

Diseño de sistemas de alumbrado para ENEL-CODENSA en modalidad de práctica
empresarial

Silvia Fernanda Cuevas Martínez

Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniera Electricista

Director:

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Ingeniero Electricista, PhD.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga, 2023

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por todas las bendiciones recibidas y la fortaleza para terminar este proyecto que demarca la finalización de mis estudios de pregrado, a mi director de proyecto, el profesor Óscar Quiroga, quien estuvo pendiente en todo momento, a mis padres por apoyarme, inspirarme, tenerme paciencia y acompañarme a lo largo de este camino, a mis amigos, con los que compartí las duras y las maduras a través de estos años, especialmente a mi mejor amigo Gabriel García, y a Manuel por motivarme día a día.

Gracias totales

Resumen

Título: Diseño de sistemas de alumbrado para ENEL-CODENSA en modalidad de práctica empresarial

Autor: Silvia Fernanda Cuevas Martínez**

Palabras clave: CREG, UAESP, MUAP, VUC, ENEL-CODENSA, Incidencia, diseño Fotométrico, alumbrado público.

Descripción: El presente trabajo de grado muestra las labores desarrolladas a lo largo de la práctica empresarial realizada en la empresa ENEL- CODENSA en el área: B2G (Business to Government) de ENEL X, y a partir de la cual se evidencian los procesos asociados al diseño, gestión de la documentación y la solicitud de aprobación de los proyectos orientados a la remodelación de las estructuras de sodio a led en gran diversidad de parques ubicados en la ciudad de Bogotá D.C. de Colombia.

CODENSA es una empresa de distribución y comercialización de energía eléctrica que surgió en octubre de 1997 tras el proceso de capitalización de la Empresa de energía de Bogotá (EBB), perteneciendo desde entonces al grupo ENEL, multinacional del sector energético que opera en los mercados mundiales de electricidad y gas, en 30 países del mundo (ENEL Spa All Rights, 2022) y que, a su vez, en Colombia abarca municipios pertenecientes a los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Caldas y Meta.

Finalmente se concluye que este documento tiene como objetivo central evidenciar cómo se llevó a cabo el diseño de iluminación para parques y vías de la ciudad de Bogotá atendiendo los lineamientos de ENEL CODENSA en desarrollo de una práctica empresarial.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.
Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Abstract

Title: Design of lighting systems for ENEL-CODENSA in business practice modality. *

Author: Silvia Fernanda Cuevas Martínez**

Keywords: CREG, UAESP, MUAP, AP, ENEL-CODENSA, Incidence, photometric design, public lighting.

Description: This degree work shows the work carried out during the internship at the company ENEL- CODENSA in the area: B2G (Business to Government) of ENEL X, and from which the processes associated with the design, documentation management and request for approval of projects aimed at the remodeling of sodium to LED structures in a wide variety of parks located in the city of Bogotá D.C., Colombia, are evidenced.

CODENSA is an electric energy distribution and commercialization company that emerged in October 1997 after the capitalization process of Empresa de energía de Bogotá (EBB), belonging since then to the ENEL group, a multinational in the energy sector that operates in the world electricity and gas markets in 30 countries around the world (ENEL Spa All Rights, 2022) and that, in turn, in Colombia covers municipalities belonging to the departments of Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Caldas and Meta.

Finally, it is concluded that the main objective of this document is to show how the lighting design for parks and roads in the city of Bogotá was carried out according to ENEL CODENSA's guidelines in the development of a business practice.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.
Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Tabla de contenido

Introducción.....	11
1. Información base para los diseños fotométricos de vías y parques	15
1.1 Fuentes de iluminación utilizadas en Bogotá.....	16
1.1.1 Bombilla de descarga.....	21
1.1.2 Cromaticidad	21
1.1.3 Curva de mortalidad o de vida promedio de las bombillas.....	22
1.1.4 Depreciación	24
1.1.5 Flujo luminoso nominal.....	24
1.1.6 Factor de conservación del flujo luminoso	25
1.1.7 Iluminancia	25
1.1.8 Índice de rendimiento del color.....	26
1.1.9 Luminancia	26
1.1.10 Luz	27
1.1.11 Temperatura del color.....	27
1.2 Implementación del retie	28
1.2.2 Vías vehiculares	30
1.2.3 Vías para tráfico peatonal y ciclistas	32
1.2.4 Áreas críticas	33

1.3 Competencias en el uso de herramientas de diseño	36
2. Procedimiento para llevar a cabo los diseños fotométricos.....	37
2.1 Utilización de bases de datos de la empresa	37
2.2 Plano de infraestructura existente	39
2.3 Análisis y verificación del levantamiento.....	41
2.4 Elaboración de propuesta fotométrica en dialux 4.13	42
3. Proceso de presentación de proyectos por ventanilla única de la construcción (vuc) y principales proyectos desarrollados	52
3.1 Documentos necesarios para la aprobación de los proyectos	52
3.1.1 Diseños fotométricos	52
3.2 Principales proyectos desarrollados	56
3.2.1 Proyectos destacables	58
4. Conclusiones	67
Referencias	68

Lista de figuras

Figura 1. <i>Perfiles de Luminarias Led implementados en los proyectos fotométricos</i>	20
Figura 2. <i>Pasos para el desarrollo y presentación de proyectos fotométricos</i>	37
Figura 3. <i>Plano existente proyecto "Desarrollo altos del Pino"</i>	40
Figura 4. <i>Vista en plano de Cancha</i>	43
Figura 5. <i>Vista de resultados luminotécnicos cancha</i>	44
Figura 6. <i>Isolíneas Cancha</i>	45
Figura 7. <i>Isolíneas Zona de Juegos</i>	46
Figura 8. <i>Resultados Fotométricos Zona de Juegos</i>	47
Figura 9. <i>Vista en Planta Zona de Juegos</i>	48
Figura 10. <i>Vista en Plano de sendero</i>	49
Figura 11. <i>Gráfico de valores de Sendero</i>	50
Figura 12. <i>Isolíneas de sendero</i>	51
Figura 13. <i>Ejemplo de plano proyectado</i>	53
Figura 14. <i>Visual de la presentación de los resultados fotométricos para aprobación</i>	54
Figura 15. <i>Contenido Típico del exportable de los proyectos fotométricos</i>	54
Figura 16. <i>Plano existente 07-067 Urbanización Olarte</i>	58
Figura 17. <i>Plano proyectado 07-067 Urbanización Olarte</i>	59
Figura 18. <i>Diseño en Dialux 07-067 Urbanización Olarte</i>	59
Figura 19. <i>07-089 Parque desarrollo Brasilia I sector</i>	60
Figura 20. <i>07-089 Parque desarrollo Brasilia I sector Diseño en Dialux</i>	60
Figura 21. <i>07-089 Parque desarrollo Brasilia I sector Plano Proyectad</i>	61
Figura 22. <i>08-658 Ciudad techo existente</i>	61
Figura 23. <i>08-658 Ciudad techo Diseño en Dialux</i>	62

