puntos, el cual nos ayudara a validar la iluminancia media en base a la información extraída del ArcGIS.

El método numérico se basa en la idea de que no es necesario calcular la iluminancia de todos los puntos de la carretera para obtener un concepto preciso de la distribución de la luz, sino que es suficiente realizar cálculos en varios puntos representativos denominados nodos. divide el área a estudiar en pequeños bloques llamados dominios, cada bloque pequeño tiene su correspondiente nodo, asumiremos que la iluminación es uniforme. La iluminancia total de la carretera se calculará como la media ponderada de la iluminancia de cada dominio.

El número de particiones que hagamos dependerá de la precisión que queramos conseguir. En nuestro ejemplo usaremos el estándar de nueve puntos, que es el más simple, aunque el mecanismo de trabajo es siempre el mismo sin importar cuántos dominios tengamos.

Para la explicación de este método tomaremos el siguiente ejemplo:

Un tramo de vía recta unilateral de las luminarias, con un distanciamiento entre las mismas como se ve a continuación:

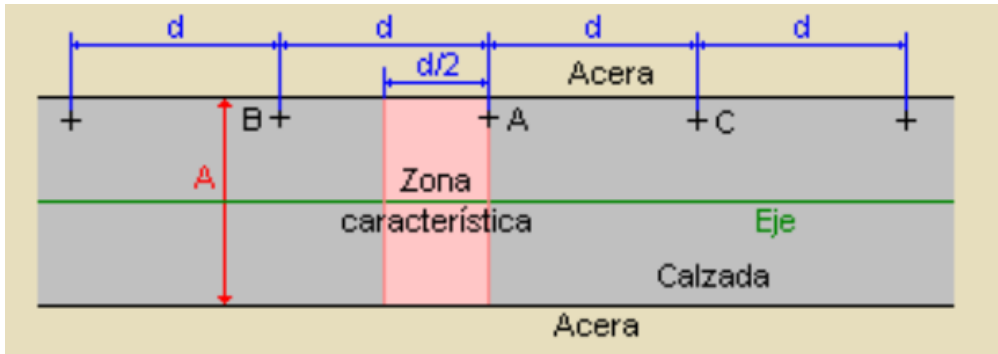


Ilustración 35. Vía con luminarias unilaterales y su distanciamiento.[12]

En las vías rectas y de medidas constantes, existen simetrías como en la siguiente figura, lo cual facilita realizar el cálculo de las iluminancias en la zona determinada, en el resto de la vía los valores serán repetitivos.

Para proceder a realizar los cálculos dividimos el área a intervenir en 9 dominios como se presenta a continuación:

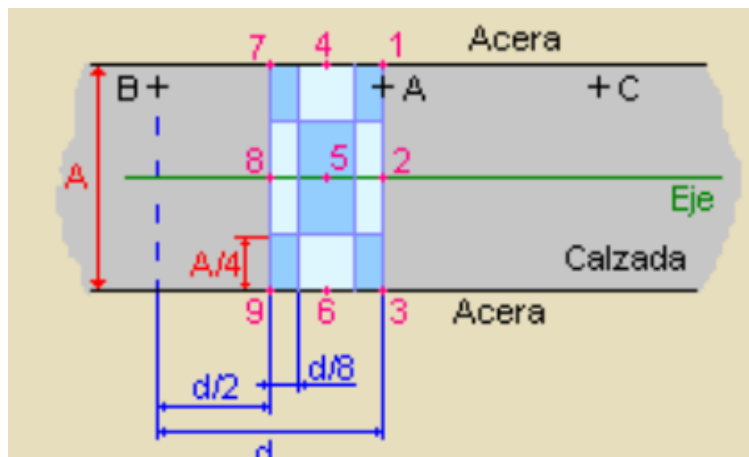


Ilustración 36. Distribución de punto unilateral.[12]

Se puede demostrar fácilmente que las expresiones E_m anteriores también se aplican para las disposiciones tresbolillo y bilateral pareada.

Para calcular la iluminancia en cada nodo, solo consideraremos la contribución de la luminaria más cercana, ignorando los pequeños efectos restantes.

Para obtener los valores debemos aplicar la siguiente fórmula:

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

3.5.17 Método de los nueve puntos aplicado en el área intervenida

Se procedió a aplicar este método en dos calles siendo estas, la Calle Antonio Vallejo con luminarias de 250W y Tomas de Heres de 150W. Se realizó la toma de datos y la sustitución en la fórmula como se muestra a continuación:

- Medición Calle Antonio Vallejo 250W:

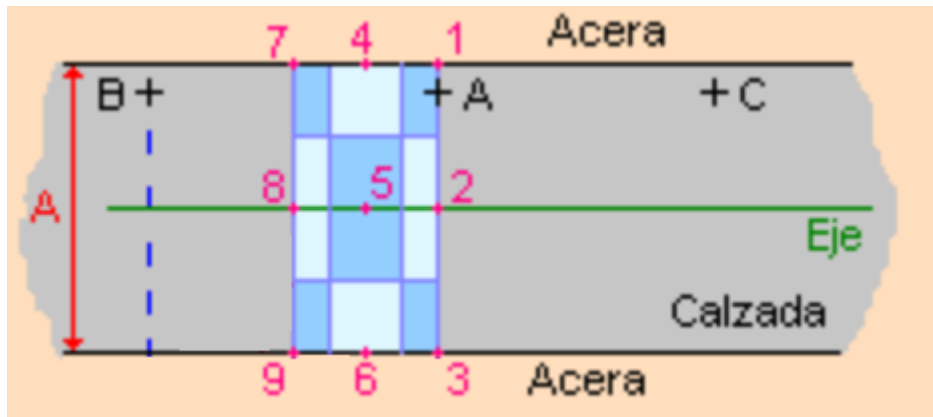


Ilustración 37. División de la calle Antonio Vallejo para aplicación del método.

Tabla 22. Valores obtenidos en medición, Calle Antonio Vallejo.

#	Medidas en lux
1	47.5
2	73
3	44.8
4	14.7
5	33
6	28.2
7	4.5
8	8.6
9	10.3

Reemplazo de valores en fórmula del método de los nueve puntos:

$$E_m = \frac{47,5 + 2(73) + 44,8 + 2(14,7) + 4(33) + 2(28,2) + 4,5 + 2(8,6) + 10,3}{16}$$

$$E_m = 30,518 \text{ lux}$$

- Medición Calle Tomás de Heres 150W:

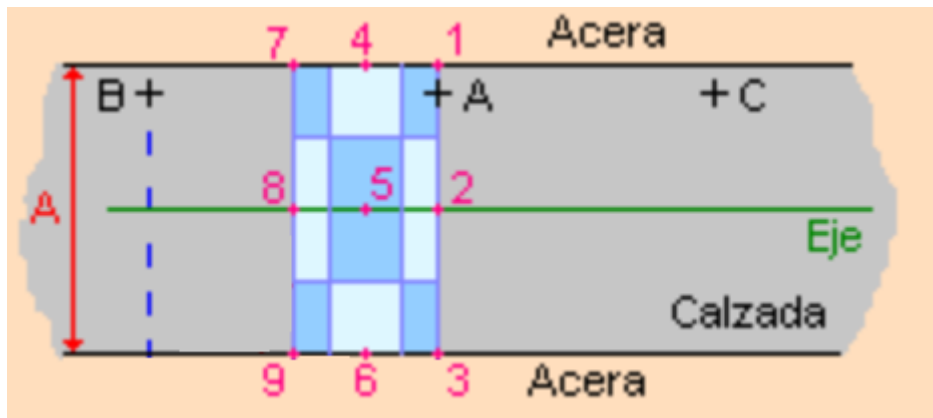


Ilustración 38. División de la Calle Tomás de Heres para aplicación del método.

Tabla 23. Valores obtenidos en medición, Calle Tomás de Heres.

#	Medidas en lux
1	17,5
2	22,9
3	3,1
4	5,5
5	7,9
6	5,6
7	2,3
8	3
9	11,8

Reemplazo de valores en formula del método de los nueve puntos:

$$E_m = \frac{17,5 + 2(22,9) + 3,1 + 2(5,5) + 4(7,9) + 2(5,6) + 2,3 + 2(,) + 11,8}{16}$$

$$E_m = 8,768 \text{ lux}$$

CAPÍTULO 4

SIMULACIONES

4.1 Introducción software ULYSSE 3

Ulysse 3 es un software libre, diseñado por Schereder, en específico para exteriores utilizado para diseño optimizado para vías y otros sistemas de iluminación parecido al Dialux, pero este software es especializado para alumbrado público.

Tiene certificación del laboratorio, con metodología de cálculo de la CIE 140, siendo el único software con el que se puede presentar un diseño cumpliendo las unidades de propiedad aptos para la empresa eléctrica.

Tiene varias herramientas, realizando cálculo de alumbrado público, parques, plazas y vías ya sea con el asistente o manual.

Características:

- Software optimizado para vías
- Diseño en ambientes deportivos y parques
- Generación de reportes
- Cumple y este certificado con los estándares existentes:
 - CIE 140:2000
 - CIE 115:2010
 - EN 13201:2003 & 2015
 - IES RP-8-14

El software Ulysse, constantemente tiene actualizaciones, es importante tenerlo actualizado ya que si se mantiene una versión antigua las luminarias podrían estar caducas o en el peor de casos ya inexistentes ya que la tecnología avanza rápidamente y al tener el programa actualizado no habrá inconvenientes.

4.2 Simulación en ULYSSE 3, de la calle Antonio Vallejo

En el excel de cálculos realizado tenemos el valor de 27,585 lux, de luminaria de 250W, modelo ONYX 3 1399 SON-T 250W 922636, teniendo como interdistancia 41m, el cual en el software nos deberá entregar el mismo o similar valor para validar que la metodología empleada sea la correcta.

CALLE ANTONIO VALLEJO							
LITERAL	FACTOR DE UTILIZACIÓN	Flujo Luminoso con pérdidas (Lúmenes)	Ancho de la Vía (m)	Interdistancia (m)	ILUMINANCIA (lux)	N.Poste	Código de luminaria
1	0,484777487	27652,28	9,46	41,31421367	27,78227338	309112	91858
2	0,484777487	27652,28	9,46	47,67436999	24,07588771	50517	91857
3	0,488161576	27652,28	9,46	42,94210406	26,91566414	228625	91856
4	0,488161576	27652,28	9,46	44,80503907	25,79654597	228626	91631
5	0,488161576	27652,28	9,46	41	28,19061585	228632	91630
6	0,488161576	27652,28	9,46	40,35012373	28,64465194	228633	91629
7	0,488161576	27652,28	9,46	46,25893943	24,98577062	228635	91892
8	0,488161576	27652,28	9,46	40,49515133	28,54206521	228636	91889
9	0,488161576	27652,28	9,46	28,50761059	40,54409423	50509	91900
10	0,488161576	27652,28	9,46			252736	91915

Ilustración 39. Valor de iluminancia total en la calle Antonio Vallejo.

En el área del diseño en el software realizamos la recreación con medidas exactas o similares al de excel de cálculos y su respectiva distribución de acera 1, calzada, acera 2 y finalmente la luminaria como se muestra en la siguiente figura.

