



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DISEÑO LUMINOTÉCNICO DE VÍAS PÚBLICAS
Y ZONA DEPORTIVA DEL MUNICIPIO DE
RIONEGRO, ANTIOQUIA**

**Autor
Julio Oscar García Márquez**

**Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Eléctrica
Medellín, Colombia
2020**



DISEÑO LUMINOTÉCNICO DE VÍAS PÚBLICAS Y ZONA DEPORTIVA DEL
MUNICIPIO DE RIONEGRO, ANTIOQUIA

Julio Oscar García Márquez

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título
de:
Ingeniero Electricista

Asesores (a):

Juan David Saldarriaga Loaiza, Ingeniero Electricista
José Alejandro Álvarez Palomino, Ingeniero Electricista

Línea de Investigación:
Diseño de iluminación exterior

Universidad de Antioquia
Ingeniería, Eléctrica.
Medellín, Colombia
2020.

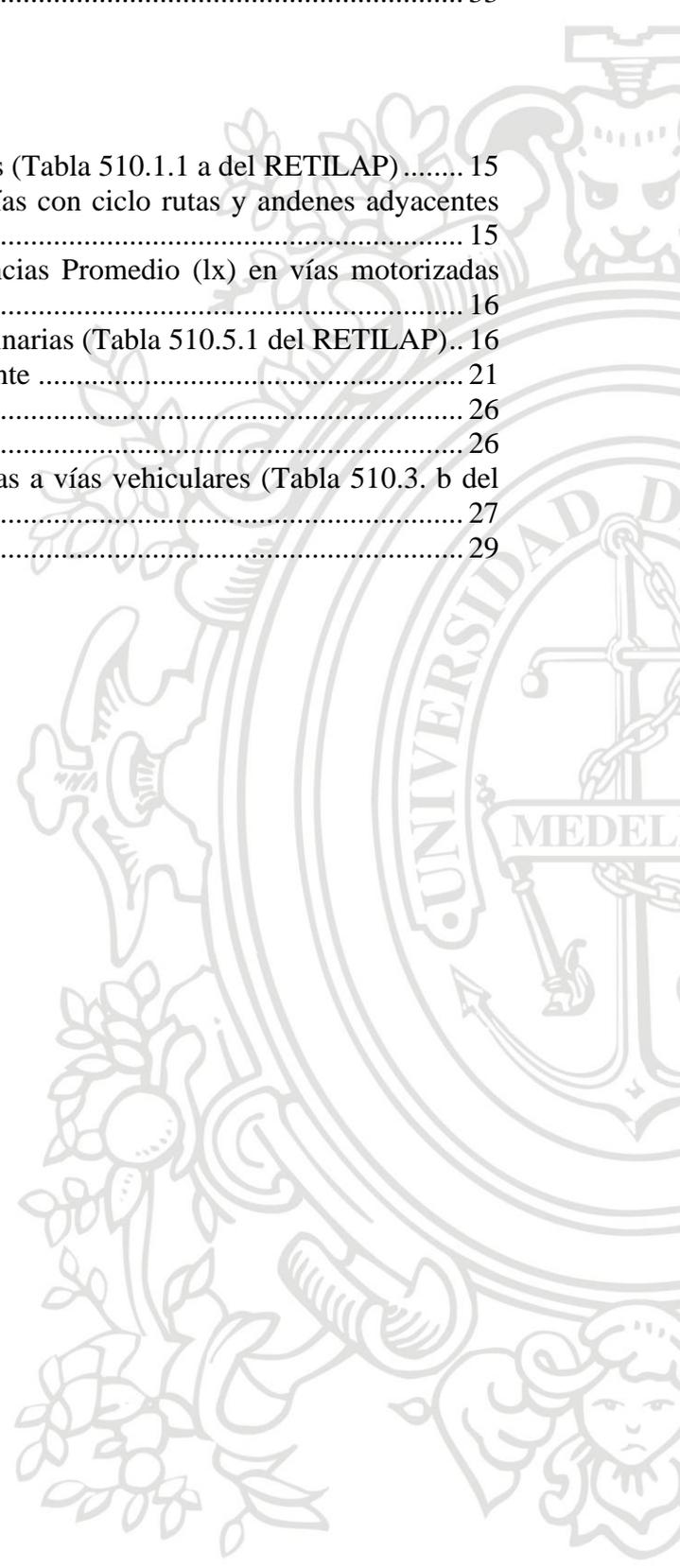
CONTENIDO

Resumen.....	6
1 Introducción.....	7
2 Objetivos.....	8
2.1 Objetivo General.....	8
2.2 Objetivo Específicos.....	8
3 Marco Teórico.....	9
3.1 Magnitudes Luminosas.....	9
3.2 Características generales de las fuentes luminosas.....	9
3.3 Parámetros a calcular en diseños luminotécnicos.....	11
3.4 El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado público (RETILAP).....	12
4 Metodología.....	13
5 Resultados.....	14
5.1 Diseño de alumbrado público de la vía Tramo 11.....	14
5.1.1 Visita del proyecto.....	14
5.1.2 Necesidad de la instalación.....	15
5.1.3 Tipo de vía.....	15
5.1.4 Nivel de iluminación.....	15
5.1.5 Distribución de las luminarias.....	16
5.1.6 Selección del tipo de luminaria.....	17
5.1.7 Selección del tipo de brazo.....	18
5.1.8 Planificación básica.....	19
5.1.9 Simulación del nivel de iluminación.....	19
5.1.10 Diseño detallado.....	21
5.1.11 Resultados de la simulación.....	21
5.1.12 plan de mantenimiento general.....	23
5.1.13 Planos detallado.....	24
5.1.14 Cálculos eléctricos.....	25
5.2 Diseño de iluminación de la unidad deportiva madero.....	26
5.2.1 Necesidad de la instalación.....	26
5.2.2 Diseño de iluminación.....	27
5.2.3 Niveles de iluminancia.....	27
5.2.4 Equipos de iluminación.....	27
5.2.5 Parámetros del área a evaluar.....	28
5.2.6 Resultados cálculos fotométricos.....	28
5.2.7 Guía de instalación.....	29

6	Conclusiones.....	31
7	Referencias bibliográficas.....	32
8	Visto bueno del asesor interno y asesor externo.....	33

TABLAS

Tabla 1.	Clases de Iluminación para Vías Vehiculares (Tabla 510.1.1 a del RETILAP).....	15
Tabla 2.	Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclo rutas y andenes adyacentes (Tabla 510.2.1 a del RETILAP).....	15
Tabla 3.	Valores Mínimos Mantenidos de Iluminancias Promedio (lx) en vías motorizadas (Tabla 510.2.1 b del RETILAP).....	16
Tabla 4.	Recomendaciones para Disposición de Luminarias (Tabla 510.5.1 del RETILAP)..	16
Tabla 5.	Superficies de Cálculo Puente y Zona Aferente	21
Tabla 6.	Cuadro de regulaciones.....	26
Tabla 7.	Cálculo de protecciones.....	26
Tabla 8.	Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares (Tabla 510.3. b del RETILAP).....	27
Tabla 9.	Resultados de cálculo fotométrico	29



FIGURAS

FIGURA 1. Visita en campo de proyecto, vía tramo 11 entre la calle 43.....	14
FIGURA 2. Disposición de Luminarias en calzadas con pendiente (Imagen 510.5.2 b RETILAP).....	17
FIGURA 3. Disposición de Luminarias en trayectos curvos (Imagen 510.5.2 a RETILAP)..	17
FIGURA 4. Luminaria Philips T19E-1 Tipo LED.....	18
FIGURA 5. Fotometría Luminaria Philips T19E-1.	18
FIGURA 6. Detalle del BRAZO (1 1/2") CURVO -3.0 m/0°	19
FIGURA 7. Disposiciones de las luminarias.	20
FIGURA 8. Resultados luminotécnicos.	20
FIGURA 9. Resultados luminotécnicos de los andenes.....	21
FIGURA 10. Distribución de Superficies de cálculo Sobre la Vía.....	22
FIGURA 11. Render 3D Vía tramo 11.	22
FIGURA 12. Render 3D Puente Vehicular Acercamiento.	23
FIGURA 13. Render 3D Zona Bajo el Puente.	23
FIGURA 14. Planos detallados de Alumbrado público realizado AutoCAD 2D.....	24
FIGURA 15. Convenciones utilizadas en plano de alumbrado público.	25
FIGURA 16. Diagrama unifilar proyectado del proyecto.....	25
FIGURA 17. Luminaria Philips FL2C Tipo LED.....	28
FIGURA 18. Fotometría Philips FL2C Tipo LED.....	28
FIGURA 19. Trama de cálculo.	29
FIGURA 20. Render 3D unidad deportiva madero.....	29

DISEÑO LUMINOTÉCNICO DE VÍAS PÚBLICAS Y ZONA DEPORTIVA DEL MUNICIPIO DE RIONEGRO, ANTIOQUIA

Resumen

El siguiente trabajo contempla el mejoramiento del sistema de iluminación de algunas vías y una zona deportiva en el Municipio de Rionegro, ubicado en departamento de Antioquia. El proyecto involucra el diseño, estudios, análisis e implementación de los sistemas de iluminación, bajo el cumplimiento de las normativas eléctricas actuales y según parámetros luminotécnicos recomendados por normativas locales e internacionales.