Figura 24. 08-658 Ciudad techo Plano proyectado.....	63
Figura 25. 11-796 Conjunto residencial Atabanza Plano existente	64
Figura 26. 11-796 Conjunto residencial Atabanza Diseño en Dialux	65
Figura 27. 11-796 Conjunto residencial Atabanza Plano proyectado.....	65

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Bombillas de sodio HID</i>	16
Tabla 2. <i>Requisitos técnicos de luminarias de sodio para ENEL CODENSA</i>	16
Tabla 3. <i>Descripción de unidades</i>	17
Tabla 4. <i>Características Técnicas de las luminarias de halogenuro metálico para ENEL CODENSA</i>	18
Tabla 5. <i>Clases de iluminación para vías vehiculares</i>	30
Tabla 6. <i>Variación en las Clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circulación y control del tráfico</i>	31
Tabla 7. <i>Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas</i>	32
Tabla 8 . <i>Requisitos fotométricos para áreas críticas</i>	33
Tabla 9. <i>Clases de iluminación en áreas críticas de vías vehiculares</i>	34
Tabla 10. <i>Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclo rutas y andenes adyacentes</i>	34
Tabla 11. <i>Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares</i>	35
Tabla 12. <i>Proyectos desarrollados</i>	56
Tabla 13. <i>Lista de proyectos</i>	66

Lista de apéndices

Apéndice A. *07-089 parque desarrollo Brasilia i sector*

Apéndice B. *16-061 colonia oriental - parque pio xii existente*

Apéndice C. *08-064 ciudad Kennedy spmz 7 proyectado*

Apéndice D. *08-743 tagaste etapa 3 (predio villa mejía) proyectado*

Apéndice E. *08-766 urb parques del tintal ajustado*

Apéndice F. *08-767 urb parques del tintal existente*

Apéndice G. *08-767 urb parques del proyectado*

Apéndice H. *08-064 ciudad Kennedy spmz 7 existente*

Apéndice I. *08-743 tagaste etapa 3 (predio villa mejía) existente*

Apéndice J. *16-061 colonia oriental - parque pio xii proyectado*

Apéndice K. *08-766 urb parques del tintal proyectado*

Apéndice L. *Cuevas Martínez, Silvia Fernanda (certificado de realización de la práctica)*

Apéndice M. *Justificación de fm (factor de mantenimiento)*

Los apéndices están adjuntos y pueden visualizarse en la base de datos de la biblioteca UIS.

Introducción

A través de la historia, el nacimiento de civilizaciones organizadas ha marcado una gran diversidad de necesidades colectivas como la de los servicios públicos, el saneamiento, la movilidad y por supuesto, la iluminación, que, en las urbes, representa una necesidad tácita, ya que las actividades nocturnas y al alba existen desde tiempos inmemorables.

Los orígenes registrados del alumbrado datan del conocimiento del fuego y la posibilidad de iluminar a través de la combustión de aceites que tenían una duración muy limitada y ofrecían una llama ineficiente. En el siglo XVI, en Francia (1524), los habitantes se veían obligados a instalar una luz en las puertas de sus casas, más adelante, tras la solicitud del gobierno francés del momento, se empezaron a poner faroles en las esquinas de las calles (1558) cuyo funcionamiento era controlado por un escuadrón de vigilancia nocturna. Posteriormente, en el siglo XVIII se evolucionó a sistemas de farolas de gas (1807), y se usaron velas “Jablochhoff”[§] para iluminar almacenes en París (1880) que se trataban de un tipo de lámpara eléctrica con electrodos de carbón que empleaban corriente alterna que provocaba que estos ardieran de forma regular, este sistema de iluminación perduró hasta finales del siglo XIX cuando se desarrollaron las lámparas incandescentes más baratas, brillantes y fiables, que producían luz por efecto joule mediante el calentamiento de un filamento metálico (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, 2020) estos hitos son algunos destacables, ya que si hay una necesidad que hiciera aflorar la creatividad de las personas, era la iluminación, y las creaciones relacionadas son innumerables.

La innovación que se demarca en la historia es un factor esencial para la optimización de los recursos materiales y energéticos disponibles en el planeta al pasar de las épocas, en la actualidad

[§] Tipo de lámpara eléctrica de arco de carbono inventada en 1876 por el ingeniero eléctrico, empresario e inventor ruso Pável Yáblochkov.

(2023) en donde claramente se han desarrollado una gran diversidad de tecnologías es importante mencionar que pese a esa variedad de invenciones, la historia se encarga de recordar las que fueron más asequibles para el grueso de la sociedad, de manera que en este proyecto se mencionarán las tecnologías que fueron parte del alcance asociado al diseño de los proyectos fotométricos trabajados (Sodio y Led) y de cómo la variación de estas en la infraestructura de alumbrado público representa mayor eficiencia energética.

Así pues, el presente trabajo de grado muestra las labores desarrolladas a lo largo de la práctica realizada en la empresa ENEL- CODENSA en el área: B2G (Business to Government) de ENEL X, evidenciando los procesos asociados al diseño, gestión de la documentación y la solicitud de aprobación de los proyectos orientados a la remodelación de las estructuras de sodio a led en gran diversidad de parques ubicados en la ciudad de Bogotá D.C. de Colombia.

CODENSA es una empresa de distribución y comercialización de energía eléctrica que surgió en octubre de 1997 tras el proceso de capitalización de la Empresa de energía de Bogotá (EBB), perteneciendo desde entonces al grupo ENEL, multinacional del sector energético que opera en los mercados mundiales de electricidad y gas, en 30 países del mundo (ENEL Spa All Rights, 2022) y que, a su vez, en Colombia abarca municipios pertenecientes a los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Caldas y Meta.

A fecha de septiembre de 2022, ENEL Colombia, completa seis meses de la materialización de la fusión de Emgesa S.A. E.S.P., CODENSA S.A. E.S.P., ENEL Green Power Colombia S.A.S. E.S.P. y Essa2 SpA, efectuada el 1 de marzo, la cual sumó la energía de cuatro países: Colombia, Panamá, Guatemala y Costa Rica (ENEL , 2022).

Por su parte, ENEL X, nació en 2017, como una división de ENEL con la iniciativa de transformar el uso de la energía en ciudades, casas, empresas y en la movilidad, abarcando desde las

industrias hasta las residencias, para apostarle simultáneamente a innovar y ser sostenibles, se encuentra constituido por cuatro frentes de trabajo: e-Home, e-City, e-Industries y e-Mobility, cuyo papel es contribuir a la electrificación de la economía desde cada sector estratégico (ENEL, 2022) particularmente, desde e-City se gesta la reestructuración del sistema de alumbrado público, cuyo objetivo es que la base instalada por la empresa demande un consumo energético más bajo cuidando los criterios establecidos por el RETIE y el RETILAP, a través de la modificación de las luminarias existentes en tecnología de sodio a tecnología LED, en sitios como parques y vías de la zona de incidencia de ENEL CODENSA.