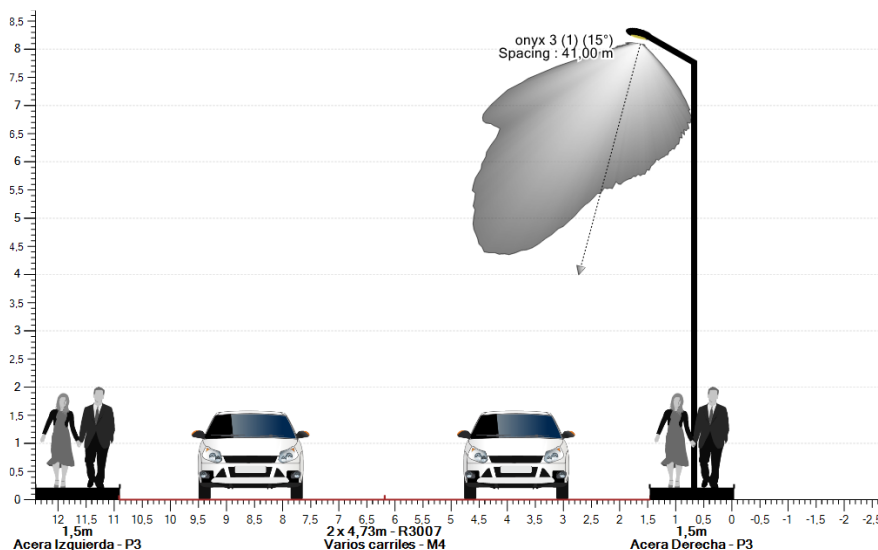


Ilustración 40. Vista 2D del diseño de simulación en el software.

Es importante aclarar que esta simulación está realizada en modo asistente de soluciones de ULYSSE 3, como se observa en las siguientes figuras se obtuvo los valores de 27,7 lx, valor simulado y el valor calculado de 27,585 lx, demostrado en la figura 48, valida la metodología empleada.

Illuminancia Z positive - Min 6,3 lx Max 80 lx Med 27,7 lx Min/Max (%) 8 % Min/Med (%) 23 %

Ilustración 41. Resumen de valores obtenidos en Ulysse.

4.3 Reporte de simulación

onyx 3 (1)

Tipo ONYX 3 1399 SON-T 250 W 922636

Fuente SON-T 250 W

Flujo de lámpara 33,200 klm

Potencia 250,0 W

FM 0,81

Matriz onyx 3

Flujo luminaria 27,653 klm

Eficiencia 111 lm/W

Ilustración 42. Especificaciones técnicas de luminaria simulada.

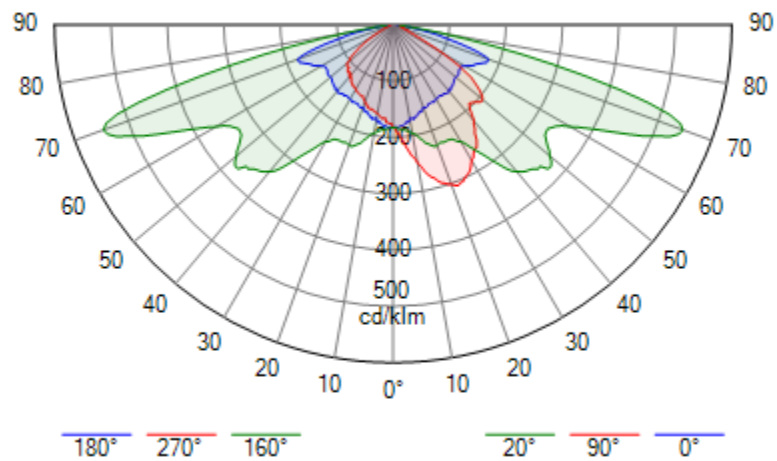


Ilustración 43. Fotometría de luminaria ONYX 3 – Diagrama Polar/ ULYSSE.

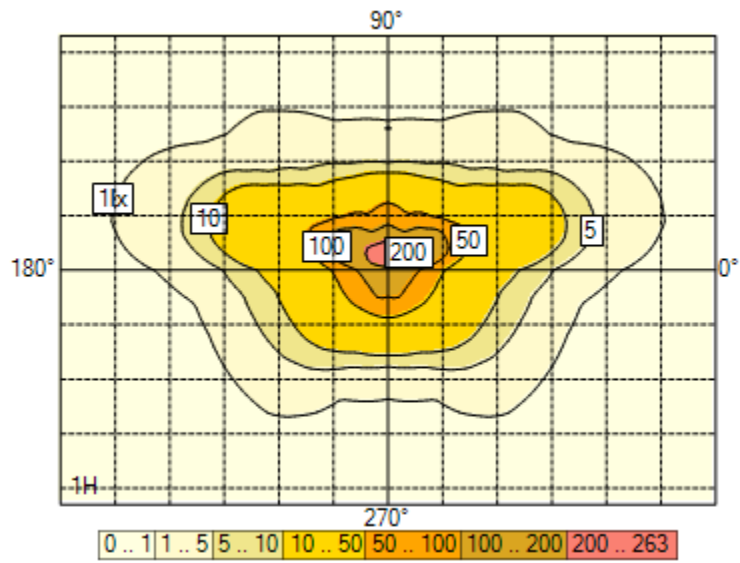


Ilustración 44. Curva isolux de luminaria ONYX 3, simulada.

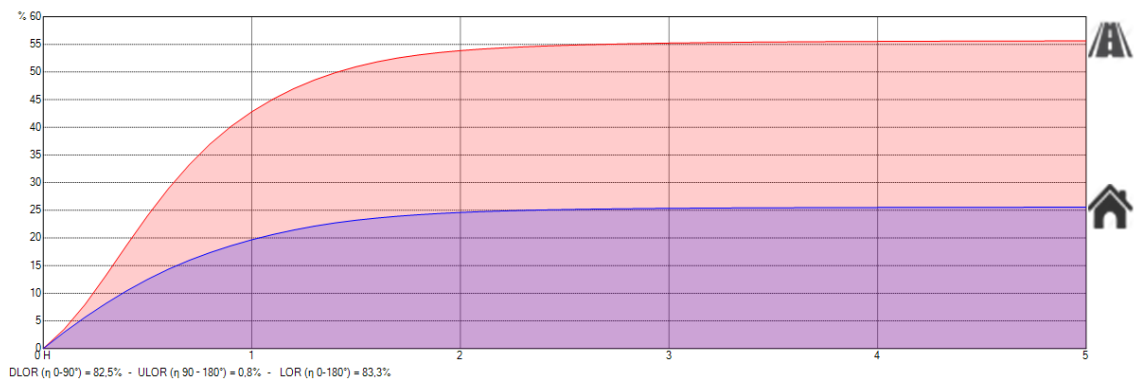


Ilustración 45. Curva de utilización.

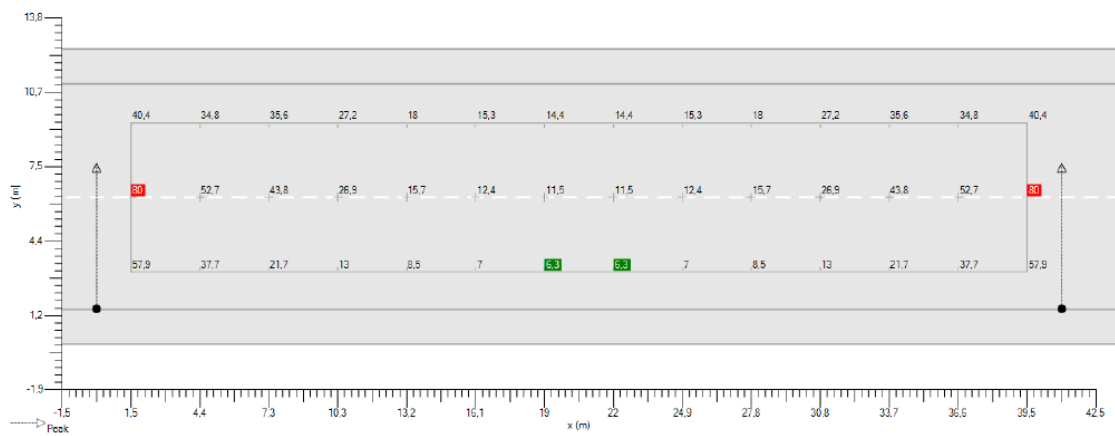


Ilustración 46. Valores de iluminancia en la calle Antonio Vallejo.

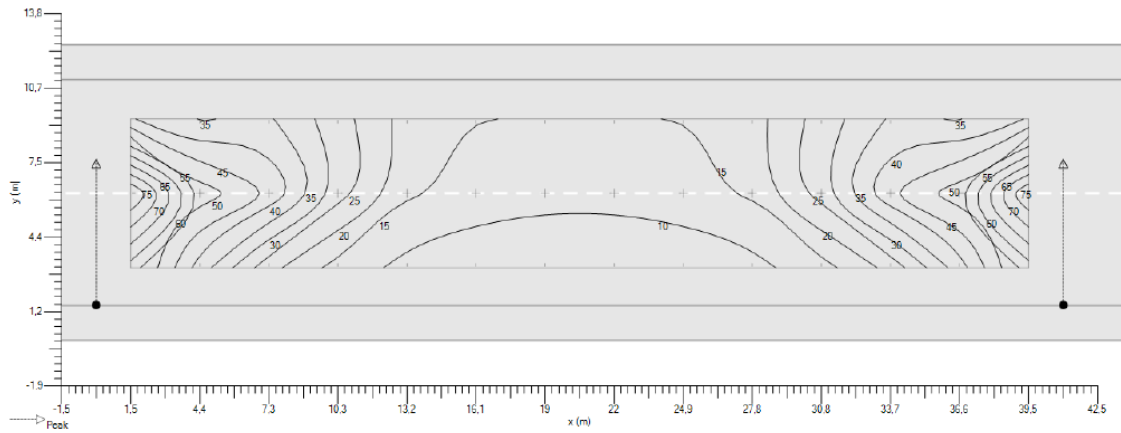


Ilustración 47. Isolevel de la luminaria de sodio alta presión simulada.

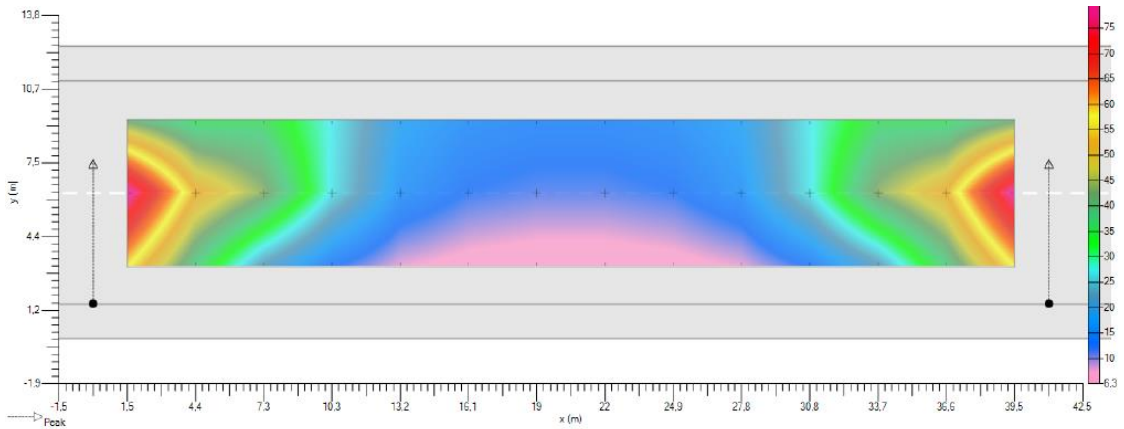


Ilustración 48. Sombreado – Temperatura del color del área simulada.