1 Introducción

El principal problema que tienen los ingenieros al abordar un proyecto de iluminación es la falta de información; sin embargo, se debe plantear una forma efectiva y eficiente para generar y resolver los diferentes problemas que se encuentran con el fin de dar una solución acertada y económica al cliente, buscando que los diseños cumplan con todo lo exigido por el reglamento.

En este proyecto se ilustra una metodología para ejecutar un proyecto de iluminación. Se considera la implementación de tecnologías de óptima eficiencia que cumplen las normativas actuales en cuanto a cantidad y calidad de luz. El sistema de iluminación está basado en tecnología LED, con características de alta eficiencia, hermeticidades adecuadas para uso en intemperie, con un rango amplio de trabajo de voltaje de alimentación y considerando que deben ser usadas distribuciones fotométricas de alta intensidad luminosa adecuadas para vías con grandes distancias de proyección de luz artificial [1].

La iluminación pública está destinada a brindar niveles de iluminación óptimas para los peatones y conductores de vehículos, que son usuarios de los espacios públicos, proporcionando condiciones de iluminación que generen sensación de seguridad en las vías públicas, senderos, y demás espacios en los que se desarrollen actividades nocturnas dentro del perímetro urbano y rural [2].

Conforme a los lineamientos establecidos en las normas técnicas colombianas, RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) y RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público), y a las normas a las que éstas hacen referencia, en el diseño de iluminación se busca garantizar el cumplimiento de las condiciones mínimas que permitan proteger la salud visual de los usuarios, garantizar los niveles de iluminación adecuados en cada zona, según las características propias de la misma, garantizar la calidad de la energía lumínica, aprovechar la iluminación natural disponible y buscar una alta eficiencia energética comprometido con el cuidado y el medio ambiente [3].

De esta forma, apoyé la ejecución de proyectos de iluminación en la empresa ENERGIZANDO S.A.S, la cual se encarga de ofrecer servicios de ingeniería en media y baja tensión, tales como, diseño y construcción de redes internas y externas, sistemas de iluminación, entre otras actividades y servicios ofrecidos al cliente. El fin de la organización es la de buscar personas íntegras, disponibles, atentas, responsables y con capacidad de aprendizaje para capacitarlos, con el objetivo de que estos puedan generar resultados positivos y ser un aporte a la empresa. Durante el proceso de prácticas apoyé el área de diseño eléctrico con base en las normas y reglamentos establecidos en Colombia. Finalmente, en el informe se muestra la metodología de trabajo de la empresa y los resultados obtenidos durante la práctica profesional.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Apoyar el diseño luminotécnico de vías públicas y zona de deportiva del Municipio de Rionegro, Antioquia, con base en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

2.2 Objetivo Específicos

Identificar las vías a intervenir del Municipio de Rionegro para su respectiva clasificación, según el Reglamento Técnico de Iluminación Público (RETILAP).

Establecer un marco de referencia teórico que permita desarrollar el proyecto de estudio.

Realizar simulaciones luminotécnicas mediante el programa Dialux, para verificar la efectividad del sistema de iluminación, cumpliendo con los valores establecidos en el RETILAP.

3 Marco Teórico

Se definirán los conceptos básicos de luminotecnia y las magnitudes fotométricas para conocer las magnitudes y las unidades que se usan en los cálculos de iluminación.

3.1 Magnitudes Luminosas

Flujo luminoso (ϕ): Es la cantidad de luz emitida, por una fuente luminosa, radiada en todas las direcciones. Su unidad es el lumen (Lm).

Intensidad luminosa (I): La intensidad luminosa es el flujo luminoso emitido en una dirección. Su unidad es la candela (cd), que equivale a 1 lumen por estereorradián (lm/sr).

Iluminancia (E): Es la cantidad de flujo luminoso recibido por una superficie. Además, se define como la relación entre el flujo luminoso que incide sobre la superficie y el tamaño de esta misma. Su unidad es el lux (lx).

Luminancia (L): Es la intensidad luminosa que se refleja en una superficie en determinada dirección es percibida por el ojo. La unidad es la candela por metro cuadrado (cd/m²) [4].

3.2 Características generales de las fuentes luminosas

Las características generales de las fuentes luminosas se pueden dividir en cuatro grupos son fotométricas, colorimétricas, eléctricas y duración.

Propiedades Fotométricas: Toda fuente luminosa y, en particular las que se utilizan en alumbrado público, requiere de una serie de información que se muestra en los documentos fotométricos o curvas fotométricas [5].

- **Las curvas fotométricas:** Representan la forma y dirección de la distribución lumínica emitida por la luminaria en una superficie. Hay 4 tipos de representación de curvas fotométricas:

Diagrama de curvas de distribución polar: Este diagrama se representa con un sistema de coordenadas C y γ , donde C es el plano angular de visión de la luminaria y γ es el ángulo de la dispersión de la luz, teniendo en cuenta que el centro de la luminaria es el ángulo 0° . Generalmente este tipo de representaciones se indican con dos planos C .

Diagrama isocandela: Este diagrama representa el punto central de la luminaria en el centro de una esfera y, en la superficie de su entorno, se unen los puntos que tienen una intensidad de igual valor.

Diagrama de curvas de iluminancia: Este diagrama representa diversas curvas que son los puntos unidos, en los cuales la luminancia tiene el mismo valor. Este tipo de curvas son usadas para determinar visualmente la uniformidad de la luz (L_{\max} y L_{\min}). Los valores de estas curvas se indican en porcentaje, donde el valor porcentual va de 0% al 100%.

Diagrama de curvas de isolux: Este diagrama representa unas curvas con el mismo valor sobre el plano iluminado por la luminaria, en el cual indica la iluminancia. Los valores de estas curvas se indican en porcentaje, donde el valor porcentual va de 0% al 100% [6].

Propiedades Colorimétricas: Las características colorimétricas se refieren a la Temperatura de Color (Tc) y al Índice de Rendimiento de Color (IRC).

- **Temperatura del color:** Es la referencia para indicar el color de las fuentes luminosas, se mide en “Kelvin” (K). Cuando un metal es calentado se presenta una gama de colores que indica los diferentes colores del espectro cromático, que va desde el rojo hasta el azul; esto no expresa una medida de temperatura si no el color de la fuente luminosa, por lo tanto, es una medida relativa.
- **Índice de reproducción cromática (IRC) o (Ra):** Es una indicación de la capacidad de la luminaria para reproducir los colores normalizados, en comparación con la reproducción de colores naturales emitido por luz patrón de referencia que es este caso es la que emite el sol [7].

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

- **Eficacia luminosa de una fuente:** Relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa y la potencia de esta. La eficacia de una fuente se expresa en lúmenes/vatio (lm/W).
- **Eficiencia de una luminaria:** Relación de flujo luminoso, en lúmenes, emitido por una luminaria y el emitido por la bombilla.
- **Influencia sobre red eléctrica:** La influencia de la propia lámpara sobre la red eléctrica ha de ser mínima. En este sentido hay 2 aspectos importantes que son **La intensidad de arranque y el factor de potencia** [8].

Propiedades de duración: El tiempo de vida de una luminaria depende de un sinnúmero de factores, por lo que sólo es posible estimar un valor medio de vida sobre la base de una muestra representativa. Su valor depende de la cantidad de encendidos, de la posición de funcionamiento, de la tensión de alimentación y de factores ambientales, tales como temperatura y vibraciones. Las diferentes formas de definir la vida son:

- **Vida individual:** Es el número de horas de encendido después del cual una lámpara queda inservible, bajo condiciones específicas.
- **Vida promedio o nominal:** Tiempo transcurrido hasta que falla el 50% de las lámparas de la muestra bajo condiciones específicas.

- **Vida útil o económica:** Valor basado en datos de depreciación, cambio de color, supervivencia como así también el costo de la lámpara, precio de energía que consume y costo de mantenimiento. Puede definirse como el número de horas durante el cual puede operar correctamente una lámpara hasta que se hace necesario su reemplazo.
- **Vida media:** Valor medio estadístico sobre la base de una muestra [8].

