



Universidad Antonio Nariño

SEDE SUR

TECNOLOGIA ELECTROMECAÁNICA

**Diseño del sistema de iluminación de algunas zonas comunes
de la universidad Antonio Nariño sede sur mediante
software DIALUX en cumplimiento del reglamento técnico
de iluminación y alumbrado público (RETILAP)**

Nombre: Heber Gamboa Torres

Fecha: junio 2020

Director proyecto: Carlos Alberto Avendaño Avendaño, Andrés Leonardo Jutinico Alarcón

Diseño del sistema de iluminación de algunas zonas comunes de la universidad Antonio Nariño sede sur mediante software DIALUX en cumplimiento del reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP)

*Autor: Heber Gamboa Torres COD:11511616289
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.
Tecnología electromecánica
Universidad Antonio Nariño
Bogotá D.C. Sede Sur
Hgamboa57@uan.edu.co
Director
Carlos Alberto Avendaño Avendaño
Andrés Leonardo Jutinico Alarcón*

Resumen—“*la eficiencia energética se basa en reducir la cantidad de energía consumida por los aparatos eléctricos esto genera un ahorro en la factura de la energía eléctrica y lo que es aún más importante cuidamos el planeta. En este proyecto se llevó a cabo el diseño de iluminación para las áreas de parqueadero, hall de cafeterías y plazoleta Antonio Nariño, dando cumplimiento al reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP), reconociendo el uso razonable de la energía con el fin de contribuir al desarrollo sostenible*”.

Abstract— “*energy efficiency is based on reducing the amount of energy consumed by electrical appliances this generates savings in the electricity bill and what is even more important we take care of the planet. In this project we designed the lighting for the parking areas, the cafeteria hall and the Antonio Nariño square, in compliance with the technical regulations for lighting and street lighting (RETILAP), recognizing the reasonable use of energy in order to contribute to sustainable development*”.

Palabras Claves

Eficiencia energética, Desarrollo sostenible, Iluminación

I. INTRODUCCION

Los diseños de iluminación son técnicas que emplean la manipulación de la luz para crear calidad visual en los espacios y dar una mejor experiencia a los ocupantes. Debido a que el diseño de iluminación tiene como objeto la calidad visual de las personas, estos deben ser diseñados dependiendo de la actividad que se vaya a realizar en cada espacio, ya sea un espacio de tipo interior o exterior se debe procurar crear la

mejor experiencia para las personas que transitan estos espacios. Se requiere tener en cuenta aspectos de gran relevancia como lo son: los niveles de iluminación, la uniformidad de la luz, el índice de deslumbramiento entre otros los cuales nos dan las pautas para que la experiencia visual de los ocupantes sea de calidad.

Los diseños de iluminación deben ser enfocados al uso racional de energía para lo cual se deben emplear luminarias que tengan los mejores índices de rendimiento con respecto a la potencia consumida y los lumen aportados por cada luminaria, además de esto se requiere implementar sistemas que racionalicen el uso de la iluminación para cuando sea necesario y de esta forma optimizar el consumo de energía.

En la actualidad las instalaciones eléctricas en viviendas y edificios están construidas de acuerdo a las actividades que realizan los que habitan estos espacios; ya sea para oficinas, habitaciones, áreas comunes y demás espacios, se debe realizar diseños que consideren aspectos para que la iluminación sea eficiente y cubra todas las necesidades, teniendo en cuenta el ahorro en la energía. Debido a esto se realizaron unas mediciones previas para verificar los niveles de iluminación en la plaza central de la universidad las cuales dieron resultados en el rango de 8 lux y 24 lux, según la tabla 510.3b del RETILAP la iluminancia promedio debe estar en un mínimo de 30 lux esto nos indica que esta parte de la universidad no está cumpliendo con los niveles mínimos de iluminación

establecidos en este reglamento, el cual es de obligatorio cumplimiento.

El propósito de este artículo es diseñar el sistema de iluminación de la plazoleta Antonio Nariño, hall de cafeterías y el parqueadero en la sede sur de la universidad, para que esta sea eficiente energéticamente y este acorde a la normatividad vigente (RETILAP).

Como objetivos específicos se presentan los siguientes:

- Realizar un estudio fotométrico con uso de DIALUX, Determinando luminarias y potencia del sistema
- Definir la nueva topología para la distribución de la iluminación tipo LED, utilizando el software DIALUX a partir del flujo luminoso y la potencia consumida por el sistema de iluminación.
- Realizar un análisis comparativo de los costos al implementar el diseño.

La universidad en su compromiso de promover estudiantes calificados para las nuevas reglamentaciones en base a la eficiencia energética y la seguridad de las instalaciones, fomenta el desarrollo de proyectos que lleven a la universidad a cumplir con los reglamentos establecidos para los sistemas de iluminación, Con la realización de este diseño de iluminación se le darán herramientas a las directivas de la universidad para que en un futuro sea implementado y la universidad cumpla con las normativas vigentes para los sistemas de iluminación, al ser un diseño eficiente energéticamente se reducirán los consumos de energía y se creara conciencia en el uso racional de la energía, todo esto para una mejor calidad de vida de la población académica.

Esto permitirá posteriormente estudios de carga que se enfoquen en el uso de fuentes renovables de energía y proyectos enfocados al uso racional de energía.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. RETILAP

El RETILAP (reglamento técnico de iluminación y alumbrado público) es un reglamento establecido en Colombia desde el año 2009 en el cual se dan las directrices para que los sistemas de iluminación y alumbrado público tengan un uso racional y eficiente de la energía, además garantizar la calidad lumínica del lugar siendo la de mayor conveniencia para la actividad visual.

B. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE FUENTES LUMINOSAS Y LUMINARIAS.

Para la elección de las fuentes luminosas se deben tener en cuenta varios aspectos como lo son: eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color, vida útil de la fuente luminosa también se deben tener en cuenta aspectos arquitectónicos y económicos.

Para la selección de las fuentes luminosas se tienen a disposición los documentos fotométricos de cada una de estas fuentes en las cuales se identifican los siguientes aspectos.

C. MATRIZ DE INTENSIDADES

Este documento muestra la información de la intensidad lumínica de la fuente.

D. DIAGRAMA ISOLUX

El diagrama ISOLUX representa los niveles de iluminación que se alcanzarían a tener sobre algún plano horizontal con relación a la altura de este plano.