Varios carriles (LU)

M4 (LU : Ave = 0,75 cd/m² Uo = 40 % UI = 60 % UoW = 15 % TI : 15 % SR : 0,50)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (A) (cd/m ²)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	UL (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60,00; 3,87; 1,50)	1,50	65	36	0,98	2,69	48 %
Dynamic cross section - Observador 2 (-60,00; 8,60; 1,50)	1,67	46	27	0,77	2,86	66 %



Ilustración 49. Resumen de valores analizados.

4.4 Reporte de simulación en DIALux EVO 9.2, de la calle Antonio Vallejo

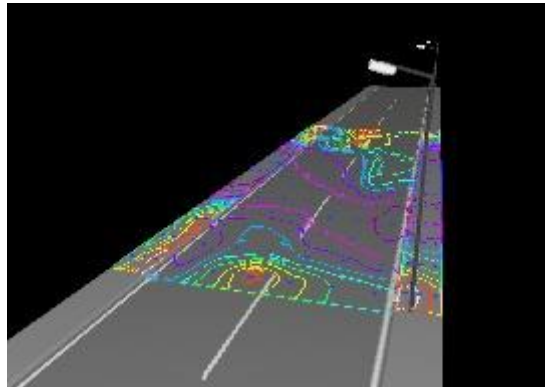


Ilustración 50. Calle Antonio Vallejo simulada en DIALux.

P	250.0 W
$\Phi_{\text{Lámpara}}$	33200 lm
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	27666 lm
η	83.33 %

Ilustración 51. Características de la luminaria simulada.

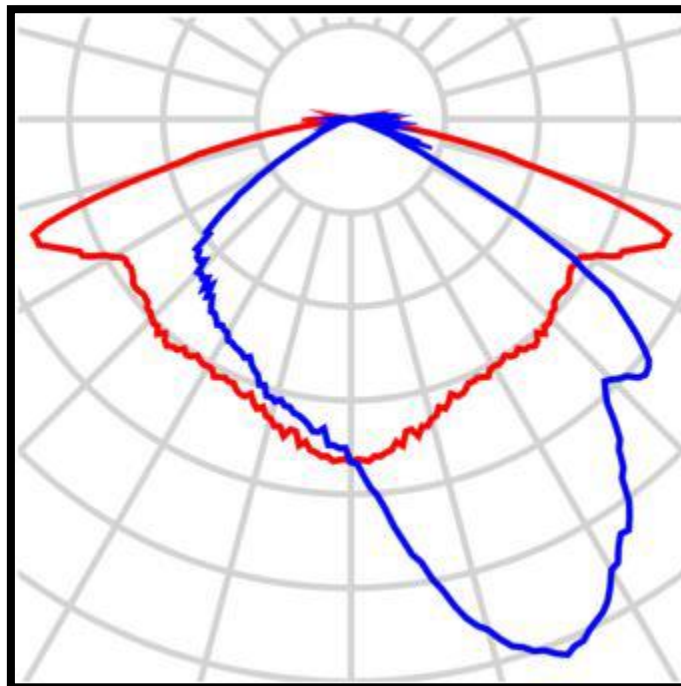


Ilustración 52. Fotometría – Diagrama polar DIALux.

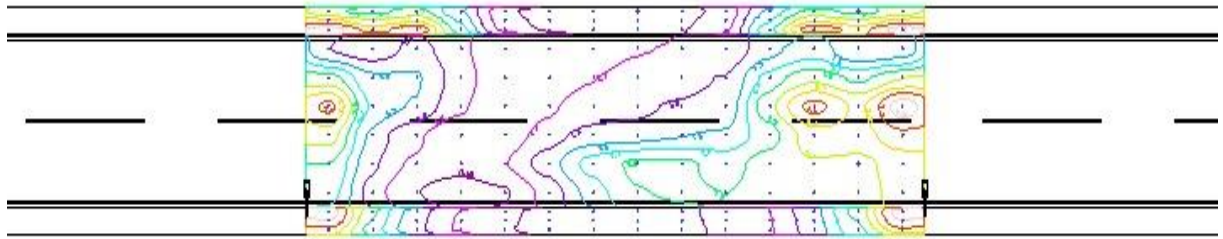


Ilustración 53. Sombreado – Temperatura del color.

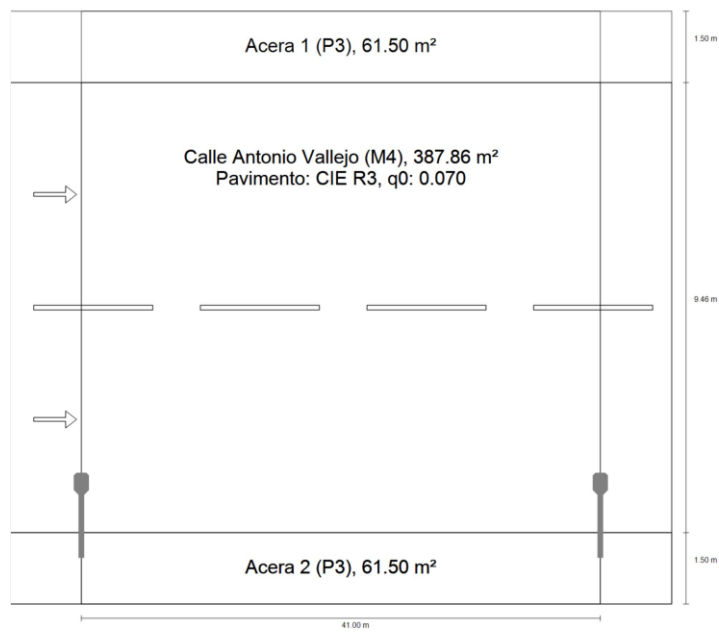


Ilustración 54. Medidas del área a simular.

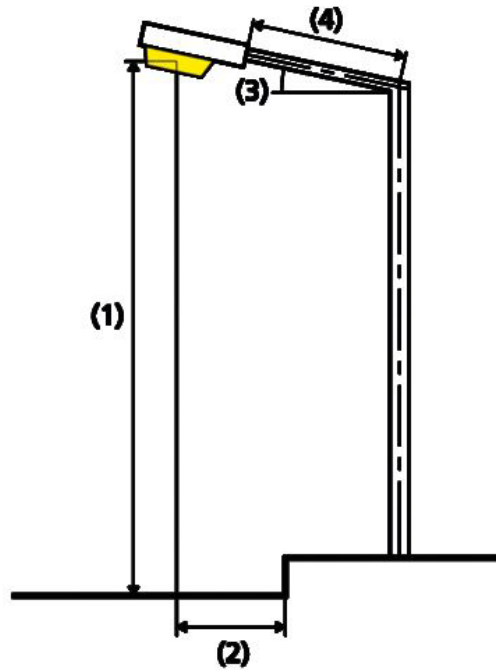


Ilustración 55. Luminaria a simular.

Distancia entre mástiles	41.000 m
(1) Altura de punto de luz	8.100 m
(2) Saliente del punto de luz	1.000 m
(3) Inclinación del brazo	15.0°
(4) Longitud del brazo	1.500 m
Horas de trabajo anuales	4000 h: 100.0 %, 250.0 W
Consumo	6000.0 W/km
ULR / ULOR	0.02 / 0.01
Intensidad lumínica máx	≥ 70°: 651 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores	≥ 80°: 482 cd/klm
(con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	≥ 90°: 32.6 cd/klm

Ilustración 56. Valores de la luminaria-Unilateral abajo.

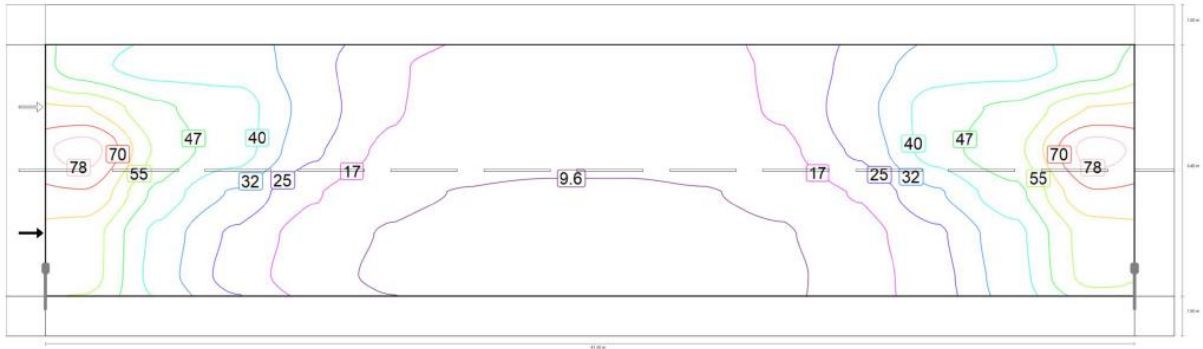


Ilustración 57. Valores de mantenimiento iluminancia horizontal - Líneas Isolux

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	27.7 lx	5.81 lx	81.3 lx	0.210	0.071

Ilustración 58. Resumen de valores simulados de la calle Antonio Vallejo en DIALux.

* **Nota:** El informe completo se encontrará en el área de anexos.

4.5 Simulación en ULYSSE 3, Calle Antonio Vallejo luminarias LED

Tipo AVENTO 1
Reflector 5196
Fuente 192 LEDs 233mA WW730
Protector Flat glass
Flujo de lámpara 22,080 klm
Potencia 141,0 W
FM 0,85
Matriz 430172
Flujo luminaria 18,772 klm
Eficiencia 133 lm/W

Ilustración 59. Características de luminaria LED a simular.

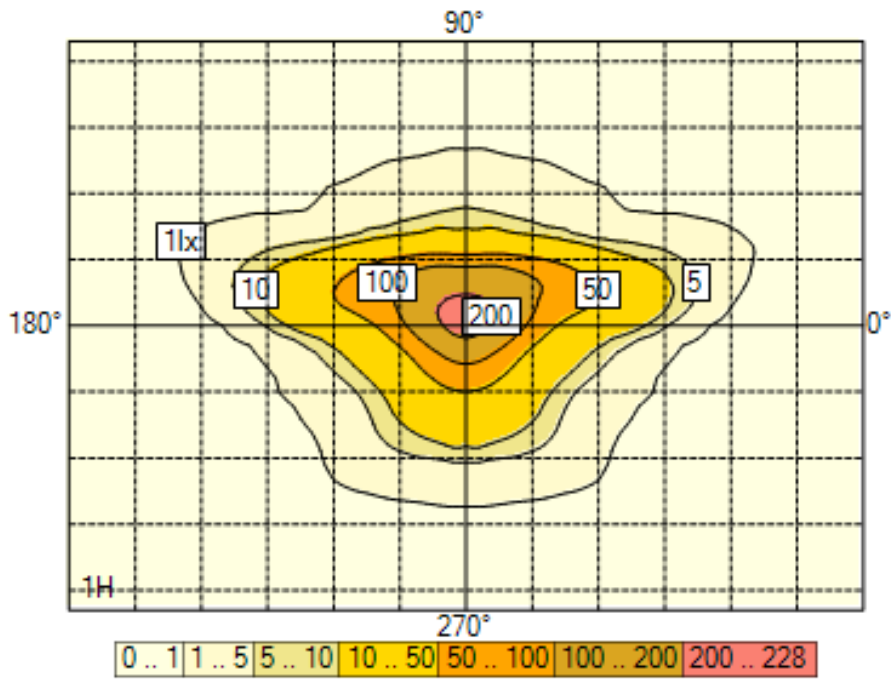


Ilustración 60. Curva isolux de luminaria LED de 140,6 W.