3.3 Parámetros a calcular en diseños luminotécnicos

- **Iluminancia (E_{prom}-Luxes):** Es la iluminancia promedio mantenida en la zona de cálculo. Esta medida se calcula para interiores y vías peatonales como parques y senderos peatonales [5].
- **Luminancia (L_{prom}-Cd/m²):** L_{prom} se calcula como la media aritmética de las luminancias obtenidas en los puntos de cálculo. Este parámetro se calcula para vías de tráfico vehículos.
- **Uniformidad (U):** Es la característica por la que, a lo largo de la iluminación, esta se mantiene conforme y/o de semejante intensidad.
- **Uniformidad General (U₀%):** Se calcula como el cociente entre la luminancia más baja y la luminancia media.
- **Uniformidad Longitudinal (U_L%):** Se calcula como el cociente entre la luminancia más baja y la más alta en la dirección longitudinal a lo largo de la línea central de cada carril, incluido el borde de la carretera. Se utilizan los mismos puntos que los usados en el cálculo de L_{prom}.
- **Uniformidad extrema:** Relación entre iluminancia mínima y máxima.
- **Relación de alrededores (SR):** La relación SR es el cociente entre la iluminancia promedio sobre franjas adyacentes: una ubicada en la vía y otra en la acera. Cada una de estas franjas tiene un ancho igual a la mitad del ancho de la calzada o el ancho máximo que permita la geometría del andén, sin exceder de 5 m de ancho.
- **Incremento del umbral (TI%):** Es la cantidad de contraste extra con respecto al contraste original que hace falta para volver a ver un objeto que hemos “perdido” a causa del deslumbramiento[3].

3.4 El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado público (RETILAP)

El RETILAP establece las normas técnicas que se tienen que cumplir para el sistema de iluminación interno y exterior, en todo el territorio colombiano. Además, indica las exigencias y especificaciones mínimas para el diseño e instalación, las cuales garantizan la seguridad y confort en las instalaciones. Finalmente, muestra los requisitos de los productos empleados para esta clase de proyecto [3].



4 Metodología

A continuación, se describe la metodología usada para realizar el análisis y cálculo luminotécnico, así como el diseño de alumbrado público.

- Recolección de datos técnicos antes y durante la elaboración de los diseños luminotécnicos, observando y analizando los requerimientos mínimos establecidos por reglamento.
- Identificación de los tipos de luminarias y materiales a utilizar considerando las exigencias en las vías y zonas deportivas, según sus clasificaciones en el RETILAP.
- Identificación de la potencia y el flujo luminoso de las luminarias para realizar el diseño luminotécnico.
- Elaboración de simulaciones mediante el programa DIALUX 14.3 para realizar los diseños luminotécnicos,
- Uso del programa AutoCAD 2D para mostrar planos y detalles técnicos.

5 Resultados

A continuación, se presentan los resultados luminotécnicos obtenidos para los proyectos de Alumbrado público vía tramo 11 y unidad deportiva Madero (ambos en el municipio de Rionegro), usando el programa de simulación Dialux.

5.1 Diseño de alumbrado público de la vía Tramo 11.

La vía tramo 11, tiene una longitud de 2.5 kilómetros, con andenes peatonales de ambos lados, el carril de circulación de automóviles tiene un ancho de 7 metro para la circulación en los dos sentidos, los andenes tienen un ancho de 2 metros con zona verde en los dos entremos. Lo que se busca con esta vía es descongestionar la movilidad del municipio.

Mostraremos toda la información que utilizamos para poder realizar el diseño de alumbrado público del proyecto.

5.1.1 Visita del proyecto.

Antes de comenzar un proyecto de iluminación, se debe visitar y conocer el lugar, determinar las necesidades que se requieren, las dimensiones y los obstáculos que se presenten en el momento de la ejecución. En la FIGURA 1 se muestra la vía a intervenir, la cual tiene muchos árboles de altura considerable que, a la hora de la instalación de los postes y luminarias, pueden afectar al diseño. Por tanto, hay que tener en cuenta esta dificultad a la hora de diseñar y no hacerlo en condiciones ideales.



FIGURA 1. Visita en campo de proyecto, vía tramo 11 entre la calle 43

5.1.2 Necesidad de la instalación.

El municipio de Rionegro requiere que esta vía quede bien iluminada para garantizar la seguridad de los habitantes, conductores y transeúntes, considerando el RETILAP.

5.1.3 Tipo de vía

La vía vehicular es clasificada de acuerdo con sus características, siendo la velocidad de circulación y el número de vehículos que circulan por ella las principales. Una vez la vía es caracterizada, de acuerdo a estas variables, se le asigna un tipo de iluminación conforme a la Tabla 1, que fue tomada de la Tabla 510.1.1a del capítulo 5 del RETILAP [3].

Tabla 1. Clases de Iluminación para Vías Vehiculares (Tabla 510.1.1 a del RETILAP)

clase de iluminacion	descripcion via	Velocidad de circulacion (km/h)		Transito del vehiculos T (veh/h)	
M1	Autopista y Carreteras	Extra alta	$v > 80$	Muy importante	$T > 1000$
M2	Vías de acceso controlado y vías rápidas	Alta	$60 < V < 80$	Importante	$500 < T < 1000$
M3	Vías principales y ejes viales	Media	$30 < V < 60$	Media	$250 < T < 500$
M4	Vías principales y ejes viales	Reducida	$V < 30$	Reducida	$100 < T < 250$
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	$T < 100$

De acuerdo con la información presentada por el cliente, la velocidad de circulación de la vía es de 50 km/h y el tránsito de vehículos es de 4000 veh/h, dado que se trata de una vía principal selecciona una clase de iluminación M3.

5.1.4 Nivel de iluminación

Una vez establecida la característica de la vía y conociendo la clase de iluminación necesaria, se establecen los requerimientos fotométricos mínimos mantenidos a través del tiempo, los cuales se condensan en la Tabla 2, la cual fue tomada de la Tabla 510.2.1b del capítulo 5 de RETILAP [3].

Tabla 2. Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclo rutas y andenes adyacentes (Tabla 510.2.1 a del RETILAP)

Tipo de vía	Calzadas vehiculares				Ciclo-rutas adyacentes	Ciclo-rutas adyacentes			
						En andenes adyacentes		Alrededor sin andenes	
	Lprom cd/m ²	U o ≥ %	U l ≥ %	TI ≤ %	Eprom luxes	U o ≥ %	Eprom luxes	U o ≥ %	SR %
M1	2,0	40	50	10	20	40	13	33	50
M2	1,5	40	50	10	20	40	10	33	50
M3	1,2	40	50	10	15	40	9	33	50
M4	0,8	40	N.R.	15	10	40	6	33	N.R.
M5	0,6	40	N.R.	15	7,5	40	5	33	N.R.

Considerando que la vía ha sido clasificada como M3, el nivel de iluminancia mínimo definido como objetivo de diseño es de 1.2 cd/m², con una uniformidad mínima de la iluminancia de 40%.

Adicionalmente, se presenta en el reglamento la Tabla 510.2.1.b, en la cual se presentan los valores mínimos mantenidos de iluminancia según el tipo de superficie de la vía. En la Tabla 3 se presentan estos valores mínimos [3].

Tabla 3. *Valores Mínimos Mantenidos de Iluminancias Promedio (Ix) en vías motorizadas (Tabla 510.2.1 b del RETILAP)*

Clase de iluminación	Valor promedio (mínimo mantenido) de Iluminancia según tipo de superficie de la vía [Luxes]			Uniformidad de la iluminancia
	R1	R2 Y R3	R4	Emin/ Eprom (%)
M3	12	17	15	34%
M4	8	12	10	25%
M5	6	9	8	18%

5.1.5 Distribución de las luminarias

Debido a que se trata de una vía con dos carriles de circulación, sentido SUR-NORTE y de acuerdo con las propiedades fotométricas de las luminarias, se define una disposición unilateral de luminarias, en la cual todas las luminarias se instalan a un solo lado de la vía. De acuerdo con lo recomendado por el RETILAP, las luminarias se ubican en el andén exterior de la curva; esto con el fin de mantener una guía visual más estable. Para la ubicación de las luminarias se tiene en cuenta lo recomendado por el RETILAP, lo cual se muestra en la Tabla 4

Tabla 4. *Recomendaciones para Disposición de Luminarias (Tabla 510.5.1 del RETILAP)*

Clase de iluminación	Altura(m)	Relacion(M)	Disposicion de las luminarias	
			Criterio	Disposicion
M1	12-14	3.5-4	Dos carriles de circulacio	Unilateral
M2	10-12	3.5-4	Dos carriles de circulacio	Unilateral
M3	8.5-10	3.5-4	Ancho de calzqada menor	Unilateral
M4	7-9	3.5-4	Unilateral	
M5	6	3.5-4	A criterio del diseñador	

Se seleccionaron poste de concreto con una altura de 10 m, esto con el fin de optimizar la distribución lumínica de las luminarias.