Es crucial destacar que la importancia del alumbrado público yace en la marcada influencia que tiene sobre los índices de seguridad ciudadana y el confort que representa para el desarrollo de las actividades nocturnas de las sociedades, el presente proyecto tiene en cuenta estos principios dado que son derechos en la sociedad colombiana, como reza el artículo 88 de la constitución política de Colombia:” La ley regulará las acciones populares para la protección de los derechos e intereses colectivos, relacionados con el patrimonio, el espacio, la seguridad y la salubridad públicos, la moral administrativa, el ambiente, la libre competencia económica y otros de similar naturaleza que se definen en ella” y siendo la existencia del alumbrado un hecho subyacente a la seguridad de las poblaciones, es un recurso de valor esencial en la protección de derechos e intereses de los ciudadanos.

Este documento tiene como objetivo central evidenciar cómo se llevó a cabo el diseño de iluminación para parques y vías de la ciudad de Bogotá atendiendo los lineamientos de ENEL CODENSA en desarrollo de una práctica empresarial, a su vez, se identifican tres objetivos específicos, que estarán descritos minuciosamente a lo largo de dos (2) primeros capítulos, de manera que en el primer capítulo se describe lo relacionado con la información base para el diseño,

tanto los conceptos como la normativa relacionada, correspondiente al primer objetivo mencionado a continuación, el segundo capítulo menciona el procedimiento para el desarrollo de los proyectos y su presentación con el ente regulador, correspondiente a los objetivos específicos dos (2) y tres (3), y finalmente el capítulo tres en dónde se describen a groso modo los que fueron los resultados del trabajo que se desarrolló en la práctica.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Realizar diseños fotométricos y planos de vías y parques que cumplan lo dispuesto en la reglamentación colombiana (RETIE y RETILAP), así como en la reglamentación interna de ENEL CODENSA, atendiendo a criterios de eficiencia energética, aprovechamiento del flujo luminoso, y uso racional de la energía (URE).
- Presentar la documentación requerida en la Ventanilla Única de la construcción (VUC) para la aprobación de los proyectos de modernización (de Sodio a Led) desarrollados.
- Realizar el seguimiento correspondiente a los planos presentados de manera que se corrijan errores o se ajusten sugerencias de la Unidad Especial de Servicios Públicos (UAESP).

Posterior a esta descripción detallada se presentan las conclusiones resultantes de todo el proceso y las referencias de las fuentes consultadas.

1. Información base para los diseños fotométricos de vías y parques

En Colombia los sistemas de iluminación y alumbrado público están regidos por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y el Reglamento Técnico de iluminación y Alumbrado Público (RETILAP). En el RETILAP se exige que tales sistemas de alumbrado respondan a un diseño en donde se garanticen unos niveles mínimos de iluminación, en tanto que el RETIE establece las alturas reglamentarias, entre otros requisitos.

El alumbrado público en el área de influencia de ENEL CODENSA en su mayoría cuenta con iluminación de tecnología tipo SODIO, que en términos técnicos es una tecnología que demanda mayor consumo energético que la tecnología LED (Enel Codensa, 2020), de manera que, al realizar el cambio a esta, supone un mejoramiento importante ya que representa un ahorro energético significativo que se traduce en reducción de emisiones de carbono y optimización de recursos públicos.

La empresa de energía ENEL-CODENSA emprendió el proyecto de modernización del alumbrado público en Bogotá y municipios de Cundinamarca realizando la modernización a tecnología LED, teniendo en cuenta el ahorro de energía, el impacto visual, la seguridad, el diseño y cumplimiento de la normatividad vigente (RETIE y RETILAP).

La modernización a LED representa un reto importante, teniendo en cuenta la cantidad de luminarias pertenecientes a la empresa y la cantidad de localidades y municipios en las que el alumbrado público es responsabilidad de ENEL-CODENSA. Este proceso de modernización cuenta con seguimiento y aprobación por parte de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), entidad que es responsable de la aprobación de los diseños fotométricos elaborados por CODENSA para las respectivas zonas donde se proyecte la modernización.

En el área de diseño de ENEL, es donde recae la primera responsabilidad para que este proyecto pueda ser viable y ejecutable, de modo que la práctica universitaria desarrollada en ENEL-CODENSA impactó en el desarrollo, y el cumplimiento del proyecto.

1.1 Fuentes de iluminación utilizadas en Bogotá

Las fuentes de iluminación utilizadas con mayor frecuencia en Bogotá son:

- Sodio

Tabla 1

Bombillas de sodio HID

Bombillas de sodio HID	
Potencia (w)	Flujo (lumen)
70	6 500
100	10 000
150	17 500
250	33 000
400	55 000

Dado que tienen una fuerte presencia en las vías, los valores mínimos exigidos por CODENSA S.A. en las luminarias de sodio son los indicados a continuación:

Tabla 2

Requisitos técnicos de luminarias de sodio para ENEL CODENSA

Potencia	Tipo de vía	L (cd/m²)	U_o	U_l [%]	Ti [%]	Sr [%]
Sodio 70 w	V7 ⁽²⁾	$\geq 0,5$ y $\leq 0,75$	$\geq 0,4$	N.r.	15	50
	V8 ⁽²⁾	$\geq 0,5$ y $\leq 0,75$	$\geq 0,4$	N.r.	15	50
	V9 ⁽²⁾	$\geq 0,5$ y $\leq 0,75$	$\geq 0,4$	N.r.	15	50
Sodio 100 w	V7 ⁽²⁾	$\geq 0,75$ y ≤ 1	$\geq 0,4$	N.r.	15	50
	V8 ⁽²⁾	$\geq 0,75$ y ≤ 1	$\geq 0,4$	N.r.	15	50
	V9 ⁽²⁾	$\geq 0,75$ y ≤ 1	$\geq 0,4$	N.r.	15	50

Sodio 150 w	V4 ⁽³⁾	≥ 1 y $\leq 1,5$	$\geq 0,4$	50	15	50
	V5 ⁽³⁾	≥ 1 y $\leq 1,5$	$\geq 0,4$	50	15	50
	V6 ⁽¹⁾	≥ 1 y $\leq 1,5$	$\geq 0,4$	50	15	50
Sodio 250 w	V2 ⁽⁴⁾	$\geq 1,5$ y ≤ 2	$\geq 0,4$	50	10%	50
	V3 ⁽⁴⁾	$\geq 1,5$ y ≤ 2	$\geq 0,4$	50	10%	50
Sodio 400 w	V0 ⁽⁴⁾	$\geq 1,5$ y ≤ 2	$\geq 0,4$	50	10%	50
	V1 ⁽⁴⁾	$\geq 1,5$ y ≤ 2	$\geq 0,4$	50	10%	50