E. DIAGRAMA POLAR DE INTENSIDAD LUMINOSA

En este gráfico se representan la intensidad luminosa mediante un sistema de tres coordenadas (I, C, γ): “I” representa el valor numérico de la intensidad luminosa en candelas, el ángulo “C” nos dice en qué plano vertical estamos y “ γ ” mide la inclinación respecto al eje vertical de la luminaria.

F. ILUMINACIÓN EFICIENTE

Se deben aprovechar todos los avances tecnológicos en el desarrollo de fuentes luminosas con el fin de tener el mejor resultado lumínico y los menores consumos de energía posible.

En los diseños de iluminación se deben tener en cuenta las horas en las que hay menor circulación de personas para reducir el consumo de energía.

G. PROCESO DE DISEÑO DE ILUMINACION

Para realizar un diseño de iluminación se requiere de tres pasos fundamentales los cuales son:

1) ANALISIS DEL PROYECTO

En este procedimiento se analiza todas las demandas visuales y del entorno del proyecto como lo son el tipo de espacio, identificación de la población que utilizara este espacio, las características arquitectónicas, las condiciones de seguridad, entre otras todo eso para realizar un diseño que satisfaga todas las necesidades visuales y de seguridad del espacio.

2) PLANIFICACIÓN BÁSICA

Con la recopilación de las necesidades del proyecto en este paso del proceso se establecen el tipo de luminarias a utilizar y se realizan levantamientos fotométricos para con estos datos plantear la distribución de las luminarias teniendo en cuenta la iluminación natural.

3) DISEÑO DETALLADO

El diseño detallado hace referencia a las memorias de cálculo, planos de montaje de las luminarias, cálculos fotométricos, planos eléctricos de la iluminación y un análisis económico de la propuesta de iluminación, todo esto es obligatorio para espacios mayores a 500m² y donde exista concentración de personas por más de 2 horas.

H. VARIABLES FOTOMÉTRICAS

1) FLUJO LUMINOSO

El flujo luminoso es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo su unidad es el lumen (lm).

La medición de flujo luminoso debe ser realizada en laboratorios acreditados, el proceso de la medición de esta variable se realiza mediante un elemento llamado Esfera de Ulbricht en cuyo interior se ubica la fuente luminosa a medir.

2) ILUMINANCIA

La iluminancia es la densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx).

La medida de esta variable se realiza mediante un equipo llamado luxómetro en el cual influyen tres componentes como lo son:

Sensibilidad: rango de iluminación que cubre dependiendo si será utilizado para medir luz natural, iluminación interior o exterior nocturna

Corrección de color: se refiere a que el instrumento tiene un filtro de corrección, para que el instrumento tenga una sensibilidad espectral igual a la del Observador

Corrección de coseno: significa que la respuesta del medidor de iluminancia a la luz que incide sobre él desde direcciones diferentes a la normal sigue la ley de coseno.

3) LUMINANCIA

La luminancia se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea un punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. La unidad de la luminancia es candela sobre metro cuadrado (cd/m²).

La medida de la luminancia se realiza con un dispositivo llamado luminancímetro este aparato posee un sistema óptico que enfoca la imagen sobre un detector, mirando a través del sistema óptico el operador puede identificar el área sobre la que está midiendo la luminancia, y usualmente muestra la luminancia promedio sobre esta área.

4) EFICIENCIA LUMINOSA

La eficiencia luminosa hace referencia a la relación entre el flujo luminoso y la potencia absorbida por la fuente luminosa, esta variable se expresa de la siguiente forma:

$$Eficiencia = \frac{lumen}{watt} = \frac{\phi}{P}$$

5) INDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICO (IRC)

Esta variable indica la exactitud con la que la luz de la fuente luminosa muestra los colores de los objetos en comparación a la luz natural, valores entre 90 y 100 indican un IRC óptimo y garantiza resultados perfectos con respecto a la reproducción del color de los objetos. A continuación, se muestra un ejemplo tomado del blog compratuled.es [12]



Fig.1 Ejemplo IRC tomado de [12]

6) TEMPERATURA DEL COLOR

La teoría indica que la temperatura del color que emite una fuente de luz está dada en comparación al color que emite un cuerpo negro teórico cuando se calienta a una temperatura dada. La temperatura del color está dada en grados kelvin y su rango va desde 1900°K hasta 10000°K, 1900°K se compara con el color de la luz que emite una vela y 10000°K es comparado con el color azul que tiene la atmosfera.

I. NIVELES DE ILUMINACIÓN O ILUMINANCIAS Y DISTRIBUCIÓN DE LUMINANCIAS.

En lugares de trabajo se debe asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia de la Tabla 440.1 (RETILAP), adaptados de la norma ISO 8995. Los valores indicados en esta tabla deben ser tomados como meta para el diseño de la iluminación. Una buena distribución de luminancias ayuda a la agudeza visual y eficiencia de las funciones oculares esto hace que esta distribución es de vital importancia en el desarrollo del diseño de iluminación.

J. DESLUMBRAMIENTO

El deslumbramiento es la sensación que produce el brillo dentro del campo de visión. Una de las causas del deslumbramiento se produce cuando las fuentes de luz tienen una luminancia superior a la luminancia general existente.

III. ESTUDIO FOTOMOMÉTRICO

A. CONDICIONES DE ILUMINACIÓN ENCONTRADAS

Se realizaron diferentes mediciones con el luxómetro LUTRON LM-81LX en las áreas correspondientes al parqueadero, plazoleta Antonio Nariño y hall de cafeterías obteniendo los siguientes resultados:

En la Tabla 1 se muestran las mediciones de nivel de iluminación promedio para el parqueadero, la plazoleta, Hall de cafeterías:

	PARQUEADERO	PLAZOLETA ANTONIO NARIÑO	HALL DE CAFETERIAS
NIVEL DE ILUMINACIÓN PROMEDIO (lx)	13	10	14

Tabla 1
Iluminación promedio en zonas de estudio

Con estos resultados y tomando como referencia la tabla 2 (tabla 5.9 norma europea EN 12464-2 [1]) y la tabla 3 (tabla 510.3 b RETILAP [2]) mostradas a continuación, se evidencia que el nivel de iluminación de la plazoleta y el hall de cafeterías están por debajo de los estándares mientras que en el parqueadero el nivel de iluminación es óptimo, pero se podría

optimizar el consumo de energía migrando a luminarias con mejor rendimiento

Tabla 2
Niveles de iluminación para zona de parqueadero

Tabla 5.9 – Áreas de aparcamiento

Nº ref.	Tipo de área, tarea o actividad	\bar{E}_m lx	U_o -	R_{GL} -	R_s -	Requisitos específicos
5.9.1	Tráfico ligero, por ejemplo, áreas de aparcamiento de tiendas, casas adosadas y edificios de apartamentos; parques de bicicletas	5	0,25	55	20	
5.9.2	Tráfico medio, por ejemplo, áreas de aparcamiento de almacenes comerciales, edificios de oficinas, plantas, complejos deportivos y multiusos	10	0,25	50	20	
5.9.3	Tráfico pesado, por ejemplo, áreas de aparcamiento de escuelas, iglesias, centros comerciales importantes, complejos deportivos y multiusos	20	0,25	50	20	