A partir de la Tabla 4 y teniendo en cuenta que la altura (H) de instalación de las luminarias será de 10 m, podemos obtener la separación que hay entre cada una de ellas por medio de la ecuación (1)

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

Por lo tanto, la separación entre luminarias (S) será de máximo 35 m.

Cuando las luminarias están localizadas en calzadas con pendiente, deben ser orientadas de forma que el rayo de luz en el nadir sea perpendicular a la vía, ver FIGURA 2.

Adicionalmente, los primeros 100 m o 200 m (dependiendo de la velocidad de circulación), al entrar a una sección de la calzada en pendiente la interdistancia de luminarias se reduce a $0.9 S$ (30 m), y en la cima a unos 100 o 200 m antes y después dependiendo de la velocidad de circulación, la interdistancia se reduce paulatinamente a $0.7 S$ (24 m) [3].

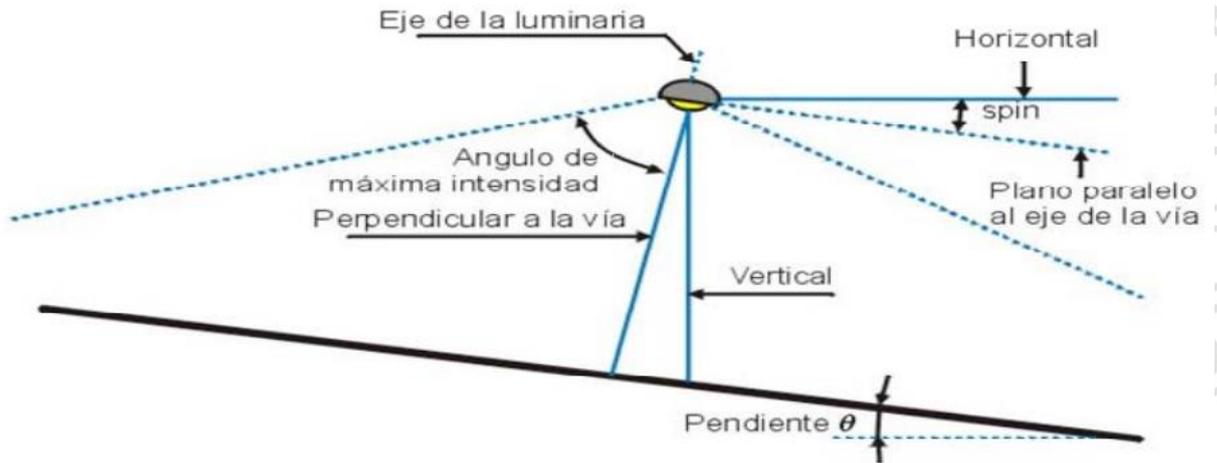


FIGURA 2. Disposición de Luminarias en calzadas con pendiente (Imagen 510.5.2 b RETILAP).

El trabajo visual del conductor se aumenta en las curvas, por lo tanto, en curvas pronunciadas (entre 30° y 90° y radio inferior a 300 m) la interdistancia se reduce hasta $0.7 S$ (24 m) cuando las luminarias se encuentran ubicadas sobre la acera exterior de la curva. Se puede observar en la FIGURA 3 [3].

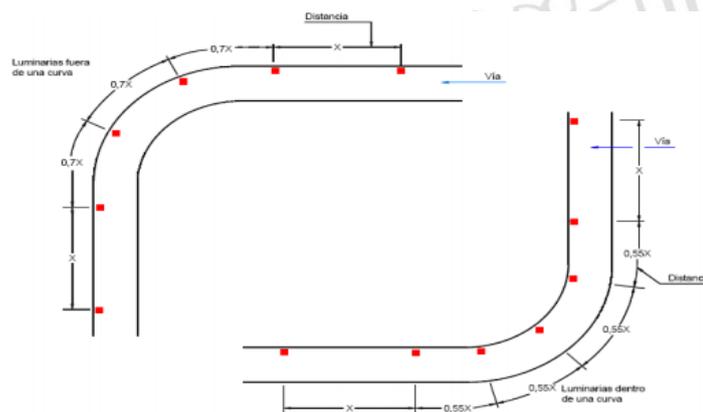


FIGURA 3. Disposición de Luminarias en trayectos curvos (Imagen 510.5.2 a RETILAP).

5.1.6 Selección del tipo de luminaria

La luminaria utilizada en el proyecto es una luminaria Philips tipo LED, T19E-1, difusor DM, potencia de 60 W, flujo luminoso de 9405(lm), tensión de alimentación

120-277 V, frecuencia de 60 Hz, grado de protección IP 66, protección mecánica IK08, dimensiones: 0.71 m de longitud, 0.36 m de ancho, y 0.10 m de altura. En la FIGURA 4 se presenta una imagen de la luminaria [9].



FIGURA 4. Luminaria Philips T19E-1 Tipo LED.

En la Figura 5 se presenta la fotometría de la luminaria Philips T19E-1.

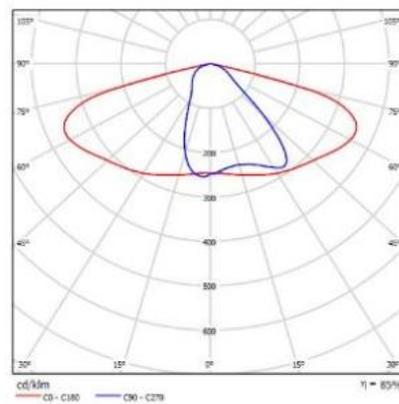


FIGURA 5. Fotometría Luminaria Philips T19E-1.

5.1.7 Selección del tipo de brazo.

El brazo utilizado para el proyecto es BRAZO (1 1/2") CURVO -3.0 m/0°, que fue tomado del manual de procedimientos de alumbrado público del municipio de Medellín. Con esta clase de brazo se puede obtener un mejor alcance al centro de la vía, evitar que los árboles generen sombra a la luminaria. En la FIGURA 6 se muestran los detalles del brazo [10].

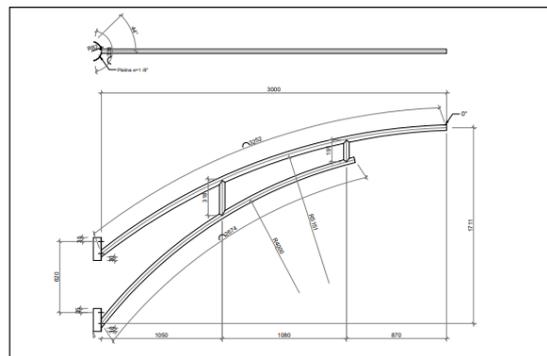


FIGURA 6. Detalle del BRAZO (1 1/2") CURVO -3.0 m/0°

5.1.8 Planificación básica

Para la realización del cálculo de los niveles de iluminancia se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- La estrategia de iluminación es de tipo lineal vehicular, por ello se seleccionan fotometrías muy amplias que abarquen una gran longitud vial.
- Para la evaluación de los niveles de iluminancia se establecen superficies de cálculo a una altura sobre el piso acabado de 0,1 m para circulación de vehículos.
- Se usa un factor de utilización de 100% , ya que se tiene previsto que todas las luminarias operen de forma conjunta.
- De acuerdo con RETILAP, sección 430.5.1, se debe considerar un factor de mantenimiento, desde el punto de vista de diseño de iluminación, se puede considerar como el sobredimensionamiento que debe ser tenido en cuenta en los valores iniciales de iluminancia horizontal de la edificación para poder cumplir con los valores de iluminancia promedio horizontal mínimo mantenido durante su funcionamiento. El factor de mantenimiento está dado por la ecuación (2).

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

Dónde:

FM: Factor de Mantenimiento

FE: Depreciación de la Luminaria por ensuciamiento

DLB: Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla

Fb: Factor de Balasto

Para la instalación eléctrica que es objeto de estudio se considera un factor de ensuciamiento y depreciación de flujo luminoso de 0,9. El factor de balasto al tratarse de luminaria LED se considera igual a 1. Por lo tanto, el factor de mantenimiento total obtenido es de 0,9 [11].

5.1.9 Simulación del nivel de iluminación

Para la realización de la simulación del nivel de iluminancia se realiza una simulación tridimensional del espacio, utilizando el programa Dialux 4.13.0.0 [12]. Los valores de iluminancia mínimos tomados como referencia y objetivo del diseño son los presentados en la Tabla 2. En ningún momento durante la vida útil del proyecto la luminancia promedio podrá ser inferior al valor mínimo establecido. En la FIGURA 7 se muestra las disposiciones de la luminaria que nos muestra el programa.