Nota. Esta tabla es tomado de (*Enel Codensa, 2013*)

Donde:

Tabla 3

Descripción de unidades

Unidad	Descripción
L (cd / m2)	Luminancia promedio mantenida
E (Luxes)	Iluminancia promedio mantenida
Uo	Uniformidad general
UL	Uniformidad longitudinal
TI	Incremento del umbral máximo inicial
SR	Relación de alrededores
N	Número de luminarias por kilómetro típico
N.R.	No Requerido

Nota. Esta tabla es tomada de (*Enel Codensa, 2013*)

Led

Las características técnicas de estas luminarias son:

- Tensión de alimentación:(208 V a 277V) + o - 10%
- Clase de aislamiento: Clase 2.
- Corriente máxima de operación del controlador: 1050 mA
- Factor de potencia mínimo 0,9

- THD máximo de corriente: 20%

Puerto de entrada para operar o funcionar con sistemas de telecontrol y/o tele gestión existentes en el mercado, a través de una interfaz de comunicación 0-10 VDC o 1 -10 VDC Análogo o DALI, que permita la integración de sistemas de tele gestión. Todos los conductores pueden ser tipo cable o alambre.

Receptáculo de 5 conductores acorde con la norma ANSI C136.41-2013 en la parte superior de la luminaria para instalar el foto control en su defecto el dispositivo de tele gestión o cualquier otro sistema de control previamente autorizado por CODENSA.

La fuente de alimentación del módulo LED debe tener incorporado un sistema de protección contra temperatura; que cuando la temperatura de los leds alcance niveles definidos como críticos, la protección de la fuente de alimentación inicialmente atenúe y posteriormente apague la luminaria.

- DPS: Dispositivo de Protección Contra Sobretensiones

Características:

- -Rango de tensión nominal: 100-277 VAC
- -Protección Tensión de apertura: (L-N 5 kA): 1.600 VRMS
- -Protección Tensión de apertura: (L-N-Tierra 5 kA): 2.500 VRMS (Enel Codensa, 2017)

- Halogenuro

Las características eléctricas requeridas por CODENSA S.A. de las bombillas Metal Halide y los balastos y las tolerancias admitidas son las siguientes:

Tabla 4

Características Técnicas de las luminarias de halogenuro metálico para ENEL CODENSA

	70 W MH	150 W MH	250 W MH	400 W MH
Bombilla				

Corriente [A]	1	1,8	3	4
Tensión [V]	100 ± 10			
Flujo [Lm]	> ó = 6800	> ó = 16000	> ó = 25000	> ó = 30.000
Tipo de Bombilla	E27	E40	E40	E40
Balasto	Electrónico	Electrónico	Electrónico	Electrónico
Variación máxima de potencia de la bombilla para variaciones de ±15% de la tensión nominal de conexión	1%	1%	1%	1%
Perdidas máximas	7	15	25	35
Pulso de arranque	3,5 - 5,0 kVp	4.0 / 5.0 kVp	4.0 / 5.0 kVp	4.0 / 5.0 kVp

Nota: Tomado de (Enel Codensa, 2014)

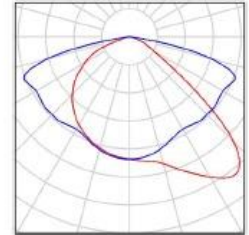
Siendo sodio la que abarca mayor cobertura, seguida del halogenuro y por último la tecnología led, es posible incluir esta tecnología, ya que hay una cantidad importante de infraestructura de tecnología led que ya ha sido instalada.

Los perfiles de luminarias implementados en los proyectos de remodelación son los siguientes:

Figura 1*Perfiles de Luminarias Led implementados en los proyectos fotométricos*

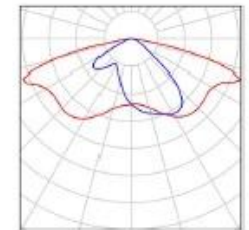
SCHREDER 389062 VOLTANA 5
 N° de artículo: 389062
 Flujo luminoso (Luminaria): 18376 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 21423 lm
 Potencia de las luminarias: 141.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 39 74 96 100 85
 Lámpara: 1 x 64 LG Innotek 3535 G4L (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



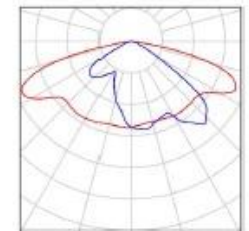
GDS 1198-QL17-S01 Perfil 1 GDS 1198-QL17-S01
 SLCS068111NA
 N° de artículo: 1198-QL17-S01
 Flujo luminoso (Luminaria): 5473 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 5474 lm
 Potencia de las luminarias: 39.5 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 39 75 97 100 100
 Lámpara: 1 x 1198-QL17-S01 LED (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



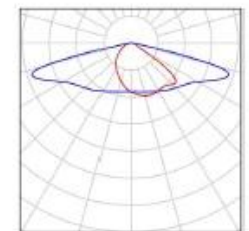
GDS 1336-QL17-S01 Perfil 2 GDS 1336-QL17-S01
 SLCS078321NA
 N° de artículo: 1336-QL17-S01
 Flujo luminoso (Luminaria): 8686 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 8688 lm
 Potencia de las luminarias: 66.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 37 73 97 100 100
 Lámpara: 1 x LED (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



SCHREDER 355412 TECEO 2
 N° de artículo: 355412
 Flujo luminoso (Luminaria): 17367 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 20557 lm
 Potencia de las luminarias: 157.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 34 69 96 100 84
 Lámpara: 1 x 72 Cree XP-G2 (Factor de corrección 1.000).

Dispone de una imagen de la luminaria en nuestro catálogo de luminarias.



En ENEL CODENSA, se establecen ciertas especificaciones técnicas que deben cumplir todos los materiales u objetos que se utilicen en el montaje de la estructura del alumbrado público

en Bogotá. De esta manera, se definen claramente las exigencias que deben cumplir los proveedores de dichos materiales, lo que permite ofrecer un servicio de la mejor calidad al conjugar todos los esfuerzos (Proveedores, Diseñadores, UAESP y demás agentes involucrados).

Algunas de las características técnicas que se deben revisar en las luminarias son las siguientes:

1.1.1 Bombilla de descarga

Una bombilla de descarga es un tipo de lámpara que funciona mediante el paso de una corriente eléctrica a través de un gas o vapor contenido en su interior. Cuando la corriente eléctrica fluye a través del gas, este se ioniza, lo que produce una emisión de luz.

Las bombillas de descarga son comúnmente utilizadas en aplicaciones que requieren iluminación de alta intensidad, como en la iluminación de calles, estadios, espacios públicos y en la industria. También se utilizan en la iluminación de acuarios y terrarios, ya que proporcionan un espectro de luz que puede ser beneficioso para ciertos organismos.