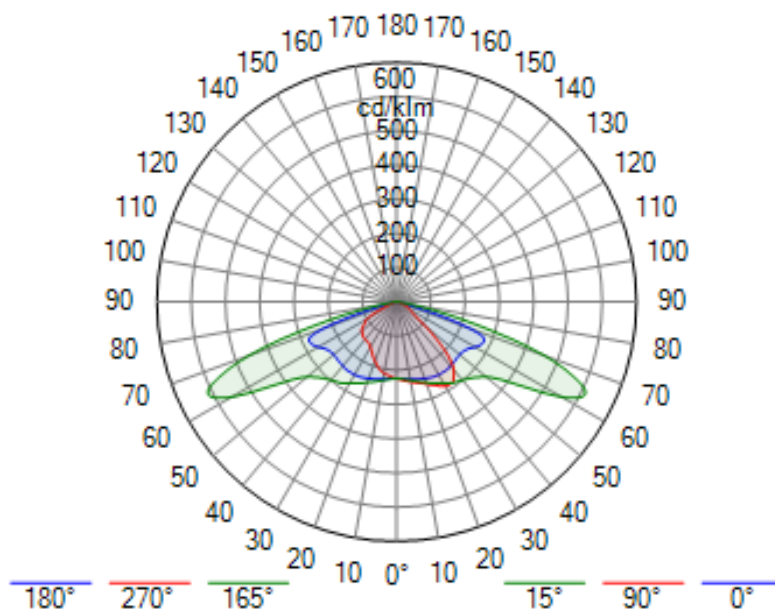


Ilustración 61. Fotometría de luminaria LED – Diagrama Polar.

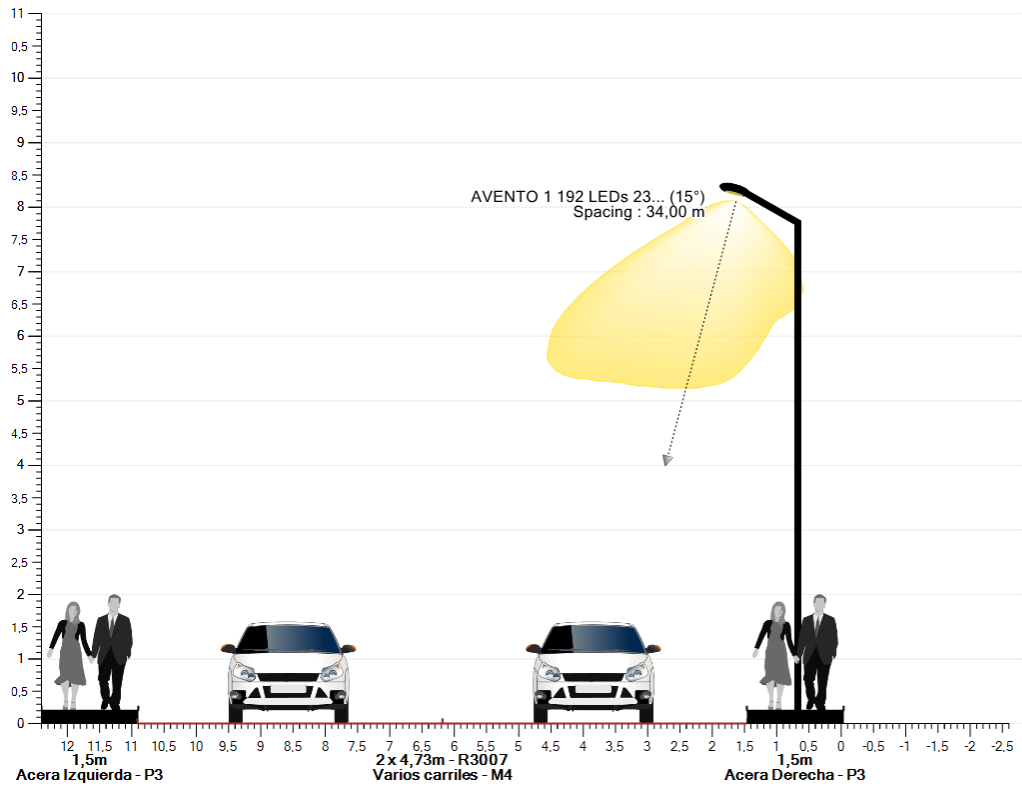


Ilustración 62. Vista en 2D, de la simulación de LED.

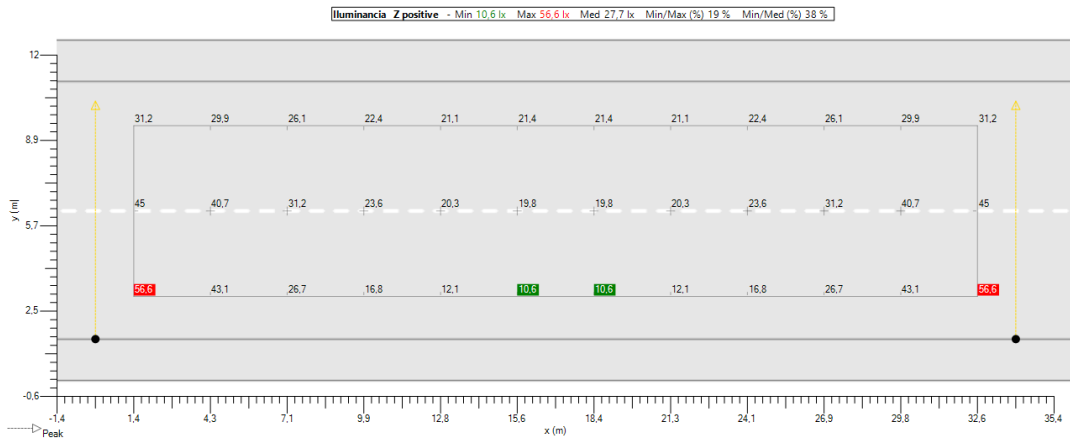


Ilustración 63. Calzada simulada - Valores obtenidos.

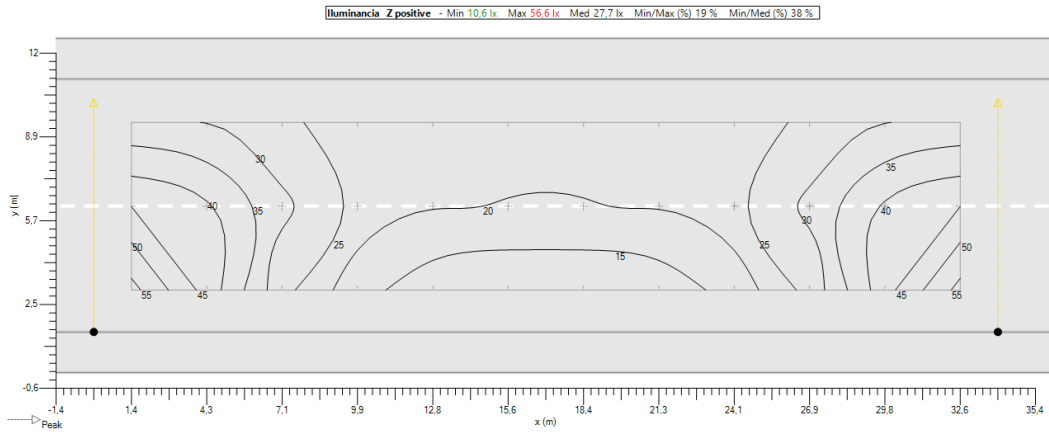


Ilustración 64. Isolevel de la luminaria LED simulada.

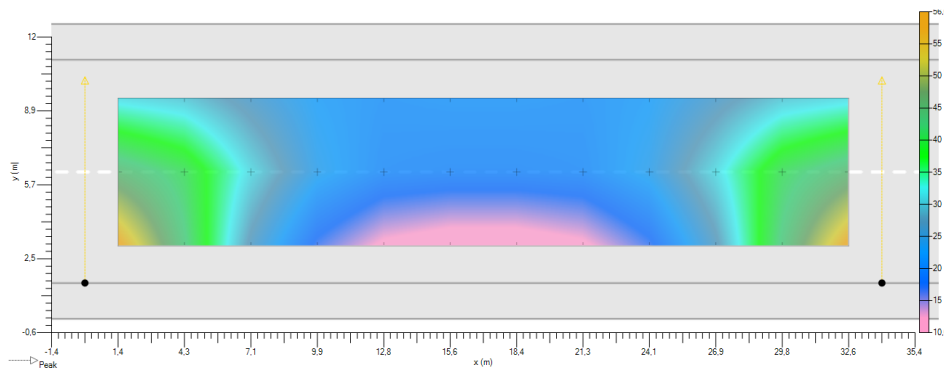


Ilustración 65. Sombreado – Temperatura del color del área simulada.

Varios carriles (LU)

M4 (LU : Ave = 0,75 cd/m² U_o = 40 % U_l = 60 % U_oW = 15 % T_l : 15 % S_R : 0,50)

1. Luminancia - TablaR - R3007	Med (A) (cd/m ²)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	UL (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60,00; 3,87; 1,50)	1,49	64	45	0,96	2,11	64 %
Dynamic cross section - Observador 2 (-60,00; 8,60; 1,50)	1,65	56	36	0,92	2,57	72 %

Iluminancia Z positive - Min 10,6 lx Max 56,6 lx Med 27,7 lx Min/Max (%) 19 % Min/Med (%) 38 %

Ilustración 66. Valores obtenidos de simulación LED.

4.6 Resumen de valores obtenidos en la investigación

Tabla 24. Tabla de todos los datos extraídos de la calle Antonio Vallejo.

	Valores medidos	Valores calculados	Valores obtenidos en las simulaciones		
Tecnología		SODIO ALTA PRESIÓN			LED
W	250	250	250	250	141
Medio	Campo	Programa Excel	ULYSSE	DIALux	ULYSSE
Iluminancia lx	30,518 lx	27,585	27,7	27,7	27,7

4.6 Simulación en ULYSSE 3, de la calle Tomas de Heres

En el excel de cálculos realizado tenemos el valor de 11.167 lux, de luminaria de 150W, modelo Calimall-COD.R.A_150(1).130206.01, teniendo como interdistancia 41m, el cual en el software nos deberá entregar el mismo o similar valor para validar que la metodología empleada sea la correcta.

CALLE TOMAS DE HERES							
LITERAL	FACTOR DE UTILIZACIÓN	Flujo Luminoso con pérdidas	Ancho de la Vía	Interdistancia	ILUMINANCIA	N.Poste	Codigo_Luminaria2
1	0,49957954	11666,7012	10	29,46862411	16,02056686	309112	91010
2	0,496249564	11666,7012	10	37,10696618	12,63798348	264462	91224
3	0,496249564	11666,7012	10	31,48181932	14,89612849	264461	91223
4	0,49957954	11666,7012	10	36,00039962	13,11385617	349741	91020
5	0,496249564	11666,7012	10	50,61799977	9,264633685	202073	91222
6	0,496249564	11666,7012	10	23,15139502	20,25611093	264458	91221
7	0,496249564	11666,7012	10	26,92095077	17,4197869	264457	91220
8	0,49957954	27652,28	10	27,82513533	40,21456018	330103	<Null>
9	0,49957954	11666,7012	10	30,40287698	15,52826935	264456	91218
10	0,49957954	11666,7012	10	34,0835278	13,85138491	51512	91217
11	0,49957954	27652,28	10	64,77132242	17,27578714	264455	91860
12	0,496249564	11666,7012	10	46,04558755	10,18462899	252719	91233
13	0,49957954	11666,7012	10	39,95321615	11,81642201	252718	91298
14	0,49957954	11666,7012	10	42,83521923	11,02139947	252715	91297
15	0,496249564	11666,7012	10	41,00002134	11,43797516	228807	91299

Ilustración 67. Valor de iluminancia total en la calle Tomas de Heres.