Disposiciones de las luminarias

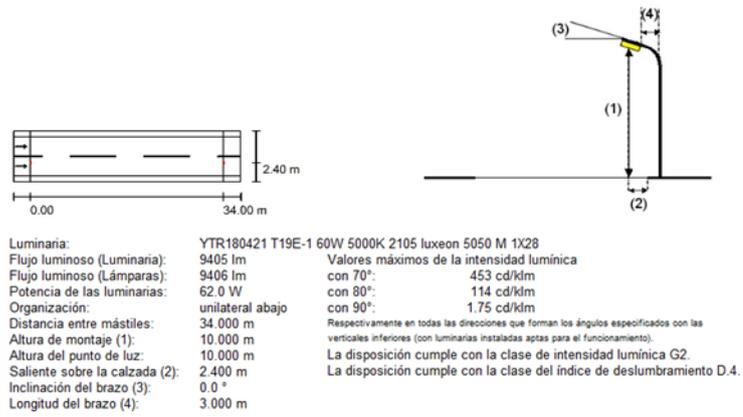


FIGURA 7. Disposiciones de las luminarias.

En la FIGURA 8, se muestran los resultados luminotécnicos, donde se observa que cumple los niveles promedio de luminancia exigido en tabla 2, con una interdistancia entre luminaria de 34m. Ancho de calzada de 7m.

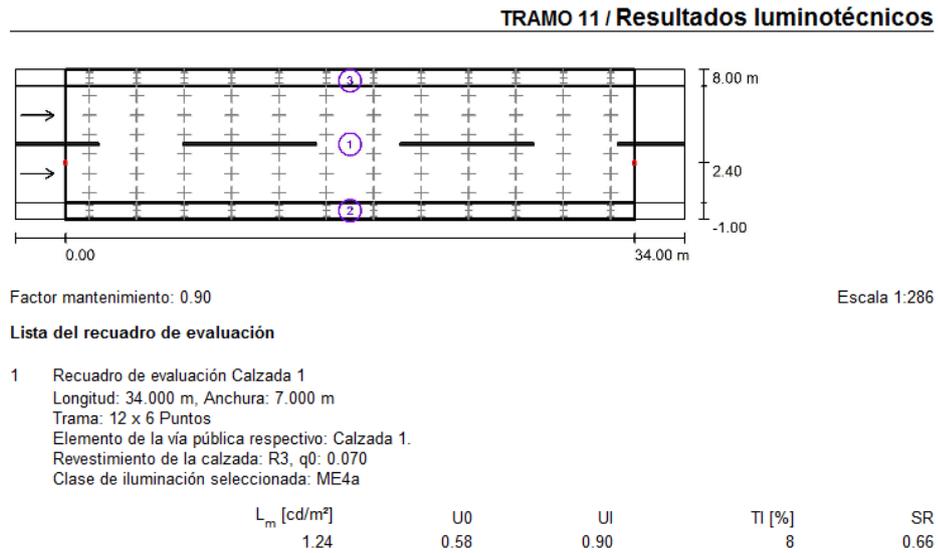


FIGURA 8. Resultados luminotécnicos.

En FIGURA 9 se muestran los resultados luminotécnicos de los andenes, donde se puede ver que cumple con los valores promedios de iluminancia exigidos.

<p>2 Recuadro de evaluación Camino peatonal 1 Longitud: 34.000 m, Anchura: 1.000 m Trama: 12 x 3 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 1. Clase de iluminación seleccionada: CE5</p>	E_m [lx] 13.12	U_0 0.57
<p>3 Recuadro de evaluación Camino peatonal 2 Longitud: 34.000 m, Anchura: 1.000 m Trama: 12 x 3 Puntos Elemento de la vía pública respectivo: Camino peatonal 2. Clase de iluminación seleccionada: CE5</p>	E_m [lx] 13.35	U_0 0.63

FIGURA 9. Resultados luminotécnicos de los andenes.

5.1.10 Diseño detallado

Se realiza una simulación tridimensional de los espacios en el software Dialux 4.13.0.0[12], donde se consideran superficies de cálculo que abarcan todas las áreas del espacio de trabajo.

5.1.11 Resultados de la simulación

Los resultados del programa de simulación evidencian que la disposición y apuntamiento de las luminaria sugeridas cumplen con los niveles recomendados, obteniendo valores medios de iluminancia aproximados al requerido. En la Tabla 5 se muestra el resumen de resultados del sistema de iluminación general con los niveles de iluminancia obtenidos en las superficies de cálculo definidas.

Tabla 5. Superficies de Cálculo Puente y Zona Aferente

N°	DESIGNACIÓN	E_m [lx]	E_{max} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min}/E_m [lx]
1	Superficie de Cálculo 1	20	12	29	0.620
2	Superficie de Cálculo 2	17	10	30	0.612
3	Superficie de Cálculo 3	19	9.95	31	0.527
4	Superficie de Cálculo 4	17	9.35	30	0.537
5	Superficie de Cálculo 5	19	9.93	33	0.525
6	Superficie de Cálculo 6	22	12	35	0.528
7	Superficie de Cálculo 7	29	19	38	0.672
8	Superficie de Cálculo 8	30	24	38	0.807
9	Superficie de Cálculo 9	31	23	40	0.743
10	Superficie de Cálculo 10	18	10	33	0.573
11	Superficie de Cálculo 11	23	12	34	0.547
12	Superficie de Cálculo 12	24	13	35	0.540

En la FIGURA 10 se presenta un diagrama con la distribución de las superficies de cálculo sobre la vía, la superficie de cálculo número 12 pertenece a la superficie debajo del puente.

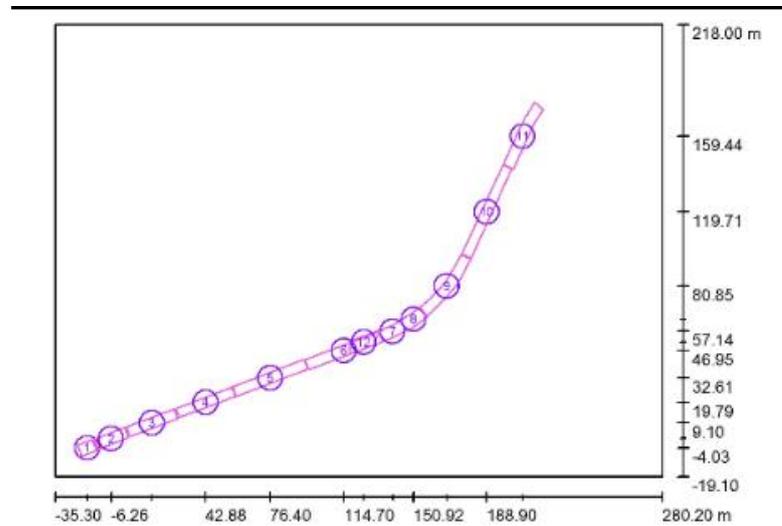


FIGURA 10. Distribución de Superficies de cálculo Sobre la Vía.

A continuación, se presentan algunas imágenes con representaciones del modelo en 3D y la iluminación obtenida:

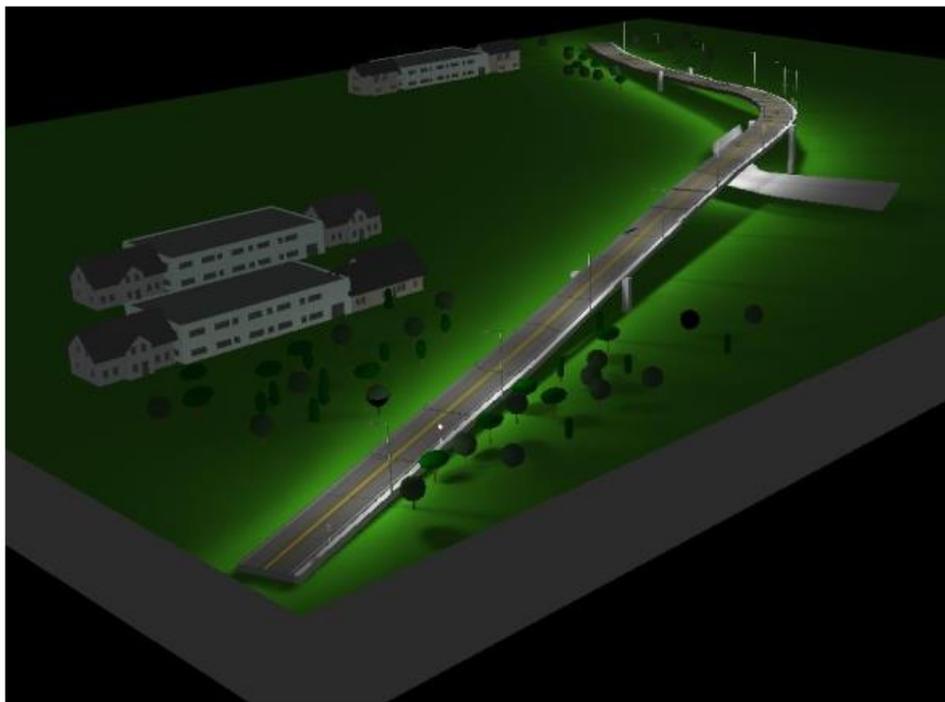


FIGURA 11. Render 3D Vía tramo 11.