Entre los tipos de bombillas de descarga más comunes se encuentran las lámparas de vapor de sodio, lámparas de vapor de mercurio, lámparas de halogenuros metálicos y lámparas de xenón, por tanto, estas representan el tipo de bombillas idóneas para la implementación del proyecto de remodelación (Enel Codensa, 2014).

1.1.2 Cromaticidad

La cromaticidad en las luminarias se refiere a la calidad del color de la luz que emiten. Es un aspecto importante en la iluminación, ya que la percepción del color puede afectar el estado de ánimo, la productividad y la seguridad en diferentes entornos.

La cromaticidad se describe en términos de coordenadas cromáticas en el espacio de color CIE xy, donde la posición de la luz en el gráfico representa su temperatura de color y su capacidad de reproducir ciertos colores.

En términos generales, la cromaticidad se puede describir como la apariencia del color de la luz, que puede ser percibida como cálida (tonos amarillos y rojos) o fría (tonos azules y verdes). La temperatura de color se mide en grados Kelvin (K) y se utiliza para clasificar la cromaticidad de una fuente de luz en diferentes categorías, como luz cálida, luz neutra o luz fría.

Además, la cromaticidad también se puede describir en términos de índice de reproducción cromática (CRI), que mide la capacidad de una fuente de luz para reproducir colores de forma precisa y natural en comparación con una fuente de luz ideal. Un CRI alto indica que la fuente de luz es capaz de reproducir colores con mayor precisión y fidelidad (Enel Codensa, 2019).

1.1.3 Curva de mortalidad o de vida promedio de las bombillas

La curva de mortalidad o de vida promedio de las bombillas se refiere a la relación entre el tiempo que una bombilla está encendida y su probabilidad de fallar. Esta curva muestra cómo la tasa de fallas de una bombilla aumenta con el tiempo que ha estado en uso. En otras palabras, cuanto más tiempo una bombilla ha estado encendida, mayor es la probabilidad de que falle.

Esta curva se utiliza comúnmente en la industria de la iluminación para estimar la vida útil de las bombillas y predecir cuándo necesitan ser reemplazadas. Los fabricantes de bombillas utilizan pruebas rigurosas para determinar la curva de mortalidad de cada modelo de bombilla que producen.

La curva de mortalidad de una bombilla se puede representar gráficamente, con el tiempo de uso en el eje horizontal (x) y la tasa de fallas en el eje vertical (y). Por lo general, la curva de mortalidad de una bombilla tiene una forma de "U", donde la tasa de fallas es alta al principio, por

problemas asociados a la calidad de la misma, disminuye a medida que la bombilla envejece, y luego vuelve a aumentar una vez que la bombilla ha llegado al final de su vida útil.

Es importante tener en cuenta que la curva de mortalidad puede variar dependiendo de factores como la calidad de la bombilla, el entorno en el que se utiliza y la forma en que se maneja y mantiene la bombilla.

En un proyecto de iluminación es importante tener en cuenta la curva de mortalidad o de vida promedio de las bombillas porque esto puede afectar la eficiencia y la rentabilidad de este. Si se seleccionan bombillas con una vida útil más corta de lo esperado, es posible que deban ser reemplazadas con mayor frecuencia, lo que aumentará el costo total de propiedad del proyecto. Además, la sustitución frecuente de bombillas puede interrumpir las operaciones normales de un espacio y generar inconvenientes para los usuarios.

Por otro lado, si se seleccionan bombillas con una vida útil más larga de lo esperado, es posible que el costo inicial de las bombillas sea mayor, pero el costo total de propiedad del proyecto a largo plazo podría ser menor debido a una menor frecuencia de reemplazo.

Al conocer la curva de mortalidad de una bombilla, se puede seleccionar una bombilla que tenga una vida útil adecuada para el uso previsto en el proyecto de iluminación. También se pueden programar las tareas de mantenimiento y reemplazo de las bombillas de acuerdo con la información de la curva de mortalidad, lo que puede ayudar a minimizar los costos y las interrupciones.

En resumen, la curva de mortalidad o de vida promedio de las bombillas es importante en un proyecto de iluminación porque puede afectar el costo total de propiedad, la eficiencia y la comodidad de los usuarios (Enel Codensa, 2019).

1.1.4 Depreciación

La depreciación de las bombillas se refiere a la disminución gradual de su brillo y rendimiento a medida que se utilizan. Es un fenómeno natural que ocurre en todas las bombillas, ya sean incandescentes, fluorescentes o LED, y es causado por factores como el envejecimiento de los materiales y la pérdida de energía.

En el caso de las bombillas incandescentes, la depreciación se produce cuando el filamento se va desgastando con el uso, lo que resulta en una disminución del brillo y una reducción de la vida útil de la bombilla.

En el caso de las bombillas fluorescentes, la depreciación se produce cuando el gas que produce la luz se desgasta con el tiempo, lo que provoca una disminución gradual de la cantidad y calidad de la luz producida.

En el caso de las bombillas LED, la depreciación también ocurre con el tiempo, pero a un ritmo mucho más lento que en las bombillas incandescentes y fluorescentes. Esto se debe a que los LED no tienen filamentos que se desgasten, sino que utilizan componentes electrónicos para producir luz.

En síntesis, la depreciación de las bombillas es un factor importante a considerar en el diseño y selección de sistemas de iluminación. Es importante seleccionar bombillas con una tasa de depreciación baja y planificar el reemplazo regular de las bombillas para asegurar un nivel de iluminación adecuado y consistente (Enel Codensa, 2019).

1.1.5 Flujo luminoso nominal

El flujo luminoso nominal se refiere a la cantidad de luz producida por una fuente de luz en condiciones de laboratorio, sin tener en cuenta las pérdidas de luz que puedan ocurrir en el mundo

real. Se mide en lúmenes (lm) y se utiliza para indicar el brillo teórico máximo de una bombilla o luminaria.

Es importante tener en cuenta que el flujo luminoso nominal no tiene en cuenta factores externos que pueden afectar la cantidad de luz que se produce en el mundo real, como la suciedad o el desgaste de las bombillas, la temperatura de funcionamiento y la ubicación de la luminaria. Por lo tanto, es posible que el flujo luminoso real de una bombilla o luminaria en uso sea menor que el flujo luminoso nominal.

Entonces, el flujo luminoso nominal es una medida teórica del brillo de una fuente de luz, y puede ser útil al seleccionar y comparar diferentes tipos de bombillas o luminarias, pero es importante tener en cuenta que el flujo luminoso real puede variar en función de varios factores en el mundo real (Enel Codensa, 2019).