Tabla 3
Niveles de iluminación para zona de plazoleta y hall de cafeterías

Clasificación	Clase de iluminación	Iluminancia promedio (luxes)	Uniformidad general $U_o \geq \%$
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

Tabla 510.3 b. Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares. Activar Window

B. SELECCION DE LUMINARIAS

1) *Parqueadero*: para esta área se seleccionaron dos tipos de luminarias las cuales serán descritas a continuación.

- a) **Raled 16 led 29**: en las figuras 2 y 3 se muestra la luminaria y el diagrama polar correspondiente a este tipo de luminaria, se seleccionó para iluminar el parqueadero por sus características constructivas ya que es una luminaria con un IP 66 esto nos da un nivel de protección adecuado para el área en el que va a ser utilizada, el diagrama polar y la temperatura del color de esta luminaria son adecuadas para parqueaderos ya que el uso de estas áreas es de tránsito permanente y solo se necesita definición de los contornos.



Fig. 2 luminaria Raled 16 led 29 tomada de [3]

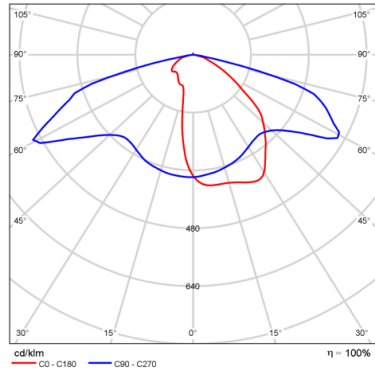


Fig. 3 diagrama polar luminaria Raled 16 led 29 tomada de [3]

b) *Delta light Topix LX WW: en las figuras 4 y 5 se muestra la luminaria y el diagrama polar correspondiente a este tipo de luminaria, esta luminaria se tomó debido a que las luminarias Raled esta ubicadas a una altura de 8.4 m y la caseta donde está ubicada la planta de la universidad está por debajo de esta altura, esto genera una sombra en esta área del parqueadero, para mitigar la deficiencia luminosa se seleccionó esta luminaria tipo aplique con protección IP55 la cual es adecuada para este espacio.*



Fig. 4 luminaria Delta light Topix LX WW tomada de [4]

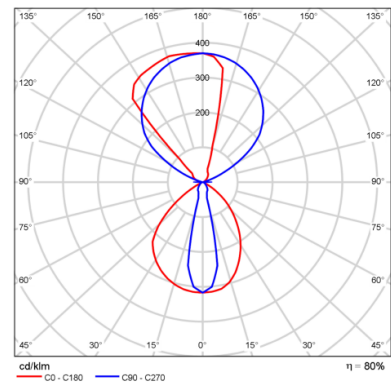


Fig. 5 diagrama polar luminaria Delta light Topix LX WW tomada de [4]

Estas luminarias cuentan con una vida útil de 100000 h, su tensión de alimentación esta entre 120V y 240V, estos datos técnicos se encuentran resumidos en la tabla 4:

Tabla 4
Especificaciones técnicas luminarias parqueadero

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LUMINARIAS							
Marca	Flujo luminoso [lm]	Potencia [W]	Temp [°K]	Eficacia [lm/W]	IP	Tensión [V]	Vida útil [h]
RALED	3505	27	4000	100	66	120-277	100000
DELTA LIGHT	215	8	3000	27	55	120-240	100000

2) *Plazoleta Antonio Nariño: para esta área se seleccionaron las siguientes luminarias:*

a) *Sylvania Floodline 3: en las figuras 6 y 7 se muestra la luminaria y el diagrama polar correspondiente a este tipo de luminaria, esta luminaria se seleccionó para el área perimetral de la plazoleta que no está cubierta bajo techo comprendida entre los bloques 2 y 3, estas luminarias tienen un IP65 que es un índice de protección adecuado para el lugar en el que se va a instalar, el diagrama polar de esta luminaria nos indica que tiene una difusión de la luz amplia y es perfecto para el lugar ya que es un área que requiere buena iluminación debido al flujo de personas que transitan por este lugar.*



Fig. 6 luminaria Sylvania Floodline 3 - 21W tomada de [5]

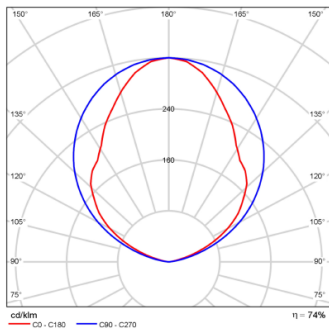


Fig. 7 diagrama polar luminaria Sylvania Floodline 3 - 21W tomada de [5]

b) **Philips LED40S/830:** en las figuras 8 y 9 se muestra la luminaria y el diagrama polar correspondiente a este tipo de luminaria, esta luminaria se seleccionó para iluminar los pasillos que se encuentran en el perímetro de la plazoleta comprendidos entre la biblioteca, oficina de atención al estudiante y auditorio Nelson Herrera, estos espacios necesitan un nivel de iluminación óptimo debido a que además de que tiene un alto tráfico de estudiantes también se utilizan estos espacios para actividades académicas esporádicas, esta luminaria es de tipo interior ya que los pasillos tienen techo y será instalada en el techo de estos pasillos, al igual que la luminaria Floodline 3 el diagrama polar tiene una difusión de luz amplia.