En el área del diseño en el software realizamos la recreación con medidas exactas o similares al de excel de cálculos y su respectiva distribución de acera 1, calzada, acera 2 y finalmente la luminaria como se muestra en la siguiente figura.

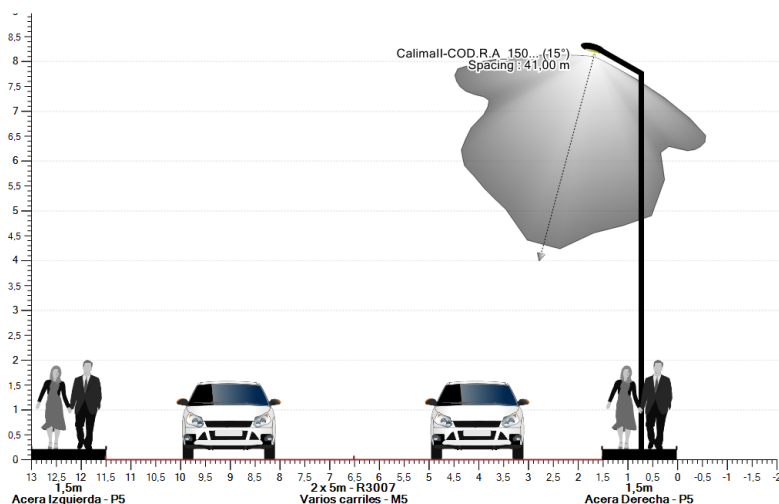


Ilustración 68. Vista 2D del diseño de simulación en el software.

Es importante aclarar que esta simulación esta realizada en modo asistente de soluciones de ULYSSE 3, como se observa en las siguientes figuras se obtuvo los valores

de 8,5 lx, valor simulado y el valor calculado de 8,768 lx, demostrado en la figura 48, valida la metodología empleada.

Iluminancia Z positive - Min 0,2 lx Max 43 lx Med 8,5 lx Min/Max (%) 1 % Min/Med (%) 3 %

Ilustración 69. Resumen de valores obtenidos en Ulysse.

4.7 Reporte de simulación ULYSSE, calle Tomas de Heres

Calimall-COD.R.A_150(1).130206.01

Tipo Calimall-COD.R.A_150(1).130206.01

Fuente R.A_150(1).250106.02

Flujo de lámpara 16,292 klm

Potencia 150,0 W

FM 0,81

Matriz Calimall-COD.R.A_150(1).130206.01

Flujo luminaria 11,667 klm

Eficiencia 78 lm/W

Ilustración 70. Especificaciones técnicas de luminaria simulada.

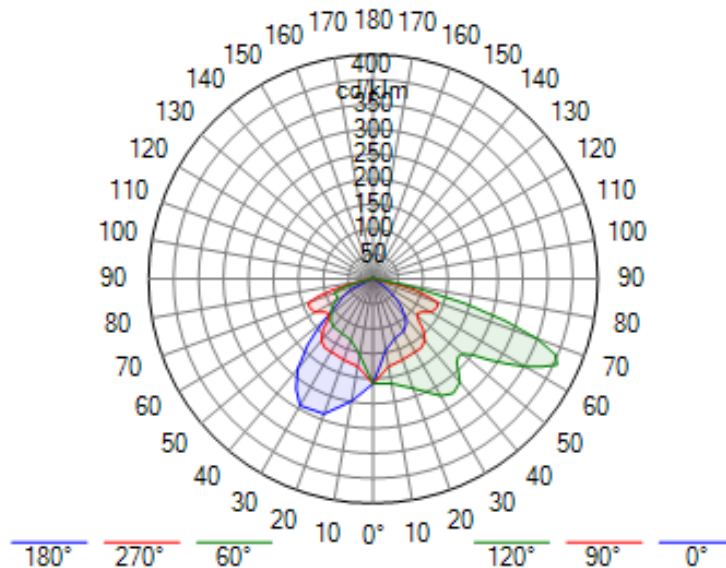


Ilustración 71. Fotometría de luminaria Calimall – Diagrama Polar/ ULYSSE.

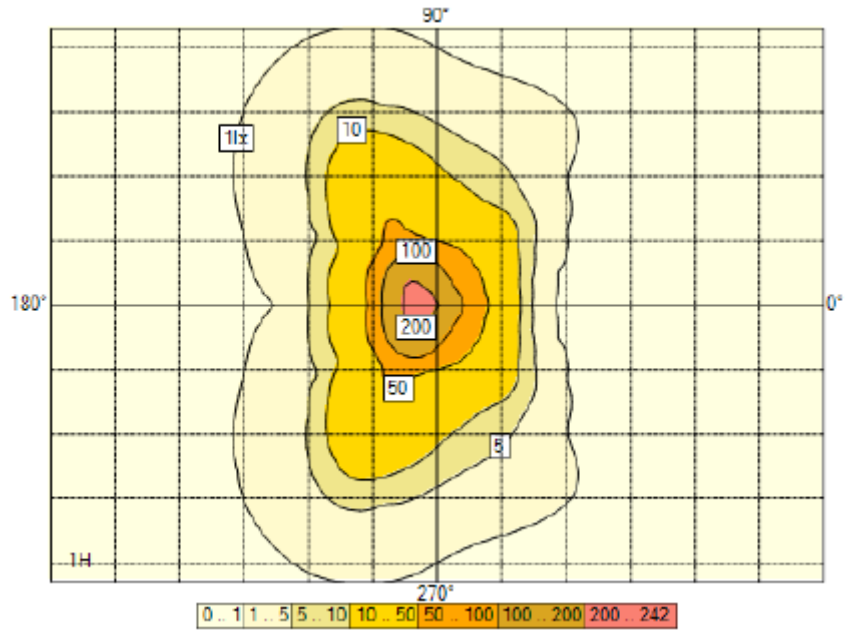


Ilustración 72. Curva isolux de luminaria Calimall, simulada.

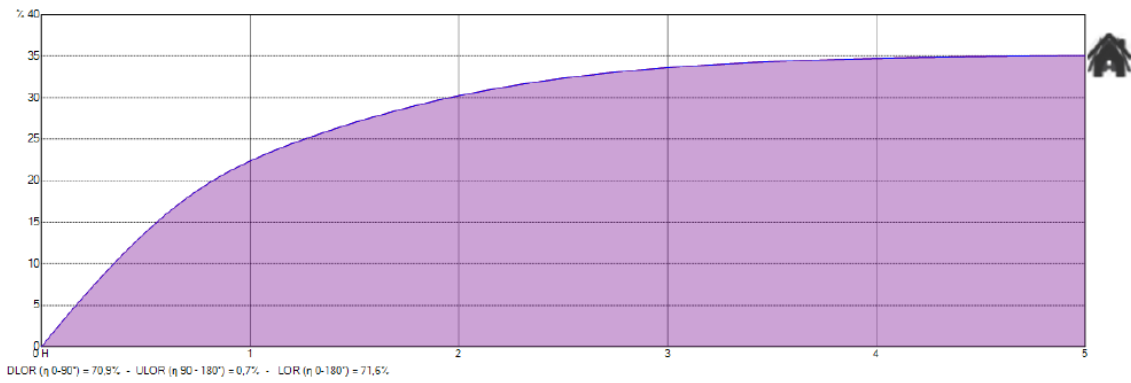


Ilustración 73. Curva de utilización.

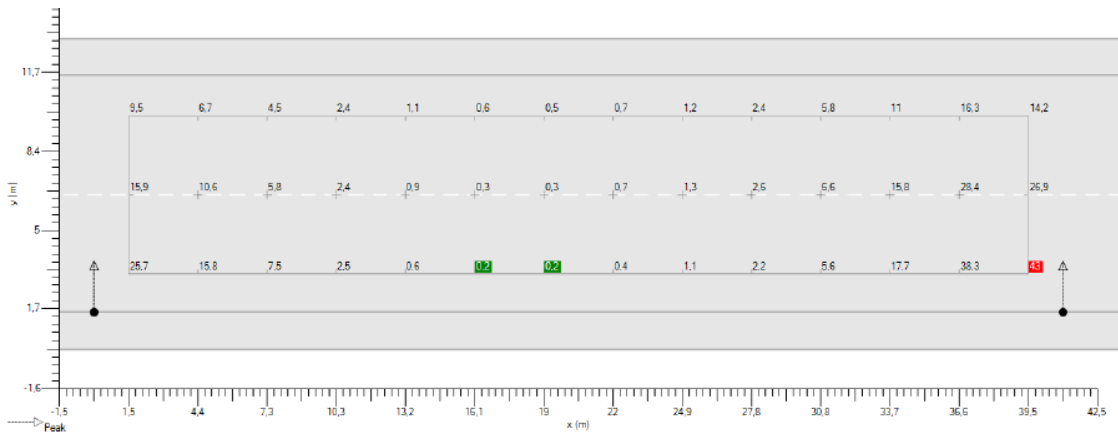


Ilustración 74. Valores de iluminancia en la calle Tomas de Heres.

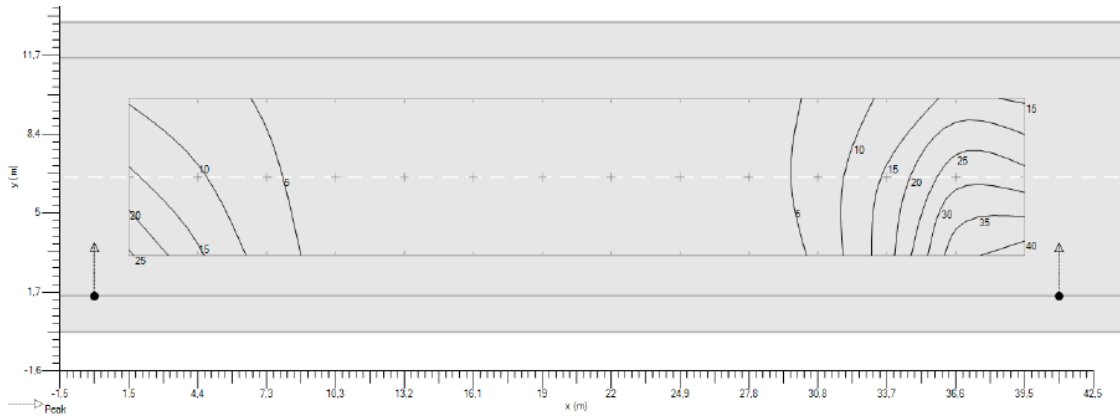


Ilustración 75. Curva Isolux de área simulada.

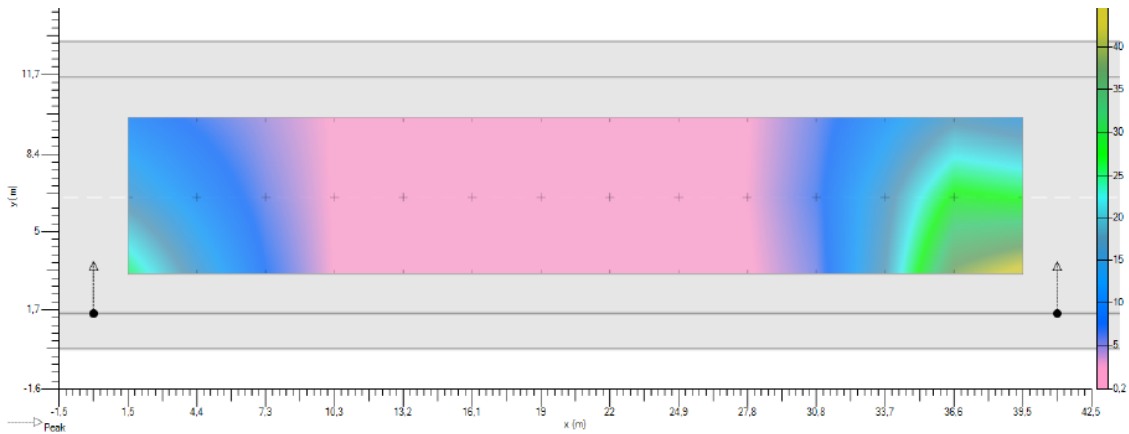


Ilustración 76. Sombreado – Temperatura del color del área simulada.