1.1.6 Factor de conservación del flujo luminoso

El factor de conservación de flujo luminoso (FCF) es un valor que se utiliza para determinar cuánto disminuye el flujo luminoso de una fuente de luz con el tiempo. Se expresa como un porcentaje y se calcula dividiendo el flujo luminoso inicial de la fuente de luz por su flujo luminoso actual después de un cierto período de tiempo de uso. El FCF se utiliza comúnmente para estimar la vida útil de una fuente de luz, ya que cuanto más rápido disminuya el flujo luminoso de una fuente de luz, más pronto tendrá que ser reemplazada para mantener un nivel adecuado de iluminación. Los fabricantes de luminarias y bombillas suelen proporcionar información sobre el FCF en las especificaciones del producto (Enel Codensa, 2019).

1.1.7 Iluminancia

La iluminancia es una medida de la cantidad de luz que llega a una superficie por unidad de área. Se mide en unidades de lux (lx), donde un lux es igual a un lumen por metro cuadrado

(lm/m²). En resumen, la iluminancia describe la cantidad de luz visible que se proyecta sobre una superficie determinada y se utiliza para evaluar la cantidad de luz necesaria para una tarea específica, como la lectura, el trabajo de precisión, la iluminación de una carretera, entre otras aplicaciones, o como en este caso: la cantidad de luz que debe llegar a las superficies presentes en los parques para que los transeúntes visualicen correctamente los obstáculos, las marcas del piso al practicar deportes, entre otras situaciones propias de las interacciones que pueden darse (Enel Codensa, 2019).

1.1.8 Índice de rendimiento del color

El índice de rendimiento del color (IRC) es una medida cuantitativa de la capacidad de una fuente de luz para reproducir los colores de un objeto en comparación con una fuente de luz de referencia. Se expresa en una escala del 0 al 100, donde 100 representa una reproducción fiel de los colores y los objetos se ven con la misma apariencia que bajo la luz del sol.

El IRC se basa en la capacidad de una fuente de luz para reproducir o reflejar colores de manera precisa y completa. Por lo tanto, una fuente de luz con un alto IRC será capaz de mostrar colores de manera más precisa y realista que una fuente de luz con un bajo IRC (Enel Codensa, 2019).

1.1.9 Luminancia

La luminancia es una medida de la cantidad de luz que se emite o refleja desde una superficie en una dirección determinada por unidad de área. Es decir, la luminancia describe la cantidad de luz que sale de una superficie en una dirección específica y se mide en unidades de candela por metro cuadrado (cd/m²) está relacionada con la percepción visual del brillo de una superficie. Por ejemplo, una superficie blanca brillante tendrá una luminancia alta, mientras que una superficie negra opaca tendrá una luminancia baja. La luminancia es importante en la iluminación y la imagenología, donde

se utiliza para evaluar la calidad de imagen y la visibilidad de un objeto. También se utiliza en la definición de normas para la iluminación en diferentes aplicaciones, como la iluminación de carreteras y la iluminación de espacios de trabajo (Enel Codensa, 2019).

1.1.10 Luz

La luz es una forma de energía electromagnética que se propaga en forma de ondas. Es una forma de radiación electromagnética que se puede percibir por el ojo humano y que permite ver los objetos; es producida por diversas fuentes, como el sol, las lámparas eléctricas, las velas y las estrellas. La luz se mueve a una velocidad constante en el vacío, conocida como la velocidad de la luz, y es capaz de atravesar muchos materiales, como el aire, el agua y el vidrio. La luz tiene diferentes propiedades, como la longitud de onda, la frecuencia y la intensidad, que afectan su comportamiento y su interacción con los objetos. Por ejemplo, la longitud de onda determina el color de la luz y la intensidad determina la cantidad de luz que se emite; tiene muchas aplicaciones en la vida cotidiana, desde la iluminación hasta la transmisión de información a través de fibras ópticas (Enel Codensa, 2019).

1.1.11 Temperatura del color

La temperatura del color se refiere a la tonalidad de la luz emitida por una fuente de iluminación, y se mide en grados Kelvin (K). La temperatura del color se utiliza para describir si la luz emitida por una fuente parece "caliente" (rojiza) o "fría" (azulada); se relaciona con la forma en que la luz emitida por una fuente se compara con la luz emitida por un objeto llamado cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Cuanto más alta sea la temperatura de color, más blanca o azulada parecerá la luz, mientras que cuanto más baja sea la temperatura de color, más amarillenta o rojiza parecerá la luz. La temperatura del color se utiliza comúnmente en la industria de la iluminación para seleccionar las fuentes de luz adecuadas para diferentes aplicaciones. Por ejemplo,

las luces con temperaturas de color más altas se utilizan a menudo en aplicaciones de iluminación de tareas, mientras que las luces con temperaturas de color más bajas se utilizan a menudo en aplicaciones de iluminación ambiental o decorativa. También se utiliza en la fotografía y la producción de vídeo para seleccionar la iluminación adecuada para lograr un efecto deseado (Enel Codensa, 2019).

1.2 Implementación del retie

El RETIE establece los requisitos y medidas que garantizan la seguridad de las personas, animales y la preservación del medio ambiente, minimizando los riesgos eléctricos en instalaciones, asimismo, marca parámetros de seguridad con base en el buen funcionamiento, confiabilidad, calidad y uso adecuado de los componentes y equipos en las instalaciones eléctricas.

Asimismo, en proyectos de alumbrado público las estructuras de soporte de las redes de distribución de baja tensión como postes de concreto, torres o torrecillas metálicas, deben demostrar cumplimiento del RETIE mediante el certificado de conformidad de producto, expedido por un organismo de certificación acreditado por ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia).

En todo caso se debe garantizar el cumplimiento de las distancias mínimas de seguridad establecidas en el artículo 13 del RETIE y deben ser instalados dentro de las zonas de acceso peatonal y no en la calzada de tráfico vehicular.

El poste debe ser empotrado a una profundidad igual a 60 cm más el 10% de la longitud total y verificar que no presente riesgo alguno de volcamiento. De igual manera, debe cumplir todo lo especificado en el artículo 20.17 para las instalaciones de estructuras en redes de distribución (Ministerio de Minas Y Energía., 2013).

El RETIE establece que quienes firman las memorias de cálculo, planos o diagramas deben ser profesionales que tengan la competencia técnica y legal y en consecuencia serán los responsables de los efectos derivados de la aplicación del diseño según lo suscrito en el artículo 10.2 (Ministerio de Minas Y Energía., 2013).

Con el fin de garantizar la conformidad con el RETIE de la instalación eléctrica es necesario, emitir una declaración de cumplimiento suscrita por el profesional competente responsable de la construcción de la instalación eléctrica. Dicha declaración de cumplimiento debe emitirse bajo los parámetros de los artículos 34.2 y 34.9 del RETIE. (Ministerio de Minas Y Energía., 2013).