Fig. 8 luminaria Philips LED40S/830 tomada de [6]

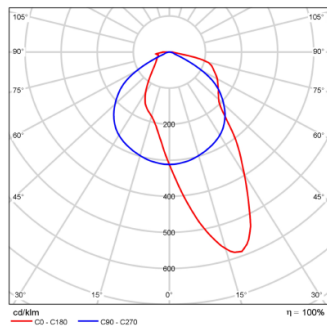


Fig. 9 Diagrama polar luminaria Philips LED40S/830, tomada de [6]

c) **Sylvania LED Spring:** en las figuras 10 y 11 se muestra la luminaria y el diagrama polar correspondiente a este tipo de luminaria, esta luminaria se seleccionó para las áreas centrales de la plazoleta, su diseño es acorde al tipo de arquitectura, debido a su particular disposición y al diagrama polar es ideal para el área en el cual se va a instalar, cuenta con IP65 lo cual nos brinda un índice de protección óptimo.



Fig. 10 luminaria Sylvania LED Spring, tomada de [7]

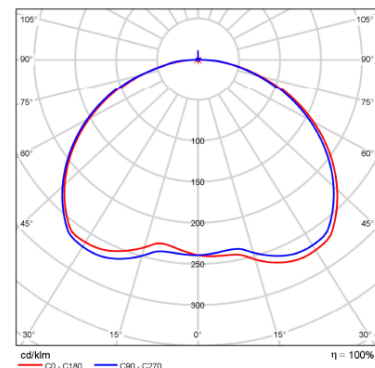


Fig. 11 Diagrama polar luminaria Sylvania LED Spring, tomada de [7]

d) **Philips LED40S/840:** en las figuras 12 y 13 se muestra la luminaria y el diagrama polar correspondiente a este tipo de luminaria, esta luminaria se seleccionó para el área periférica del auditorio Nelson Herrera, debido a que ese espacio es utilizado para actividades académicas debe tener un nivel de iluminación óptimo, estas luminarias tienen un flujo luminoso de 4200 lm esto hace resaltar esta área entre toda la plazoleta.



Fig. 12 luminaria Philips LED40S/840, tomado de [8]

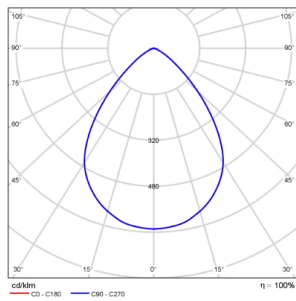


Fig. 13 diagrama polar luminaria Philips LED40S/840, tomada de [8]

- e) **SYLVANIA PATHE G/S5:** en las figuras 14 y 15 se muestra la luminaria y el diagrama polar correspondiente a este tipo de luminaria, esta luminaria se seleccionó para el área que corresponde a la fuente que se encuentra ubicada al frente de la biblioteca, estas luminarias serán instaladas alrededor de la fuente incrustadas en el piso, las luminarias son especiales para este tipo de uso y tienen la protección IP adecuada.



Fig. 14 luminaria SYLVANIA PATHE G/S5, tomado de [9]

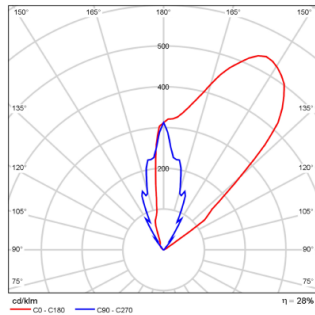


Fig. 14 diagrama polas luminaria SYLVANIA PATHE G/S5, tomado de [9]

En la tablas 5 están Las especificaciones de las luminarias son las siguientes:

Tabla 5

Especificaciones técnicas luminarias plazoleta Antonio Nariño

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LUMINARIAS							
Marca	Flujo luminoso [lm]	Potencia [W]	Temp [°K]	Eficiencia [lm/W]	IP	Tensión [V]	Vida útil [h]
SYLVANIA LUM LED SPRING	2900	45	4000	64	65	120-277	50000

Philips PSED-E LED40S/8 40 C	4000	32	3000	131	20	220-240	50000
SYLVANIA FLOODLINE 3	1910	48	3000	59	65	230	50000
Philips LED40S/8 30 PSD A20	4000	27	3000	148	20	220-240	50000
SYLVANIA PATHE G/S5	6500	71	4200	26	67	220-240	50000

- 3) **Hall de cafeterías:** para esta área se seleccionaron las siguientes luminarias:

- a) **Sylveo LED 3000LM:** en las figuras 16 y 17 se muestra la luminaria y el diagrama polar correspondiente a este tipo de luminaria esta luminaria, se seleccionó para el área perimetral comprendida entre los bloques 2, 4, 3 y 7, estas áreas son de alto tránsito de estudiantes y también se realizan varias actividades académicas, las luminarias brindan un flujo luminoso de 3173 lm cada una esto hace resaltar esta área con respecto al resto



Fig. 16 luminaria SYLVANIA Sylveo LED 3000LM

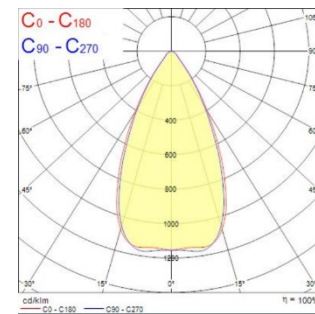


Fig. 17 diagrama polar luminaria SYLVANIA Sylveo LED 3000LM, tomado de [10]

b) **Philips Mini 300 LED gen3:** en las figuras 18 y 19 se muestra la luminaria y el diagrama polar correspondiente a este tipo de luminaria, esta luminaria tipo reflector, se seleccionó para el área donde se encuentra la zona verde que une las dos cafeterías, estos reflectores cuentan con la protección IP66 el cual es el adecuado para el lugar en el que va a ser instalado, seleccionaron reflectores de este tipo ya que es un área grande y amplia, estos reflectores tienen un diagrama polar que distribuye la luz de manera uniforme en un amplio rango.