Varios carriles (LU)

M5 (LU : Ave = 0,50 cd/m² Uo = 35 % UI = 40 % UoW = 15 % TI : 15 % SR : 0,50)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (A) (cd/m ²)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	UL (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60,00; 4,00; 1,50)	0,37	9	2	0,03	2,03	3 %
Dynamic cross section - Observador 2 (-60,00; 9,00; 1,50)	0,39	12	2	0,05	2,04	8 %

Ilustración 77. Resumen de valores analizados.

Iluminancia Z positive - Min 0.2 lx Max 43 lx Med 8.5 lx Min/Max (%) 1 % Min/Med (%) 3 %

Ilustración 78. Resumen de valores obtenidos por el programa.

4.8 Reporte de simulación en DIALux EVO 9.2, de la calle Tomas de Heres

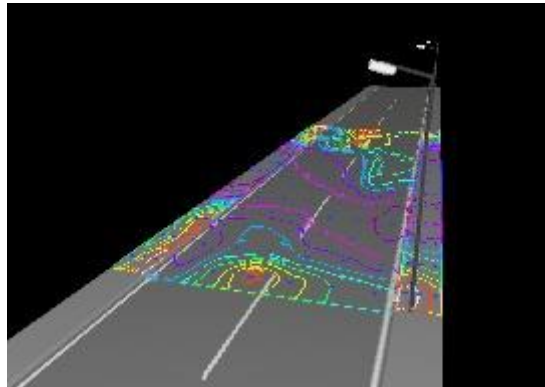


Ilustración 79. Calle Tomas de Heres simulada en DIALux.

P	150.0 W
$\Phi_{\text{Lámpara}}$	16292 lm
$\Phi_{\text{Luminaria}}$	11658 lm
η	71.56 %
Rendimiento lumínico	77.7 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100

Ilustración 80. Características de la luminaria simulada.

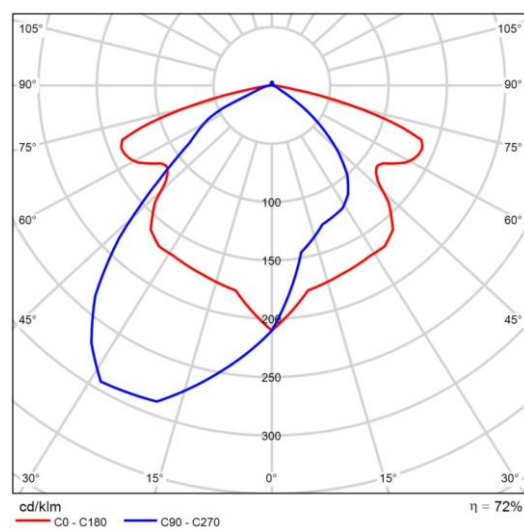


Ilustración 81. Fotometría – Diagrama polar DIALux.

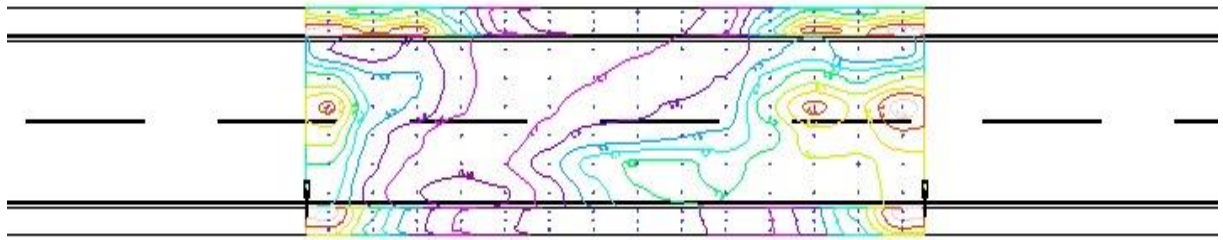


Ilustración 82. Sombreado – Temperatura del color.

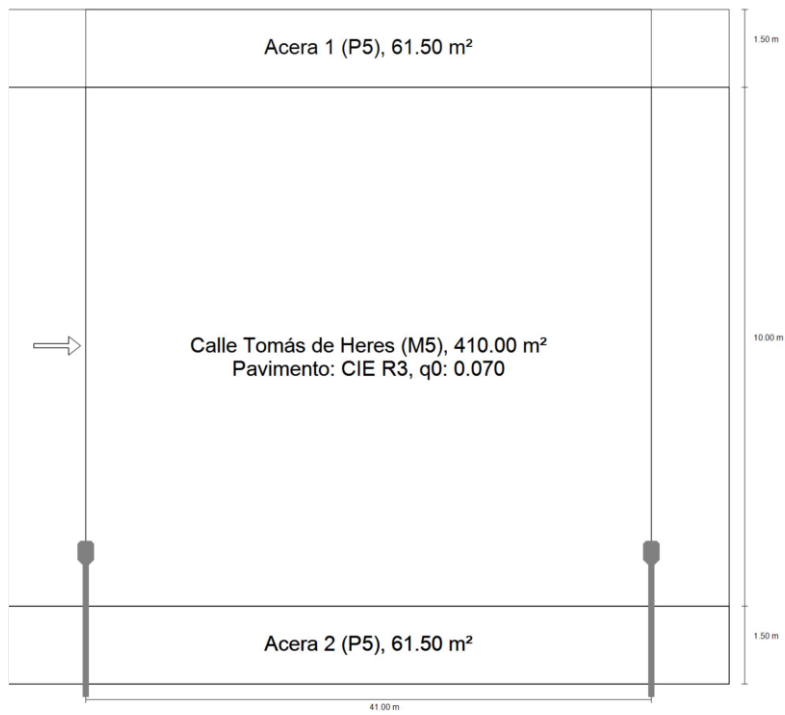


Ilustración 83. Medidas del área a simular.

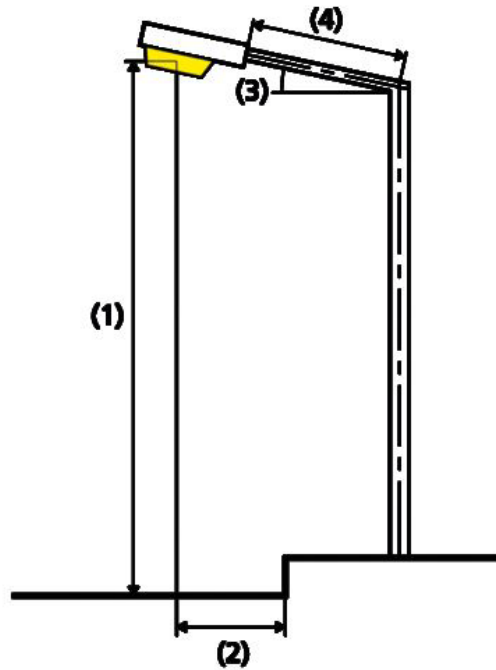


Ilustración 84. Luminaria a simular.

Distancia entre mástiles	41.000 m
(1) Altura de punto de luz	8.100 m
(2) Saliente del punto de luz	1.000 m
(3) Inclinación del brazo	15.0°
(4) Longitud del brazo	1.500 m
Horas de trabajo anuales	4000 h: 100.0 %, 150.0 W
Consumo	3600.0 W/km
ULR / ULOR	0.01 / 0.01
Intensidad lumínica máx	≥ 70°: 269 cd/klm
Respectivamente en todas las direcciones que forman los ángulos especificados con las verticales inferiores (con luminarias instaladas aptas para el funcionamiento).	≥ 80°: 108 cd/klm ≥ 90°: 18.1 cd/klm

Ilustración 85. Valores de la luminaria-Unilateral abajo.

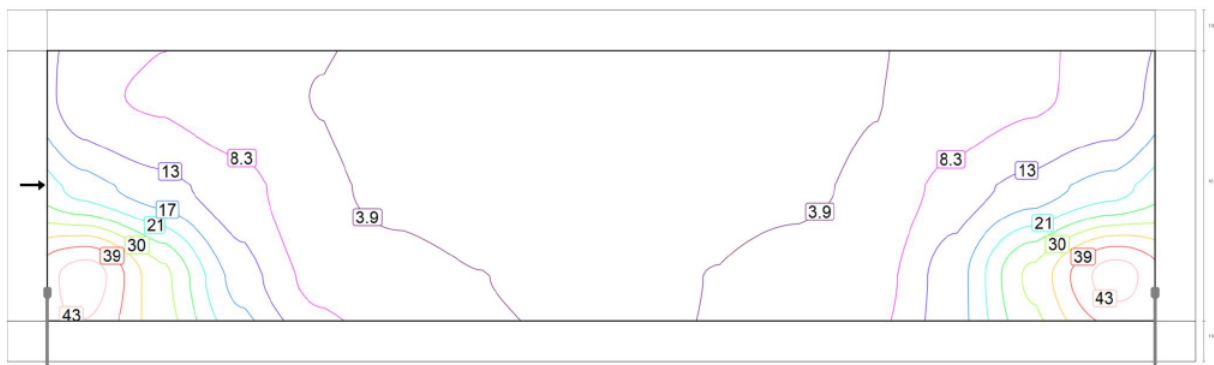


Ilustración 86. Valores de mantenimiento iluminancia horizontal - Líneas Isolux

	E_m	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valor de mantenimiento iluminancia horizontal	9.53 lx	1.75 lx	45.3 lx	0.184	0.039

Ilustración 87. Resumen de valores simulados de la calle Tomas de Heres en DIALux.

* **Nota:** El informe completo se encontrará en el área de anexos.

4.9 Simulación en ULYSSE de calle Tomas de Heres con tecnología LED.

Tipo AVENTO 1
Reflector 5196
Fuente 96 LEDs 233mA WW730
Protector Flat glass
Flujo de lámpara 11,040 klm
Potencia 71,0 W
FM 0,85
Matriz 430172
Flujo luminaria 9,386 klm
Eficiencia 132 lm/W

Ilustración 88. Características de luminaria LED a simular.

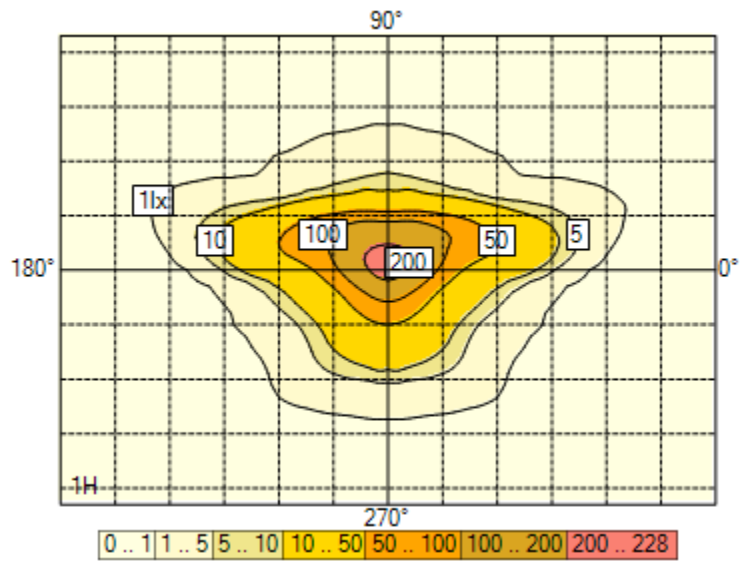


Ilustración 89. Curva isolux de luminaria LED de 140,6 W.