1.2.1 Implementación del retilap

El RETILAP desempeña un papel crucial en el progreso de los diseños fotométricos, ya que determina los factores que se deben revisar en cada uno de ellos, ilustra acerca de los conceptos esenciales para tener en cuenta en el proceso, representa el algoritmo idóneo que se debe seguir y el precedente legal de obligatorio cumplimiento, de manera que es el estándar fundamental en la iluminación de espacios públicos como parques y vías, Asimismo, las estructuras deben instalarse teniendo en cuenta alturas e inter -distancias apropiadas que cumplan los objetivos y requisitos particulares del RETILAP.

Para entender el marco normativo es importante enunciar que entre otros el fin del establecimiento de la norma yace en aprovechar la energía lumínica (cantidad de luz visible) es decir, que para cada espacio se establezcan niveles racionales de consumo energético (Uso racional de la energía URE).

La gran variedad de espacios presentes en una ciudad hace que de la misma manera haya una variedad de requisitos de iluminación basados en el estudio de necesidades de visibilidad en los

mismos, a continuación, se presentarán de manera detallada estos requerimientos que se tuvieron en cuenta en la revisión de cumplimiento de niveles de luminancia en el desarrollo de cada uno de los diseños.

1.2.2 Vías vehiculares

Se deben tener en cuenta varios criterios para asignar una clasificación de iluminación, los cuales están relacionados con las características de las vías. Los principales criterios son la velocidad de circulación y el número de vehículos que transitan por la vía (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Para asociar estas características con las clases de iluminación correspondientes, se utilizan rangos preestablecidos en el RETILAP. La Tabla 1 de este documento muestra los rangos establecidos para cada clase de iluminación.

Tabla 5

Clases de iluminación para vías vehiculares

Clase de Iluminación	Descripción de vía	Velocidad de circulación (km/h)	Tránsito de vehículos T (Veh /h)		
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 primarias o colectoras	Reducida	V<30	Reducida	100<T<250
M5	Vías secundarias	Muy reducida	Al paso	Muy reducida	T<100

Nota: Tomado de (Ministerio de Minas y Energía, 2010)

Asimismo, se realiza una diferenciación adicional relacionada con las condiciones de tráfico, y el tipo de usuarios que hacen uso de las vías, es decir, estos factores demarcan variaciones en el tipo de iluminación que se implementa en la instalación.

Tabla 6

Variación en las Clases de iluminación por tipo de vía, complejidad de circulación y control del tráfico

Descripción de la vía	Tipo de iluminación
Vías de extra alta velocidad con calzadas separadas exentas de cruces a nivel y con accesos completamente controlados (Autopistas expresas). Con densidad de tráfico y complejidad de circulación	
Alta T>1000(Veh. /h)	M1
Media 500<T<1000 (Veh. /h)	M2
Baja T<500 (Veh. /h)	M3
Vías de extra alta velocidad, vías con doble sentido de circulación. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía	
Escaso	M1
Suficiente	M2
Vías más importantes de tráfico urbano, vías circunvalares y distribuidoras. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía	
Escaso	M2
Bueno	M3
Conectores de vías de poca importancia, vías distribuidoras locales, vías de acceso a zonas residenciales, vías de acceso a propiedades individuales y a otras vías conectoras más importantes. Con control de tráfico y separación de diferentes usuarios de la vía	

Escaso	M4
Bueno	M5

Nota: Tomado de (Ministerio de Minas y Energía, 2010)

1.2.3 Vías para tráfico peatonal y ciclistas

En la iluminación de parques es importante tener en cuenta los criterios para las vías de tráfico peatonal y ciclistas, ya que para estos transeúntes se debe garantizar la distinción visual de obstáculos, diseño y textura del pavimento, escalones, marcas, señales e indudablemente para la reducción de incidentes relacionados con la seguridad de las personas en estos espacios. Otro espacio que se encuentra frecuentemente en los parques son las canchas de microfútbol, fútbol, baloncesto, entre otros deportes individuales y grupales para los cuáles los criterios relacionados con el nivel de iluminación son mayores.

A continuación, se presentan las clases de iluminación a diferenciar en cada uno de los casos antes mencionados.

Tabla 7

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

Descripción de la calzada	Clase de iluminación
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4

Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.</i>	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.</i>	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

Nota: Tomado (Ministerio de Minas y Energía, 2010)

1.2.4 Áreas críticas

Los requisitos fotométricos para áreas críticas se presentan en la tabla 8 y en la tabla 4 del presente documento.

Tabla 8

Requisitos fotométricos para áreas críticas

Clase de iluminación	Iluminancia mínima Mantenido (luxes) (Sobre toda la superficie)	Uniformidad general $U_0 \geq$ (%)
C0	50	40
C1	30	40
C2	20	40
C3	15	40
C4	10	40
C5	7.5	40

En áreas críticas de vías vehiculares se deben aplicar los criterios y clases de iluminación según la Tabla 9.

Tabla 9*Clases de iluminación en áreas críticas de vías vehiculares*

Área Crítica	Clase de iluminación del área crítica (C) según clase de vía a la que pertenece (M)			
Pasos subterráneos	C(N) = M(N)			
Intersecciones, cruces, rampas, puentes, entradas a divergencias o convergencias, áreas con ancho de carriles restringidos	C(N) si M(N)			
Cruces Ferroviarios	Simples	C(N)	si	M(N)
	Complejos	C(N-1) si M(N)		
Glorietas sin señalización	Grandes	C1		
	Medianas	C2		
	Pequeñas	C3		
Área vehicular en fila de espera (p ej. Aeropuertos, terminales de transporte, entre otros)	Grandes	C1		
	Medianas	C2		
	Pequeñas	C4		
Túneles	seguir recomendaciones de la norma CIE 88			

Nota: Tomado de (Ministerio de Minas y Energía, 2010)

En cuanto a las áreas críticas de los parques tenemos las siguientes acotaciones, dadas en las tablas siguientes:

Tabla 10*Requisitos mínimos de iluminación para vías con ciclo rutas y andenes adyacentes*

Tipo de vía	Calzadas vehiculares	Ciclo-rutas adyacentes	Relación de alrededores	
			En andenes adyacentes	Alrededor sin andenes

Clase de iluminación	Lprom	Uo	Ui	TI	Eprom	Uo	Eprom	Uo	SR
	cd/m ²	≥ %	≥ %	≤ %	luxes	≥ %	luxes	≥ %	%
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.

Tabla 11

Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares

Clasificación	Clase de Iluminación	Iluminancia promedio (luxes)	Uniformidad general Uo ≥ %
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

1.3 Competencias en el uso de herramientas de diseño

El área de diseño debe contar con las herramientas suficientes para ejecutar de la mejor manera posible cada diseño solicitado para llevar a cabo el proyecto de modernización del alumbrado público de la ciudad de Bogotá. Estas herramientas son piezas de software que facilitan el trabajo y garantizan que los resultados sean precisos y cumplan con los requisitos establecidos en el RETILAP.