Fig. 18 luminaria Philips Mini 300 LED gen3, tomado de [11]

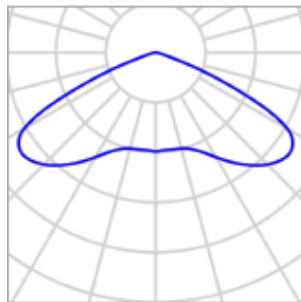


Fig. 19 diagrama polar luminaria Philips Mini 300 LED gen3, tomado de [11]

En la tabla 6 se especifican las características técnicas de cada luminaria seleccionada:

Tabla 6
Especificaciones técnicas luminarias hall de cafeterías:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS LUMINARIAS							
Marca	Flujo luminoso [lm]	Potencia [W]	Temperatura [°K]	Eficiencia [lm/W]	IP	Tensión [V]	Vida útil [h]
SYLVANIA Sylveo LED 3000LM	3189	30.3	4000	105	66	100-240	50000
philips Mini 300 LED gen3	4000	32	3000	131	20	220-240	50000

C. CÁLCULOS FOTOMÉTRICOS:

Para los cálculos fotométricos se tomó un factor de mantenimiento global el cual corresponde al 0.8 ya que para cálculos de iluminación exterior led es el más recomendado y se tomaron como referencia la tabla 510.3 b del RETILAP y la tabla 5.9 de la norma europea EN 12464-2 mencionadas anteriormente en las tablas 2 y 3, teniendo en cuenta los parámetros indicados en las tablas mencionadas se procedió a realizar los cálculos fotométricos mediante el software Dialux evo 9.0 dando los siguientes resultados para las áreas de cálculo correspondientes al parqueadero, hall de cafeterías y plazaleta Antonio Nariño:

1. PARQUEADERO

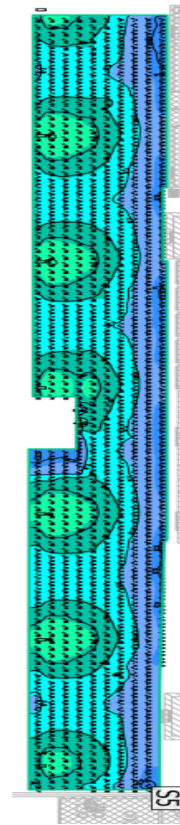
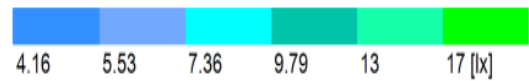


Fig. 20 intensidad lumínica parqueadero

Propiedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2	Índice
Parqueadero	9.11 lx	4.23 lx	16.5 lx	0.46	0.26	SS
Intensidad lumínica horizontal						
Altura: 0.000 m						

Fig. 21 Resultados cálculos fotométricos Dialux evo para área de parqueadero

Como se evidencia en la figura 20 y 21 los resultados de los cálculos para el área del parqueadero indican una intensidad lumínica promedio (\bar{E}) de 9.11 lx, esto con una iluminancia mínima (E_{min}) de 4.23 lx y una iluminancia máxima (E_{max}) de 16.5 lx, para el área de cálculo se obtuvo una uniformidad g_1 de 0.46 lo cual indica que cumple con los parámetros de la Tabla 2 en la que dice que para parqueaderos de tráfico ligero la intensidad lumínica promedio debe de ser mínimo 5 lx y la uniformidad mínima es del 0.25.

Nota: la variable g_2 hace referencia a la desigualdad de la iluminancia en una superficie este dato es tenido en cuenta para diseños de alumbrados de emergencia, para este caso esta variable no es relevante.

2. PLAZOLETA ANTONIO NARIÑO

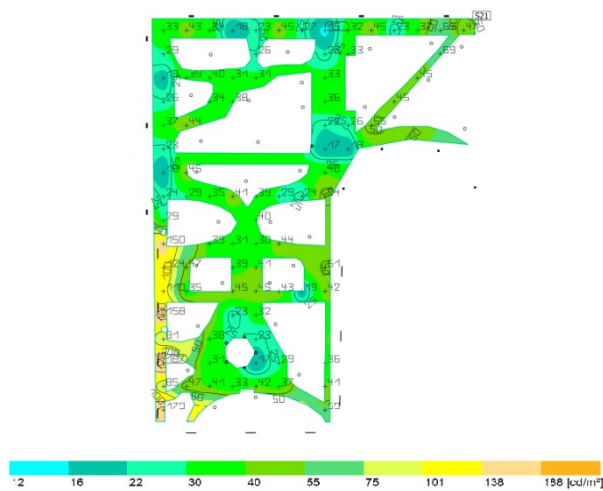


Fig. 22 intensidad lumínica plaza Antonio Nariño

Propiedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
plazoleta Intensidad lumínica horizontal Altura: 0.100 m	44.1 lx	15.0 lx	187 lx	0.34	0.08

Fig. 23 resultados cálculos fotométricos Dialux evo para área de parqueadero

Para los cálculos de intensidad lumínica de la zona de la plazoleta Antonio Nariño las áreas blancas en la figura 22 hacen referencia a las zonas de jardinería en las cuales no es necesario realizar cálculos de intensidad ya que nos son áreas de tránsito. En la figura 23 los resultados para el área de la plazoleta Antonio Nariño indican una intensidad lumínica promedio (\bar{E}) de 44.1 lx, iluminancia mínima (E_{min}) de 15lx e iluminancia máxima (E_{max}) de 187 lx, para esta área de cálculo

se obtuvo una uniformidad g_1 de 0.34 lo cual indica que cumple con los parámetros de la figura 13 donde refiere para plazas y plazoletas la intensidad lumínica promedio debe ser mínimo 30 lx y la uniformidad mínima es del 0.33.

3. HALL DE CAFETERIAS

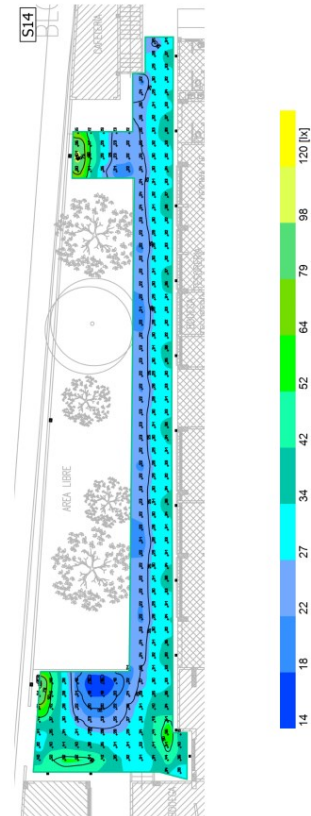


Fig. 24 intensidad lumínica Hall de cafeterías

Propiedades	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
TRANSITO CAFETERIAS Iluminancia perpendicular Altura: 0.000 m	31.9 lx	16.1 lx	103 lx	0.50	0.16

Fig. 25 resultados cálculos fotométricos Dialux evo para hall de cafeterías

Para los cálculos de intensidad lumínica del área comprendida en el hall de cafeterías al igual que en el cálculo de la plazoleta Antonio Nariño el área blanca de la figura 24 hacen referencia a la zona de jardinería. En la figura 25 los resultados para el área del hall de cafeterías indican una intensidad lumínica promedio (\bar{E}) de 31.9 lx, iluminancia mínima (E_{min}) de 16.1lx e iluminancia máxima (E_{max}) de 103 lx, para esta área de cálculo se obtuvo una uniformidad g_1 de 0.5 lo cual indica que cumple con los parámetros de la ya que se podrían tomar

los mismos parámetros de plazas y plazoletas debido a que el uso del lugar es similar.