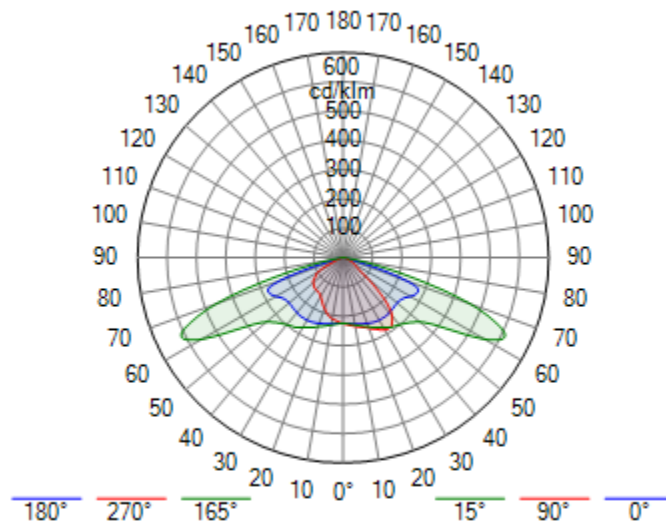


Ilustración 90. Fotometría de luminaria LED – Diagrama Polar.

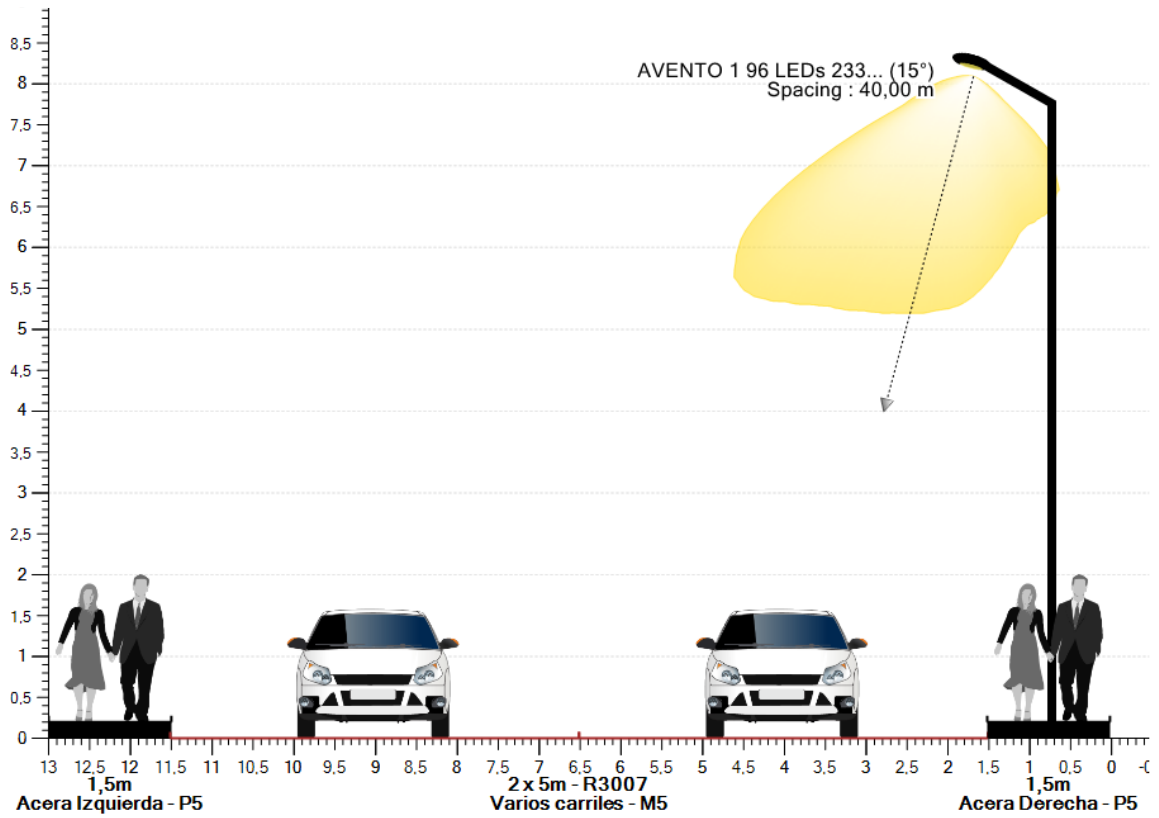


Ilustración 91. Vista en 2D, de la simulación de LED.

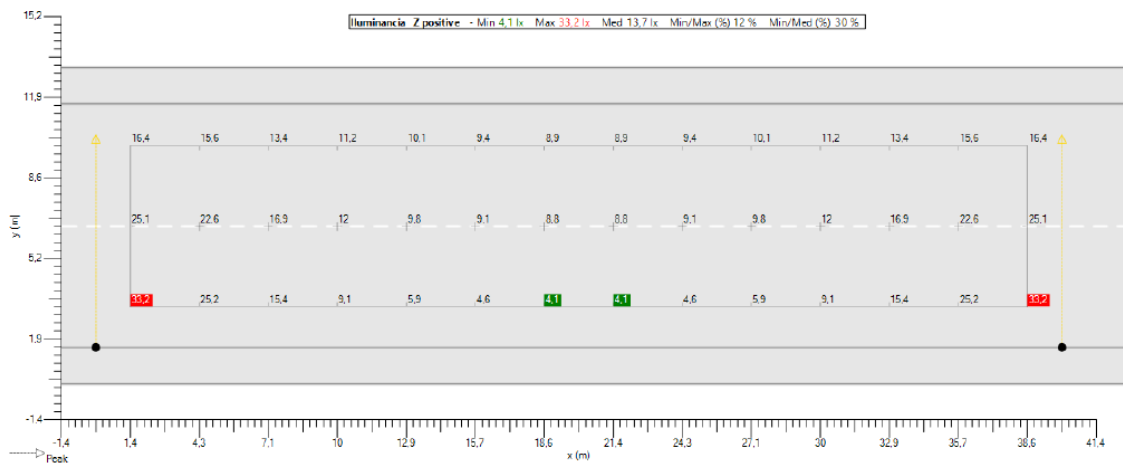


Ilustración 92. Calzada simulada - Valores obtenidos.

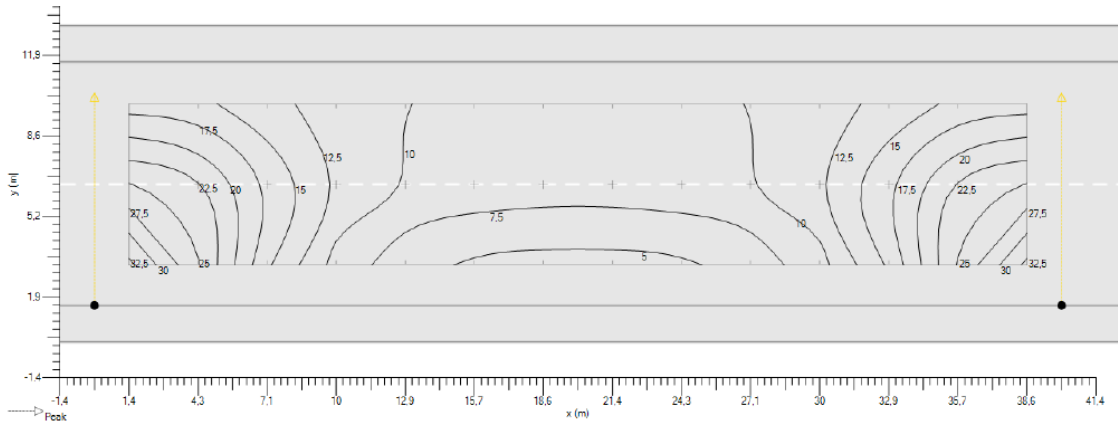


Ilustración 93. Isolevel de la luminaria LED simulada.

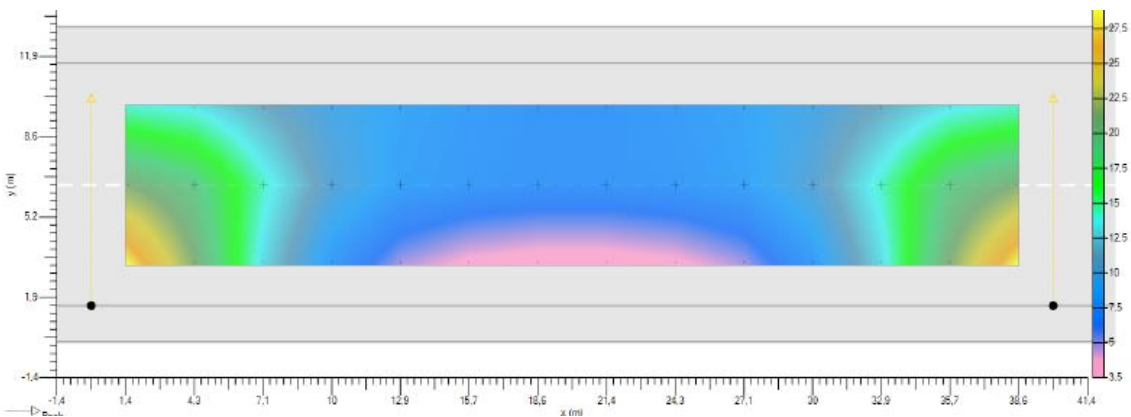


Ilustración 94. Sombreado – Temperatura del color del área simulada.

Varios carriles (LU)

M5 (LU : Ave = 0,50 cd/m² Uo = 35 % Ul = 40 % UoW = 15 % TI : 15 % SR : 0,50)

1. Luminancia - TablaR - R3007

	Med (A) (cd/m ²)	Min/Med (%)	Min/Max (%)	Min (cd/m ²)	Max (cd/m ²)	UL (%)
Dynamic cross section - Observador 1 (-60,00; 4,00; 1,50)	0,62	52	31	0,32	1,03	40 %
Dynamic cross section - Observador 2 (-60,00; 9,00; 1,50)	0,69	41	23	0,28	1,22	68 %

Ilustración 95. Valores de simulación analizados.

Iluminancia Z positive - Min 3,5 lx Max 28,2 lx Med 11,6 lx Min/Max (%) 12 % Min/Med (%) 30 %

Ilustración 96. Valores obtenidos de simulación LED.

4.9.1 Resumen de valores obtenidos en la investigación:

Tabla 25. Tabla de todos los datos extraídos de la calle Tomas de Heres.

	Valores medidos	Valores calculados	Valores obtenidos en las simulaciones		
Tecnología	SODIO ALTA PRESIÓN				LED
W	150	150	150	150	71
Medio	Campo	Programa Excel	ULYSSE	DIALux	ULYSSE
Iluminancia lx	8,76	11,43	8,5	9,53	11,6

*Nota: La información de las luminarias de 150W para las simulaciones son referenciales, ya que la tecnología de las luminarias de sodio de alta presión ya no se produce, por ende, ya no se encuentra información detallada en nuestro medio.

CAPITULO 5

Evaluación económica

El análisis económico es realizado en base a varios factores que están tomados en consideración, por ejemplo, el costo de KWh que responde al valor de \$ 0.10 centavos de dólar, por otro lado, tenemos también, la tasa para inversión del sector público, lo cual es sabido desde noviembre del presente año notificado por el Banco Central del Ecuador que la tasa de interés nominal es de 9,33 %.