FIGURA 12. Render 3D Puente Vehicular Acercamiento.



FIGURA 13. Render 3D Zona Bajo el Puente.

5.1.12 plan de mantenimiento general

Se deberá realizar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de iluminación con el fin de garantizar que los niveles de iluminancia no se deprecien a valores no óptimos. Para esto se deberá realizar una adecuada limpieza de las luminarias y seguimiento de los niveles de iluminancia con el fin de verificar que se cumpla con

los requisitos mínimos para la instalación y de reemplazar las luminarias defectuosas en caso de ser necesario. Para el caso de nuestra instalación eso se tiene que hacer cada 12 meses para mantener el flujo promedio mantenido.

5.1.13 Planos detallados

Se presentan el plano detallado, realizado en programa AutoCAD 2D, en el cual se muestra la altura de montaje, calibre de los conductores, potencia e interdistancia entre ella. Se puede ver una ilustración en la FIGURA 14.

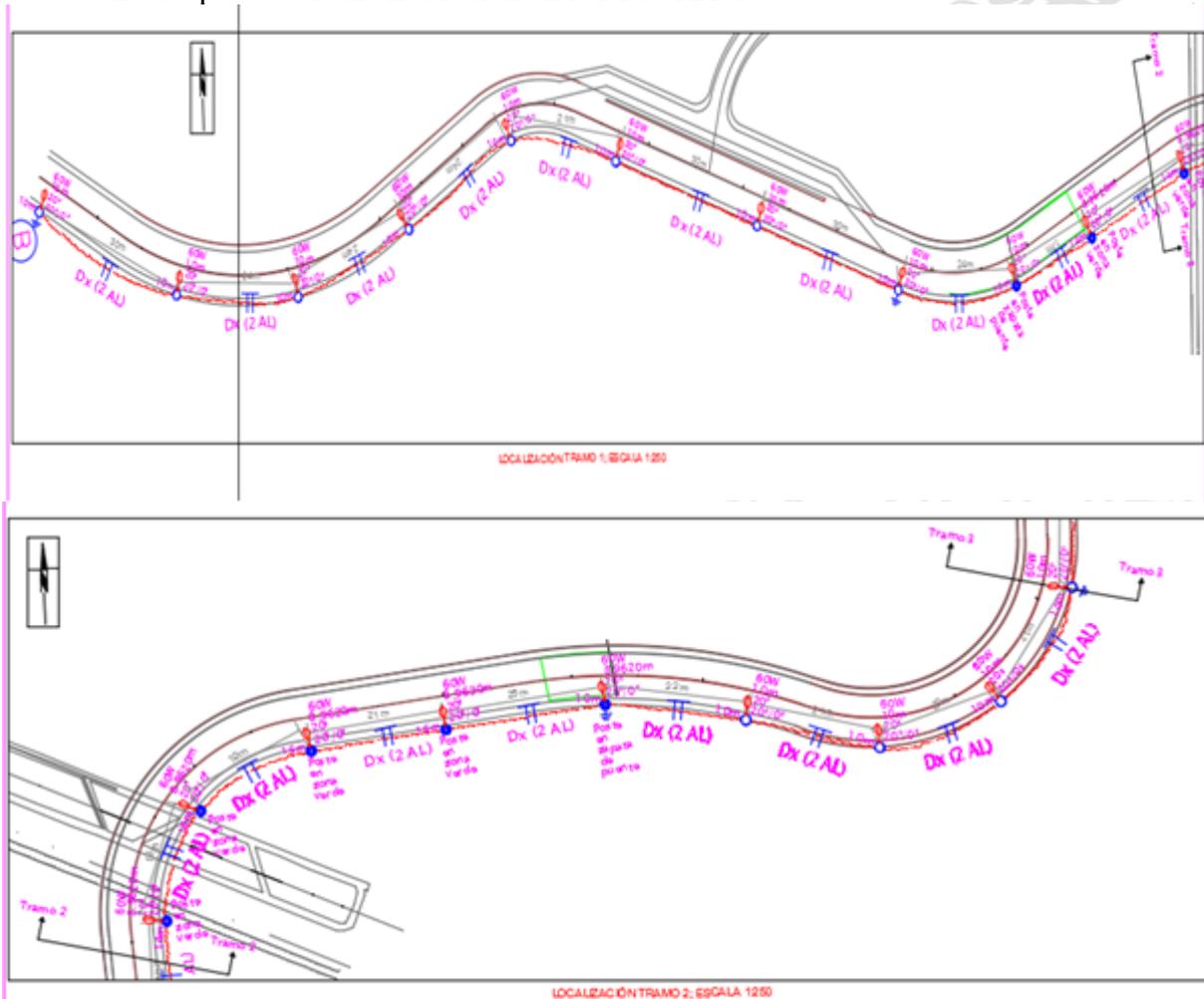


FIGURA 14. Planos detallados de Alumbrado público realizado AutoCAD 2D.

Todo plano debe tener las convenciones usadas, la norma RA8-001 establece el sistema de convenciones que se deben usar en todo proyecto, la FIGURA 15 muestra el sistema de convenciones usadas en el proyecto[13].

CONVENCIONES		
EXISTENTE	PROYECTADO	DESCRIPCIÓN
		ÚNICA SEGUNDA ABREA TRENZADA CUADRIPLIX #2
		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO
		POSTE DE CONCRETO 10m, 14m, 18m
		POSTE DE FIBRA 10m, 14m, 18m
		CONDICIONADOR DE ENERGÍA ELECTRÓNICO MULTIFUNCIONAL, 3F, 4W, 800VA, 480V
		LUMINARIA LED 60W
		PLACIA TIERRA

FIGURA 15. Convenciones utilizadas en plano de alumbrado público.

En la FIGURA 16 se ilustra el diagrama unifilar proyectado de la instalación. Obsérvese que en el diagrama unifilar se resaltan el circuito a la cual estaba conectada la instalación, los cortacircuitos primarios, el tipo de DPS para protección contra sobretensiones, el tipo de cable, el transformador de 10 kVA con tensión de 7620/480/240 V, la acometida en baja tensión en cable THHN-THWN en cobre y finalmente el tablero de medida y protecciones (2x30A) ubicado en poste primario.

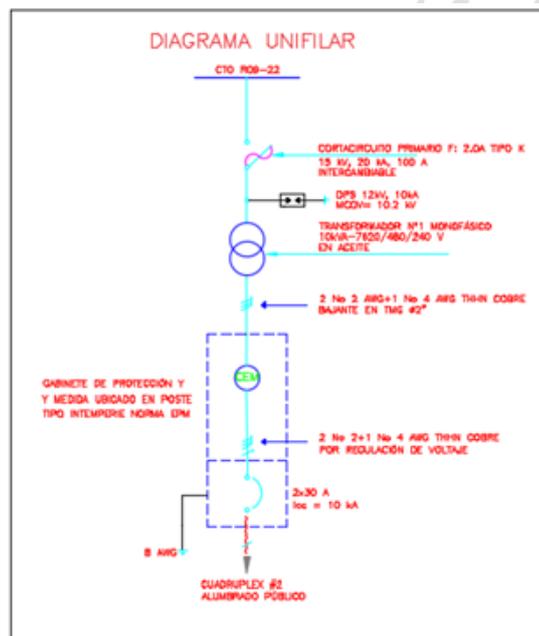


FIGURA 16. Diagrama unifilar proyectado del proyecto realizado en AutoCAD 2D.

5.1.14 Cálculos eléctricos

En la tabla 6 se presenta en cálculo de caída de tensión. Las longitudes de los circuitos y la impedancia efectiva del conductor determinarán que tanta tensión se caerá en el cable. Se debe verificar que este sea capaz de transportar la energía sin producir una caída de tensión excesiva, ya que esto puede generar que los equipos o carga a conectar trabajen inadecuadamente y la norma exige un máximo 3%.

Tabla 6. Cuadro de regulaciones.