IV. DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS

La distribución de luminarias para áreas exteriores no se rigen por el método que se utiliza en diseños de iluminación interior el cual nos dice que de acuerdo al área total y la iluminancia requerida, nos da cierto número de luminarias las cuales deben ir equidistantes, esto no es válido en diseños de iluminación exterior ya que la ubicación de las luminarias para exteriores depende de la topología del lugar y el uso de las áreas, para la distribución de las luminarias se realizó un método de prueba y error el cual consiste en ubicar las luminarias en los lugares adecuados según el uso del área teniendo en cuenta no obstaculizar el tránsito de los vehículos y de las personas, a continuación:

A. PARQUEADERO

Las luminarias se ubican a una altura de 8 metros y con una distancia aproximada a 17m entre ellas esto debido a que existen obstáculos como lo es la caseta de la planta de la universidad, el portón de la entrada vehicular y la puerta de la entrada peatonal, esto hace que las distancias entre cada lámpara no sean las mismas como se evidencian en la figura 26 imagen. (en el plano anexo “distribución luminarias parqueadero” se encuentra este plano con más detalle)

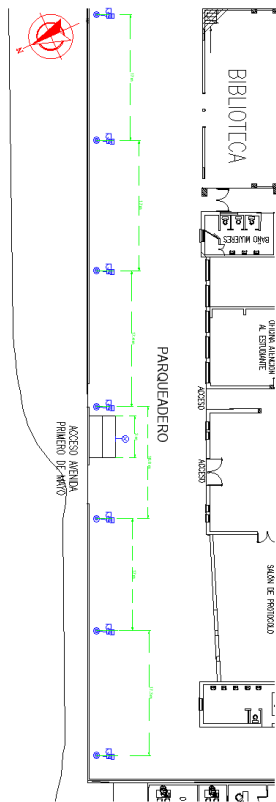


Fig.26 Distribución luminarias en parqueadero

B. HALL DE CAFETERIAS

Para la distribución de estas luminarias se tomó en cuenta los lugares donde hay más tránsito de personas y se ubicaron sobre estos pasillos, las luminarias que están ubicadas sobre el bloque 2 están a una altura de 2.5 m y una equidistancia entre ellas de 8m, los reflectores que están ubicados sobre el cerramiento perimetral de la parte trasera de la universidad están ubicados a una altura de 3m y una equidistancia de 28m entre ellos, las luminarias que están ubicadas en la entrada de la cafetería del bloque 4 están a una equidistancia de 4.6m como se muestra a continuación en la figura 27 (en el plano anexo “distribución luminarias hall de cafeterías ” se encuentra este plano con más detalle)

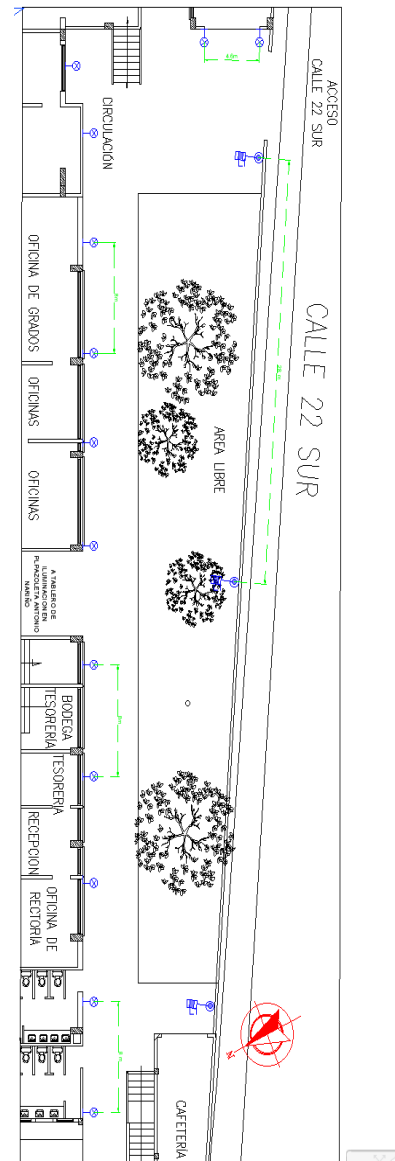


Fig. 27 Distribución luminarias en cafeterías

C. PLAZOLETA ANTONIO NARIÑO

Debido a la cantidad de luminarias (58 en total) evidenciadas en la figura 28, para este lugar solo se mencionarán las medidas de la altura a las que están ubicadas los diferentes tipos de luminarias, en el anexo “distribución luminarias plazoleta Antonio Nariño” se encontrara con más detalle la distribución de las luminarias.

- Las luminarias Sylvania led spring, están ubicadas a una altura de 4.5 m
- Las luminarias Sylvania Floodline 3, están ubicadas a una altura de 4.3 m
- Las luminarias Philips 40S/840 C, están ubicadas a una altura de 4m
- Las luminarias 4 x Philips 40S/830 PSD, están ubicadas a una altura de 3.2m
- Las luminarias Sylvania Pathe G/S5, están empotradas en el piso alrededor de la fuente.

La altura de las luminarias se tomó haciendo pruebas de ensayo y error buscando una uniformidad ($g1$) mayor a 0.33 sobre el área de cálculo de la plazoleta Antonio Nariño.