En referencia a estudios realizados, especialistas en el area de iluminación se obtuvo que el valor de vida útil promedio de una tecnología led para alumbrado público corresponde a las 40000h.

Es muy importante el considerar también las utilidades que nos proporcionan las luminarias en cuestión, presentando a continuación el cálculo necesario.

- Cálculo de utilidad:

Para obtener la vida útil de la luminaria debemos proceder a obtener las horas útiles de las mismas.

$$\text{horas útil} = 12 * 365$$

$$\text{horas útil} = 4380 \text{ horas/año}$$

Una vez que contamos con el valor de horas útil podemos obtener el valor de la vida útil de las luminarias como se muestra a continuación:

$$Vida\ útil = \frac{40000\ \text{horas/año}}{4380\ \text{horas}}$$

$$Vida\ útil = 9,13\ \text{años}$$

Es importante mencionar que el 25% de la inversión general serán generados por mantenimiento, estimando así un valor de \$ 58.508,44, este valor se adicionara a la inversión dándonos un total de \$ 292.542,18.

Se debe aclarar que los valores de potencias instaladas en la zona intervenida actuales y propuestos son los siguientes:

Tabla 26. Potencias Instaladas en Sodio.

ACTUAL			
TIPO	POTENCIAS (W)	CANTIDAD	Potencia Instalada (W)
Na	250	319	79750
	150	335	50250
		Total	130000

Tabla 27. Potencias propuestas en LED, en el área a intervenir.

PROPUESTA			
TIPO	POTENCIAS (W)	CANTIDAD	Potencia Instalada (W)
LED	140.6	319	56782
	94	335	31490
		Total	88272

Se procedió a realizar la aplicación del mantenimiento a los 10 años los cuales tienen incluido su costo, y su instalación inicial alcanza a una vida útil de 20 años del proyecto propuesto.

Una vez aplicados los valores anteriores, nos da la oportunidad de apreciar un ahorro como se muestra en la tabla 26.

Tabla 28. Ahorro del proyecto.

AHORRO	
ANUAL	18276,864
MENSUAL	1523,072
DIA	50,0736
HORA	4,1728

En la tabla 27, presentaremos la viabilidad monetaria, la cual es tomada en consideración gracias al reingreso de la inversión y el 2,22% de la tasa interna de retorno.

Tabla 29. Factibilidad económica del área intervenida.

Ta años	Costos \$	Beneficio \$
0	\$292.542,18	-\$292.542,18
1		18276,86
2	0	18276,86
3	0	18276,86
4	0	18276,86
5	0	18276,86
6	0	18276,86
7	0	18276,86
8	0	18276,86
9	0	18276,86
10	0	18276,86
11	0	18276,86
12	0	18276,86
13	0	18276,86
14	0	18276,86
15	0	18276,86
16	0	18276,86
17	0	18276,86
18	0	18276,86
19	0	18276,86
20	0	18276,86
RETORNO		\$ 162.990,69
VAN		\$ -129.551,49
TIR		2,22%

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez finalizado el trabajo y la mayoría de los aspectos propuestos, se hace posible rescatar y concluir, ciertos aspectos que influyeron en el desarrollo de las labores.

5.1 CONCLUSIONES

La meta propuesta fue la metodología para la evaluación de niveles de iluminación del alumbrado público, este objetivo se logró, aunque existieron algunos inconvenientes en el manejo de ArcMap del SIG, etc. Sin embargo, se valida la metodología empleada ya que en los softwares tanto en ULYSSE y DIALux evo, se alcanzaron los valores calculados en la metodología aplicada en base a las normativas vigentes.

La extracción de la información del sistema de iluminación del area intervenida correspondiente a alumbrado público general, nos da la oportunidad de realizar una evaluación del estado en el que se encuentran actualmente y el tiempo que llevan instaladas, lo cual nos permite tener una idea de cuáles son las que deberían ser reemplazadas de manera progresiva o de manera inmediata, también las que podrían ser incluidas en un plan de mantenimiento.

La tipología de las calles a analizar es primordial, ya que de esta manera podemos dirigirnos a la misma, en base a la normativa y valores, evaluándola así, y obteniendo las conclusiones de su cumplimiento o incumplimiento a la regulación estipulada.

Los valores exportados del SIG, deben ser filtrados en base a los datos a necesitar, ya que por su amplia información es poco práctico el bajarse o mantener cantidad innecesaria de datos.

Estos cálculos son básicamente dirigidos a alumbrado público general, que se refiere a vías públicas, para tránsito de vehículos y personas, adicional a esto para estos cálculos y resultados se consideró como calles individuales.

Para el ingreso de medidas de aceras y calles es necesario sacar una media de la medición de las implicadas en el área así se podrá obtener un valor más cercano al real, si es de manera puntual, se ingresarán los valores exactos de la calle a intervenir.

Tras realizar el presente trabajo de titulación se determinó que en base a los parámetros fotométricos, análisis técnico y económico, que nos emiten las luminarias de Na, en funcionamiento actualmente en nuestra Ciudad de Cuenca, pueden ser sustituidas por nuevas tecnologías (luminarias LED), las cuales tendrían un excelente impacto en nuestro medio ya que cuentan con prestaciones que garantizan una mejor iluminación y un considerable ahorro.

En la simulación se pudo observar que nuestro cálculo se asemeja a los valores simulados, los obtenidos en campo y los calculados, hay que tomar en cuenta que existen factores externos que impiden que los valores sean totalmente reales, ya que puedes contrarrestar o sumar iluminación, pese a todas estas condiciones se llegaron a valores bastante certeros, los cuales nos podrían ayudar a una toma de decisiones.

Finalmente, la aplicación de tecnologías eficientes y amigables con el medio ambiente, como luminarias tipo led que se proponen instalar en los parques analizados en este proyecto de investigación, favorecen a reducir el consumo de energía eléctrica, en toda el área intervenida, se obtuvo un valor de consumo en el estado actual de 569.400 kWh/año mismo que se reduce al momento del cambio de tecnología en un 386.631,36 kWh/año, es decir, existe una disminución de 182.768,64 kWh/año.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para disminuir tiempos de procesamiento y extracción de información se recomienda:
- Que se tenga un conocimiento mínimo del manejo de ArcGis y ArcMap.
- Revisar que el formato de los campos actualizados, estén correctos.
- La metodología aplicada es muy acertada para calcular las iluminancias de vías, de acuerdo al área a trabajar, tomando en cuenta las restricciones que existen.

- Es importante mencionar que para las mediciones en campo de debe verificar que no haya influencia en la medición, iluminación de otro tipo de fuente, porque de esta manera el valor obtenido estaría alterado.
- Al extraer la base de datos, en función a la selección en el ArcGIS, es necesario la verificación de información comparando tablas con el area intervenida.
- Se recomienda implementar este análisis y resultados, enlazando al ArcGIS, lo cual beneficiará a la obtención inmediata de iluminancias en las zonas que se requiere información de estos valores, ya sean para proponer mejoras o estudio en general.

BIBLIOGRAFIA

- [1] P. A. Villa-Villa, F. M. Mayaguari-Zhunio, and G. S. Pulla-Galindo, "Cálculo de la densidad de potencia eléctrica para el alumbrado público de las vías de la ciudad de Cuenca," *Kill. Técnica*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2019, doi: 10.26871/killkana_tecnica.v3i1.370.
- [2] B. Benito, M. D. Guillamón, and P. J. Martínez-Córdoba, "Determinants of efficiency improvement in the Spanish public lighting sector," *Util. Policy*, vol. 64, no. February, 2020, doi: 10.1016/j.jup.2020.101026.
- [3] C. D. Galatanu, "On / Off Optimization of Public Lighting Systems Depending on the Road Class," *Procedia Manuf.*, vol. 46, pp. 378–383, 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.03.055.
- [4] Y. Tyukhova and C. E. Waters, "Subjective and pupil responses to discomfort glare from small, high-luminance light sources," *Light. Res. Technol.*, vol. 51, no. 4, pp. 592–611, 2019, doi: 10.1177/1477153518772000.
- [5] Y. C. D. E. E. Arconel, "RESOLUCIÓN Nro. ARCONEL-054/18," pp. 1–28, 2018.
- [6] E. D. E. Energía, D. E. L. Quindío, and A. P. Capítulo, "Capítulo 5 –," no. Capítulo 5, pp. 1–70, 2011.
- [7] Y. C. D. E. E. Arconel, "RESOLUCIÓN Nro. ARCONEL-054/18," pp. 1–25, 2018.

- [8] S. R. Piscina M. and J. C. Jimenez S., “Magnitudes Y Unidades,” *Tec. Exp.*, pp. 1–11, 1988, [Online]. Available: http://www.upv.es/electrica/material_tecno/Transparencias_PDF/T7/tema7.pdf.
- [9] I. para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE), “Guía técnica de eficiencia energética en iluminación,” *Idae*, p. 87, 2001.
- [10] SCT, *Manual de Iluminación Vial*. 2015.
- [11] “Cálculo de instalaciones de alumbrado.” <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/calculos.html> (accessed Sep. 09, 2021).
- [12] “Cálculo de instalaciones de alumbrado.” <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/exterior/calculos.html> (accessed Nov. 09, 2021).
- [13] “Regulación No. CONELEC 005/14 Página 1 de 26,” pp. 1–26, 2006.
- [14] D. E. Marzo, “Iluminacion Y Alumbrado,” 2010.
- [15] AENOR_ GRUPO 27, “Norma UNE-EN 12464-1_ Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores,” *AENOR_ Asoc. Española Norm. y Certificación*, p. 43, 2003, [Online]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0048898>.
- [16] Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, “PÚBLICO I PARTE : Alumbrado de calles y carreteras II PARTE : Alumbrado de ciertas áreas,” 1987.
- [17] MINETUR, “Instrucción Técnica Complementaria EA - 06 Mantenimiento de la eficiencia energética de las instalaciones,” pp. 1–10, 2013.
- [18] I. Physio-Control, “Instrucciones de uso del desfibrilado,” *Physio-Control Oper. Netherlands*, pp. 1–86, 2012.
- [19] “Luxometro - Medidor de luz - EZODO LUX DL-204 - Biomars.pe.”

<https://biomars.pe/producto/luxometro-medidor-de-luz-ezodo-lux-dl-204/>
(accessed Nov. 22, 2021).

- [20] "Distanciometro | PCE Instruments." https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/distanciometro-kat_70051.htm (accessed Nov. 22, 2021).
- [21] "Distanciómetro PCE-LRF 600 | PCE Instruments." https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/distanciometro-pce-instruments-distanci_metro-pce-lrf-600-det_91065.htm (accessed Nov. 22, 2021).
- [22] در اقلیم با ارتباط در گیاهان جغرافیایی پراکنش و فلور بررسی، "No Title", بارانی ح. و. س. ع. ن. س. "استان ایرانشهر منطقه مراتع", vol. 148, pp. 148–162.
- [23] C. Bici, "Avento."
- [24] G. Flores, "Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias LED y alimentación solar fotovoltaica," p. 18, 2016.
- [25] W. R. Ryckaert, K. A. G. Smet, I. A. A. Roelandts, M. Van Gils, and P. Hanselaer, "Linear LED tubes versus fluorescent lamps: An evaluation," *Energy Build.*, vol. 49, pp. 429–436, 2012, doi: 10.1016/j.enbuild.2012.02.042.
- [26] "¿Qué es ArcGIS? | ArcGIS Resource Center." <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm> (accessed Nov. 08, 2021).

ANEXOS