Cálculos de Regulación del Alumbrado Público Vía Tramo 11 (Rionegro)												
Transformador N° 1 10kVA												
RAMAL T1-C												
TRAMO	No. LUMINARIAS		ACOMETID A	LONGITUD METROS	TENSION POR LUMINARIA	RAMAL	AMPACIDAD I AMPERIOS	POTENCIA ACUMULADA POR POSTE	CONSTANTE K	CIRCULAR MILS CM	CAIDA DE TENSION VOLTIOS	% CAIDA TENSION
	HPWINNER LED (90) W	HPWINNER LED (60) W	Trenza	CABLE								
T1 - A	0	0	2NB+1N10	10,00	240	T1 - A	0,00	0,0	11	52480	0,000	0,0000
A - B	16	7	2NB+1N10	560,00	240	A - B	7,75	1860,0	11	52480	5,97	2,49
POTENCIA TOTAL LUMINARIAS INSTALADAS [kVA]										1,8600		
TOTAL LUMINARIAS A INSTALAR [kVA]										23		

En la Tabla 7 se muestra el cálculo de la protección.

Tabla 7. Cálculo de protección.

MEMORIAS DE CÁLCULO - Vía Tramo 11 (Rionegro)

1. DATOS DE INTERÉS.

1.1. Descripción del Inmueble

PROYECTO ALUMBRADO PÚBLICO - Vía Tramo 11 (Rionegro)

Uso del suelo para zona	Sendero Peatonal, Vía Vehicular
Potencia de las luminarias a instalar	60W y 40W
Total Luminarias	23
VA. Total Demandados	1860

CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES TRANSFORMADOR N°1

Sistema Monofásico	
Carga a instalar	1860 W
Tensión	240 V

$$\text{CORRIENTE (I)} = \frac{1860}{240} = 7,75$$

La protección a utilizar es de: **2 x 30 A** Comercialmente

5.2 Diseño de iluminación de la unidad deportiva madero.

El diseño del sistema de iluminación para el alumbrado público en el proyecto unidad deportiva madero, se contempló las exigencias descritas en el RETILAP, dependiendo de la clasificación general, vías de acceso y andenes peatonales adyacentes a la misma; para lo cual, se procedió a realizar el cálculo luminotécnico en el software de iluminación.

5.2.1 Necesidad de la instalación

Se precisa de un sistema de iluminación (en lo posible utilización de lámparas tipo LED) y de detalle, con el análisis de cargas necesario para el funcionamiento de todo el sistema, de manera que se satisfagan las exigencias de la norma RETIE, de la norma del RETILAP y demás normativa vigente aplicable.

5.2.2 Diseño de iluminación

Para la realización del diseño de iluminación se tuvo en cuenta los datos suministrados por el cliente, la cual constaba de las medidas de las áreas a iluminar, tales como área deportiva (cancha) y el área de estar (graderías), además de la información de las alturas de las estructuras que se usarían para alojar los equipos de iluminación, atendiendo lo que aplique para el escenario en cuestión con respecto a medidas de las áreas deportivas, niveles según categoría, y grillas de medición. Es importante considerar estas condiciones para que el sistema de iluminación brinde óptimos resultados para el área evaluada.

5.2.3 Niveles de iluminancia

De acuerdo a lo anterior, en la tabla 8 se muestra las categorías consideradas en la mencionada norma, de la cual se extraerá lo que se considera le aplican para el escenario en cuestión y su tipo de iluminación [3].

Tabla 8. *Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares (Tabla 510.3. b del RETILAP).*

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

Para nuestro proyecto tenemos andenes, senderos, paseo y alamedas en parque, la clase de iluminación que se tiene adoptar en este proyecto es C3 con una iluminancia promedio mantenida de 15 lux y con una uniformidad general del 33%, incluye una cancha múltiple se incluye una clase C0 con una iluminación promedio maternidad de 50 con una uniformidad general de 40%.

5.2.4 Equipos de iluminación

Los equipos de iluminación seleccionados para el presente proyecto son luminarias marca Philips de referencia FL2C, equipadas con chips led de alta intensidad y con óptica especial y adecuada para iluminar áreas deportivas. Con la potencia seleccionada de 120W se alcanzan los niveles antes mencionados en el área deportiva y de 90W para iluminar las áreas de las graderías, manteniendo el objetivo de darle toda la importancia al área de juego sin dejar de lado la seguridad en el área de estar. En la FIGURA 17 se muestra una imagen de la luminaria [9].



FIGURA 17. Luminaria Philips FL2C Tipo LED.

En la FIGURA 18 se presenta la fotometría de la luminaria Philips FL2C.

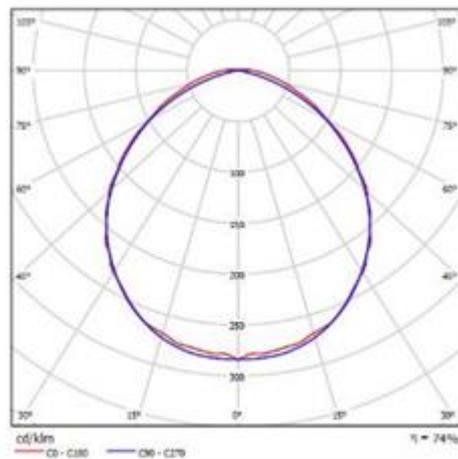


FIGURA 18. Fotometría Philips FL2C Tipo LED.

5.2.5 Parámetros del área a evaluar

Después de identificar las necesidades de iluminación y de los elementos necesarios para llevar a cabo el estudio fotométrico, se realiza el diseño con los siguientes parámetros:

- Luminarias tipo proyector: FL2C
- Potencia: 90W-120W
- Altura de montaje luminarias: 15.7m, desde centro óptico de luminaria hasta la superficie del área evaluada.
- Dimensiones área deportiva: 40mX20m

5.2.6 Resultados cálculos fotométricos

Se realiza una simulación tridimensional el software Dialux 4.13.0.0[12]. Los valores de diseño están establecidos en la Tabla 8, que se dan en iluminancia promedio.

Una vez se corren los cálculos con los parámetros y condiciones mencionadas anteriormente, se procede a generar la memoria de cálculo correspondiente en la que se puede identificar los siguientes valores en la Tabla 9.

Tabla 9. Resultados de cálculo fotométrico

Iluminancia promedio horizontal	140 Lx
U2: Uniformidad Promedio General Emin/Eprom	0.46
U1: Uniformidad Mínima General Emin/Emax	0.26

En la FIGURA 19 se presenta la trama de cálculo que entrega el programa.

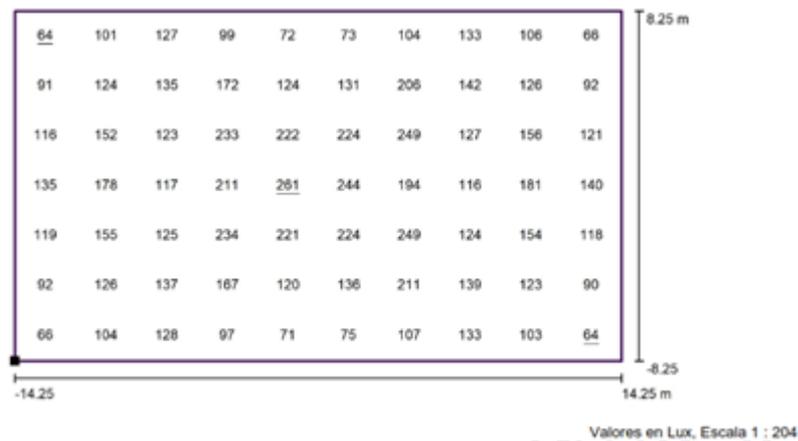


FIGURA 19. Trama de cálculo.

A continuación, se presentan algunas imágenes con representaciones del modelo en 3D y la iluminación obtenida

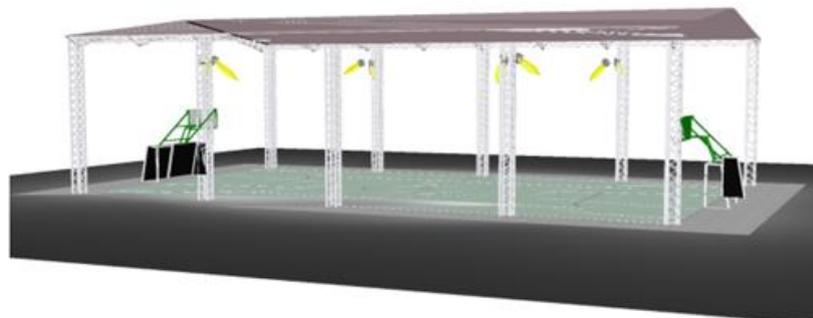


FIGURA 20. Render 3D unidad deportiva madera.