Fig. 28 Distribución luminarias en plazoleta Antonio Nariño

D. SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN, COMANDO Y CONTROL ELÉCTRICO:

Como objetivo de este proyecto no se planteó el diseño de sistemas de mando y control del sistema de iluminación, sin embargo, se realizaron los siguientes planos eléctricos indicando las líneas de mando de cada circuito, como sistema de mando y control se plantea que desde el tablero de iluminación se prendan o apaguen los circuitos de iluminación con los Breakers correspondientes a cada circuito de

iluminación. En las figuras 29, 30 y 31 se muestra una vista previa de los circuitos de iluminación para la alimentación de las luminarias en cada espacio

1. PLAZOLETA ANTONIO NARIÑO

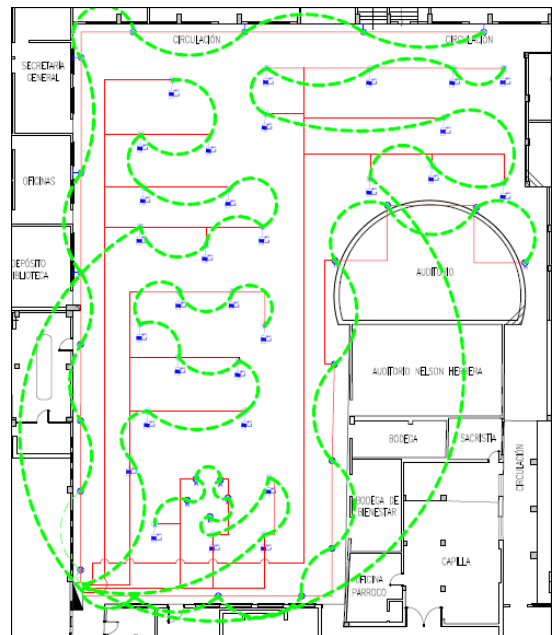


Fig. 29 plano eléctrico control de iluminación plazoleta Antonio Nariño

2. PARQUEADERO

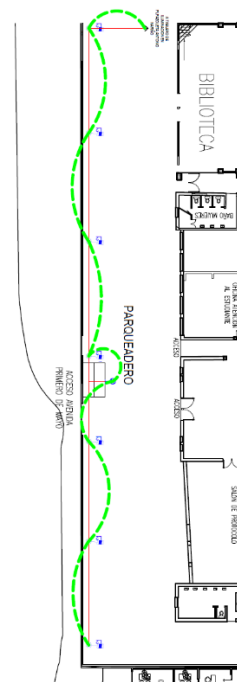


Fig. 30 plano eléctrico control de iluminación parqueadero

3. HALL DE CAFETERIAS

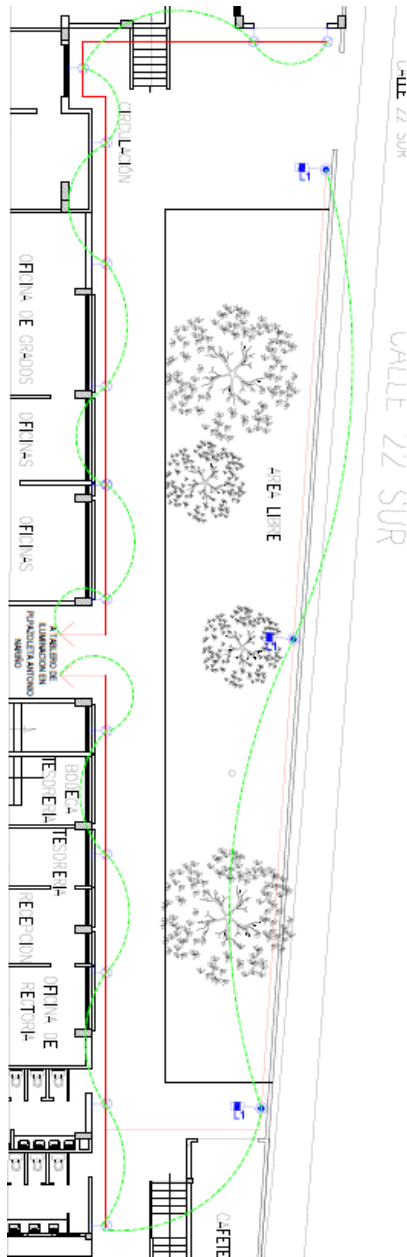


Fig. 31 plano eléctrico control de iluminación parqueadero

Nota: en los anexos “distribución eléctrica parqueadero”, “distribución eléctrica plazoleta Antonio Nariño” y “distribución eléctrica hall de cafeterías” se encuentra más detallado las imágenes anteriores

V. PROPUESTA FUNCIONAL DE LA INSTALACIÓN PARA PROPICIAR EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

Para realizar un uso racional de la energía se propondrá además de solo utilizar esta iluminación para un horario entre las 18:00

horas y las 06:00 del día siguiente, también se prevé utilizar el 50% de la iluminación entre las 22:00 horas y 06:00 horas del día siguiente, para esto se le brindarán indicaciones al personal de seguridad para que cuando la universidad termine las actividades académicas después de las 22:00 horas solo quede encendida la siguiente iluminación:

- Parqueadero: esta iluminación debe quedar encendida ya que está alimentada por un solo circuito ramal y debido a que es un espacio que queda sobre la avenida primera de mayo debe contar con la iluminación adecuada para brindar seguridad.
- Plazoleta Antonio Nariño: para esta iluminación se plantea dejar encendidas las luminarias correspondientes a las zonas periféricas las cuales corresponden a 2 circuitos ramales de los 5 que se encuentran en la plazoleta con esto se brindaría al personal de seguridad la iluminación suficiente para transitar a través de la plazoleta y se reduciría considerablemente el consumo de energía.
- Hall de cafeterías: para esta área solo se dejará encendido el circuito ramal que alimenta los reflectores y las luminarias que están contiguas a los baños, con esto se garantiza suficiente iluminación para transitar por el hall de cafeterías para el personal de seguridad y se reduce en un 50% el consumo de energía en esta zona.

A. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Ya que el índice de depreciación de las luminarias esta entre L70 y L90 (el índice de depreciación indica que al final de su vida útil la luminaria tendrá un rendimiento del 70%, 80% o 90% con respecto a la luminancia inicial al final de su vida útil), se realizará mantenimiento a las luminarias cada año para así poder tener niveles de iluminación adecuado constantemente y así mantener la vida útil del sistema de iluminación.

VI. ANÁLISIS DE COSTOS DEL PROYECTO

El consumo energético es uno de los problemas de mayor importancia en el diario vivir de nuestra sociedad, una de las alternativas que hoy en día se ha venido fortaleciendo es el uso de la tecnología LED, estas fuentes luminosas requieren menos energía que los diferentes tipos de luminarias que se encuentran en el mercado, lo que se convierte en la ventaja principal frente a las demás, por ello se escogió para este proyecto el uso de esta tecnología para los diseños de iluminación, aunque esta tecnología es más costosa con respecto a las demás, representa un beneficio a largo plazo debido a que la vida útil de estas luminarias son mayores que las de tecnologías anteriores, además de esto con el ahorro en la energía se podría asegurar que el retorno de la inversión se vería en un corto plazo. El análisis de retorno de inversión para este proyecto no fue

posible realizarlo debido a la contingencia que se tiene en estos momentos por el COVID-19 sin embargo se obtuvo la información de los costos de la compra de las luminarias los cuales se muestran en la tabla 7.