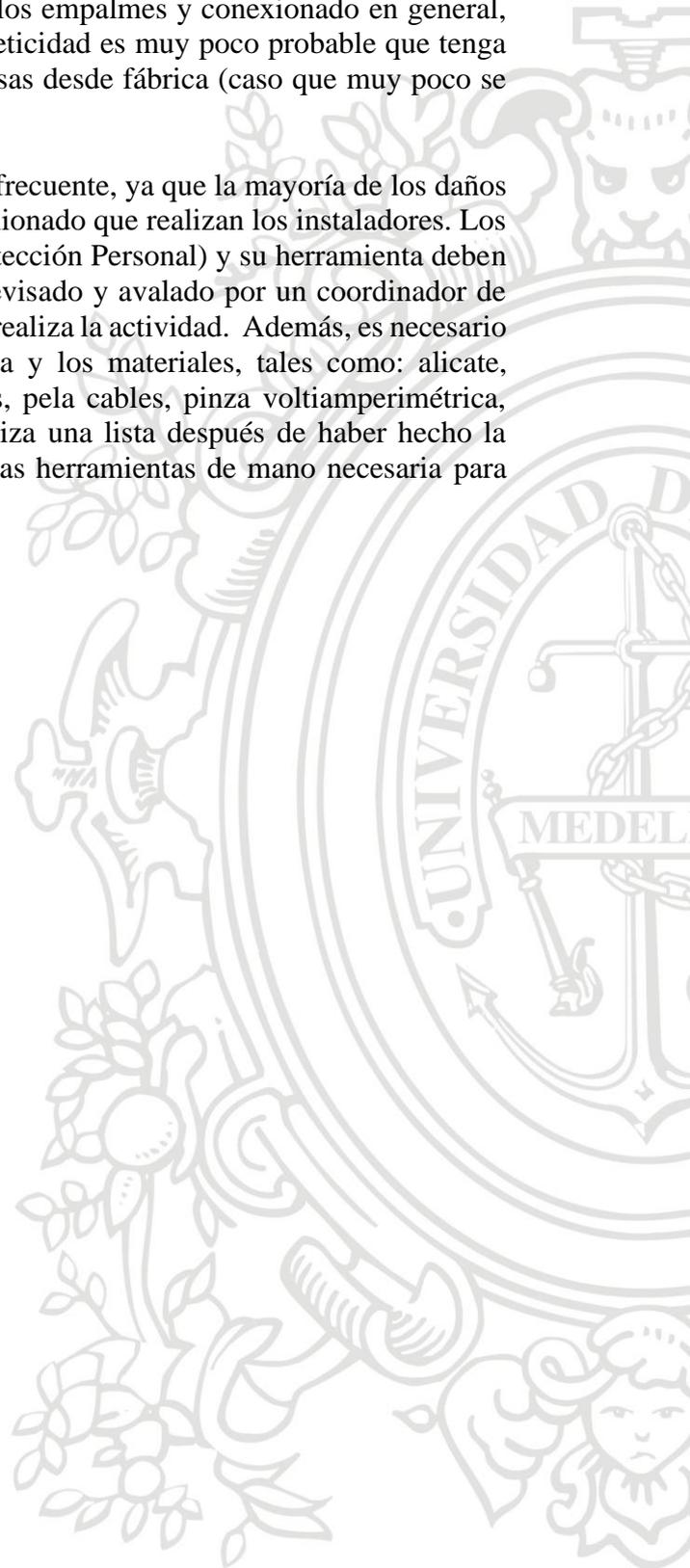
5.2.7 Guía de instalación

Las actividades de mantenimiento de se deben realizar cada 6 meses con la inspección visual y verificación de los empalmes y conexionado en general, lo que garantiza que al

realizar esta labor en ese tiempo estimado podremos evitar un mantenimiento correctivo a futuro, esto se debe hacer llevando un registro detallado de cada luminaria.

Los puntos de fallas más comunes se dan en los empalmes y conexión en general, ya que la luminaria por su exigencia de hermeticidad es muy poco probable que tenga puntos de falla, a no ser que vengan defectuosas desde fábrica (caso que muy poco se ve).

El tiempo de ocurrencia de falla es muy poco frecuente, ya que la mayoría de los daños o de mal funcionamiento se debe al mal conexión que realizan los instaladores. Los instaladores dentro de su EPP (Equipo de Protección Personal) y su herramienta deben tener su equipo de trabajo seguro en altura revisado y avalado por un coordinador de alturas, quien los debe acompañar mientras se realiza la actividad. Además, es necesario que lleven la herramienta de mano necesaria y los materiales, tales como: alicate, destornilladores, juego de llaves hexagonales, pela cables, pinza voltiamperimétrica, taladro, corta frío y, para el material, se realiza una lista después de haber hecho la inspección visual a lo cual se complementa las herramientas de mano necesaria para ejecutar la actividad con éxito.



6 Conclusiones

Es claro que cuando se realiza un diseño de iluminación de un proyecto y este se lleva a cabo, se pueden presentar desviaciones en la instalación (en cuanto a montaje, distancias entre luminarias, ángulos, áreas a evaluar) lo que puede incidir en variaciones de niveles lumínicos (niveles, uniformidades, reluctancias).

Como se expuso anteriormente y de acuerdo con las características de los escenarios evaluados y las normas vigentes que le aplican, se puede constatar que los procedimientos usados de diseño es la forma más exacta de como intervenir un proyecto.

Para el proyecto en cuestión una vez tabulados los resultados de las mediciones para iluminancia horizontal, de acuerdo con la norma, se puede corroborar que se cumplen los niveles tanto de iluminancia como de uniformidades.

Se deberá realizar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas de iluminación; para esto, se deberá realizar una adecuada limpieza de las luminarias y seguimiento de los niveles de iluminancia con el fin de verificar que se cumpla con los requisitos mínimos para la instalación y reemplazar las luminarias defectuosas en caso de ser necesario.

Finalmente, las prácticas en la empresa ENERZIANDO S.A.S fue mi primer trabajo, donde he puesto en práctica todo lo aprendido en la vida académica, teniendo en cuenta que, como ingeniero, todos los días se presentan desafíos que hay que resolver a partir de la parte técnica y de los reglamentos técnicos. Además, adquirí nuevas experiencias a nivel personal y profesional. Me siento agradecido de haber realizado mi práctica profesional en esta empresa, ya que es una empresa donde se viven los grandes valores humanos y donde existe una hermandad muy alta entre colegas, por tanto, he estado muy agradecido por la oportunidad y la confianza que ellos brindaron en mí para generar y apoyar los distintos proyectos a los que me he enfrentado hasta el momento.

7 Referencias bibliográficas

- [1] «DUMALUX | Colombia - Luces, Lámparas e iluminación LED - Alumbrado Público LED: Todo lo que Debes Saber». [En línea]. Disponible en: <http://co.dumalux.com/index.php/noticias/97-alumbrado-publico-led-debes-saber>. [Accedido: 17-oct-2019].
- [2] «Energía Eléctrica - Ministerio de Minas y Energía». [En línea]. Disponible en: <https://www.minenergia.gov.co/en/retilap;jsessionid=UKJOXpv8eg5cL6QM-9c9amoq.portal2>. [Accedido: 17-oct-2019].
- [3] D. Marzo, «REGLAMENTO TECNICO DE ILUMINACION Y ALUMBRADO PUBLICO “RETILAP”», p. 258.
- [4] «Magnitudes fotometricas - Blog». [En línea]. Disponible en: <http://samanthalaguadoo.blogdiario.com/1486495445/magnitudes-fotometricas/>. [Accedido: 17-oct-2019].
- [5] B. M. O'Donell, «FUENTES LUMINOSAS», p. 68.
- [6] «La utilidad de las curvas fotométricas || Iluminet revista de iluminación», 18-ago-2017.
- [7] «Lámparas LED: consejos para elegir el color». [En línea]. Disponible en: <https://smart-lighting.es/lamparas-led-consejos-para-elegir-el-color/>. [Accedido: 17-oct-2019].
- [8] «Características de luminarias_el código IP.pdf». .
- [9] «Alumbrado Público», *Philips*. [En línea]. Disponible en: <https://www.lighting.philips.com.co/productos/luminarias-de-externo/alumbrado-publico>. [Accedido: 17-oct-2019].
- [10] «Alcaldía de Medellín», *Alcaldía de Medellín*. [En línea]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin?NavigationTarget=navurl://0d6ce920ff47be30624a3797c2649102>. [Accedido: 17-oct-2019].
- [11] G. A. C. Galvis, «MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE ALUMBRADO PÚBLICO», p. 117.
- [12] D. GmbH, «DIALux Download», *DIAL GmbH*. [En línea]. Disponible en: <https://www.dial.de/es/dialux-desktop/download/>. [Accedido: 17-oct-2019].
- [13] «RA8_001_PRESENTACIÓN_PROYECTOS_ELÉCTRICOS.pdf». .