Tabla 7
Costos de las luminarias y valor total de la iluminación

und	Nombre del articulo	Fabricante	Precio unitario	Valor por unidad
7	RALED 16 LED 29W	RALED	\$ 220.000	\$ 1.540.000,000
1	TOPIX L X WW 304 17 52	DELTA LIGHT	\$ 380.000	\$ 380.000,000
10	4MX850 G3 491 1xLED40S/830 PSD A20	PHILIPS	\$ 420.000	\$ 4.200.000,000
4	DN570C PSED-E 1xLED40S/840 C	PHILIPS	\$ 450.000	\$ 1.800.000,000
31	P27932 - LUM LED SPRING 45W NW	SYLVANIA	\$ 670,712	\$ 20.792,072
7	FLOODLINE 3-908 GRV SYMM 2X21W T5 EB	SYLVANIA	\$ 420.000	\$ 2.940.000,000
6	PATHE G/S5 MH70W RX7s ASYM + PATHE G/S ANTI-GLARE LOUVRE	SYLVANIA	\$ 380.000	\$ 2.280.000,000
3	BBP333 1 xLED81/757 PRW	PHILIPS	\$ 620.000	\$ 1.860.000,000
13	SYLVEO LED 3000LM ASYM 4K	SYLVANIA	\$ 530.000	\$ 6.890.000,000
		TOTAL	\$ 3.420.671	\$ 21.910.792,072

La compra de las luminarias tiene un valor aproximado a \$22.000.000 de pesos. Se estima que el costo de mano de obra y demás materiales como lo son tubería, cableado y demás insumos podría estimarse en \$12.000.000 de pesos, por lo cual el total del proyecto sería \$34.000.00 de pesos.

VII. CONCLUSIONES

- En el diseño de iluminación realizados se evidenciaron falencias en el RETILAP con respecto a la iluminación exterior, ya que es muy vaga la información para este tipo de diseños, se tomaron parámetros de la norma europea UNE 12464-2 para poder tener estándares de niveles de iluminación, uniformidad y deslumbramiento, puesto que en el RETILAP para estos tipos de espacios exteriores no existe claridad con respecto a estos parámetros.
- Para el proyecto se tomaron luminarias que tienen rendimientos por encima de 25 lm/w y una vida útil igual o mayor a 50000 horas (lo cual representa para una luminaria que dure en promedio 12 horas diarias encendida, una vida útil de 12 años) para así poder tener mayor eficiencia con respecto a la energía consumida, esto representa consumos de energía menor y un retorno de la inversión a menor plazo.
- Los mantenimientos de las luminarias son importantes ya que debido a esto se puede extender un poco más la vida útil de las luminarias, por ello se debe realizar en conjunto con el área de mantenimiento eléctrico de la universidad un plan de mantenimiento preventivo y predictivo para conservar por un tiempo mayor el sistema de iluminación, conservando óptimos niveles de iluminación para las áreas mencionadas en este artículo.
- Las luminarias propuestas para el diseño se podrán reemplazar por luminarias con características similares, esto debido a que por la contingencia por

covid-19 no se pudo realizar un estudio de mercado más extenso para las luminarias propuestas, debido a ello se escogieron las marcas más reconocidas en el ambiente de la iluminación.

RECONOCIMIENTOS

Al ing. Carlos Alberto Avendaño Avendaño por la disposición en la elaboración de este proyecto, al ing. Andrés Leonardo Jutinico Alarcón por el asesoramiento en la culminación del proyecto, a la universidad Antonio Nariño por brindar las herramientas suficientes para adquirir los conocimientos y así poder finalizar este diseño con éxito.

VIII. REFERENCIAS

- [1] EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, EN 12464-2, Brussels, 2007.
- [2] Ministerio de Minas y Energía, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), Bogotá, D. C.: Ministerio de Minas y Energía, 2010.
- [3] NACIONAL DE ELECTRICOS, «CATALOGO RALED,» Bogotá D.C., 2015, pp. 8-10.
- [4] Delta Light, «www.deltalight.com,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.deltalight.com/es/products/detail/topix-l-x-ww-304-17-52>. [Último acceso: 16 julio 2020].
- [5] SYLVANIA, «www.sylvania-lighting.com, » 2020. [En línea]. Available: <https://www.sylvania-lighting.com/product/en-int/products/0049473/>. [Último acceso: 16 JULIO 2020].
- [6] PHILIPS, «www.lighting.philips.com, » 2020. [En línea]. Available: https://www.lighting.philips.com/main/prof/indoor-luminaires/light-line-systems/maxos-light-line-system/maxos-led/910629161026_EU/product. [Último acceso: 16 Julio 2020].
- [7] SYLVANIA, «sylvania-colombia.com,» 2020. [En línea]. Available: <https://sylvania-colombia.com/product/led-spring/>. [Último acceso: 16 Julio 2020].
- [8] PHILIPS, «www.lighting.philips.es, » 2020. [En línea]. Available: <https://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/downlights/general-lighting-downlights/luxspace->

empotrable/910503706644_EU/product. [Último acceso: 16 JULIO 2020].

- [9] SYLVANIA, «www.sylvania-lighting.com, » 2018. [En línea]. Available: <https://www.sylvania-lighting.com/documents/documents/Outdoor%20Catalogue%202017%20-%20English.PDF>. [Último acceso: 16 Julio 2020].
- [10] SYLVANIA, «www.sylvania-lighting.com, » 2020. [En línea]. Available: <https://www.sylvania-lighting.com/product/es-es/products/0049101/>. [Último acceso: 16 JULIO 2020].
- [11] PHILIPS, «www.lighting.philips.es, » 2020. [En línea]. Available: <https://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-exterior/proyectores-para-deportes-ares-y-gasolinas/area-and-recreational-floodlighting/mini-300-led-gen3>. [Último acceso: 16 Julio 2020].
- [12] Compratuled.es, «blog.compratuled.es,» [En línea]. Available: <https://blog.compratuled.es/el-indice-de-rendimiento-cromatico-cri/>. [Último acceso: 15 julio 2020].