Los softwares manejados son:

- Dialux 4.13
- AutoCAD

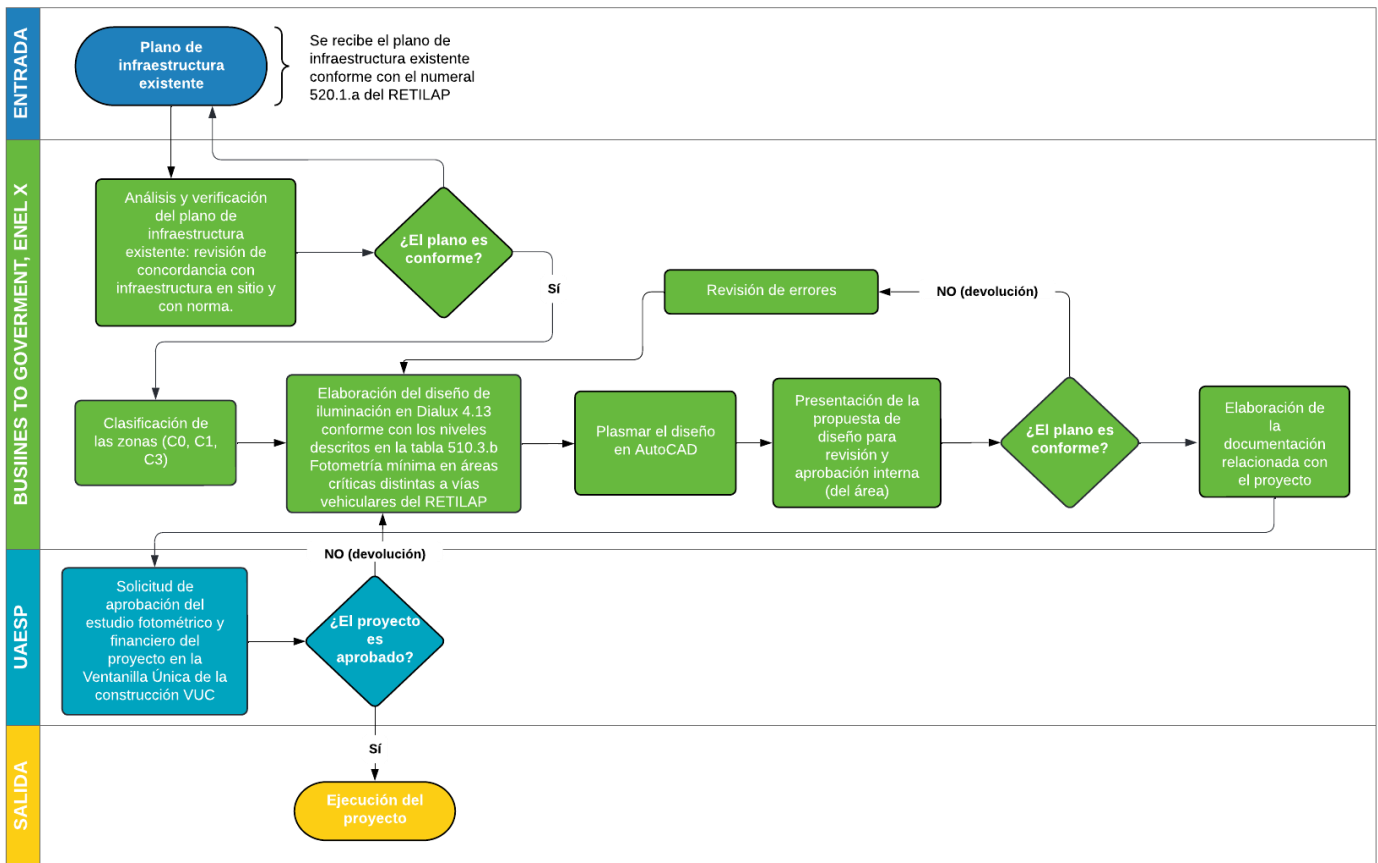
Dado que estos softwares tienen numerosos comandos, opciones y modos de uso, se requiere una inducción específica antes de usarlos para la gestión, según el objetivo de la herramienta. Se parte desde la familiarización con la interfaz de usuario de cada software y la observación detallada de cómo funcionan ciertas funciones o comandos en relación con su uso previsto. El uso de cada software depende del diseñador, ya que con la utilización frecuente se hacen sumamente prácticos. El objetivo es realizar un diseño adecuado, por lo que es necesario contar con la compañía de una persona capacitada que pueda explicar técnicamente por qué se debe utilizar cada software de una forma u otra.

2. Procedimiento para llevar a cabo los diseños fotométricos

Para cualquier caso de diseño, sean parques, vías secundarias o vías principales se desarrolla un algoritmo para la ejecución y presentación de los diseños que será plasmado a continuación en la figura 2 y detallado posteriormente.

Figura 2

Pasos para el desarrollo y presentación de proyectos fotométricos



2.1 Utilización de bases de datos de la empresa

Es importante contar con una base de datos en el área de alumbrado público de ENEL CODENSA. La razón, es que todas las estructuras y elementos que se utilizan para el diseño y la

ejecución de proyectos deben estar registrados allí, esto permite conocer con qué materiales se cuenta para poder diseñar y ejecutar proyectos eficientemente.

La base de datos contiene información detallada sobre la infraestructura del sistema de alumbrado público existente, como los tipos de postes y su altura, los tipos de luminarias y su potencia, los rótulos, entre otros. Esta información es valiosa tanto para el diseño como para la ejecución o modernización de obras de alumbrado público.

El proceso de base de datos requiere una actualización constante del sistema y la realización de informes que representen el estado actual del alumbrado público en Bogotá. Entre los informes que se deben generar mensualmente se encuentran:

- Informe infraestructura propiedad del distrito (Nivel 0)
- Informe cálculo de infraestructura para el cálculo de tarifa anual
- Informe red modernizada para el cálculo de tarifa anual
- Conteo tarifa arriendo y mantenimiento revisión mensual total
- Comparativo datos fuente (infraestructura informe UAESP)
- Consolidado de luminarias
- Inventario luminarias
- Proyección de luminarias

Además de lo anteriormente mencionado, se lleva a cabo el análisis y se proporcionan las respuestas correspondientes a todas las comunicaciones relacionadas con los Inventarios de Alumbrado Público, tanto las no conformidades potenciales como las reales que emiten las interventorías o clientes, los muestreos en terreno o las inconsistencias que puedan surgir durante los recorridos realizados en campo por dichas interventorías o clientes.

La revisión preliminar de los datos propios de la zona en la que se realiza el diseño fotométrico es un requisito en el desarrollo de cada proyecto, ya que se trabaja sobre la infraestructura existente con veras a emplearla y revisar que las estructuras nuevas que puedan llegar a proyectarse sean las estrictamente necesarias.

2.2 Plano de infraestructura existente

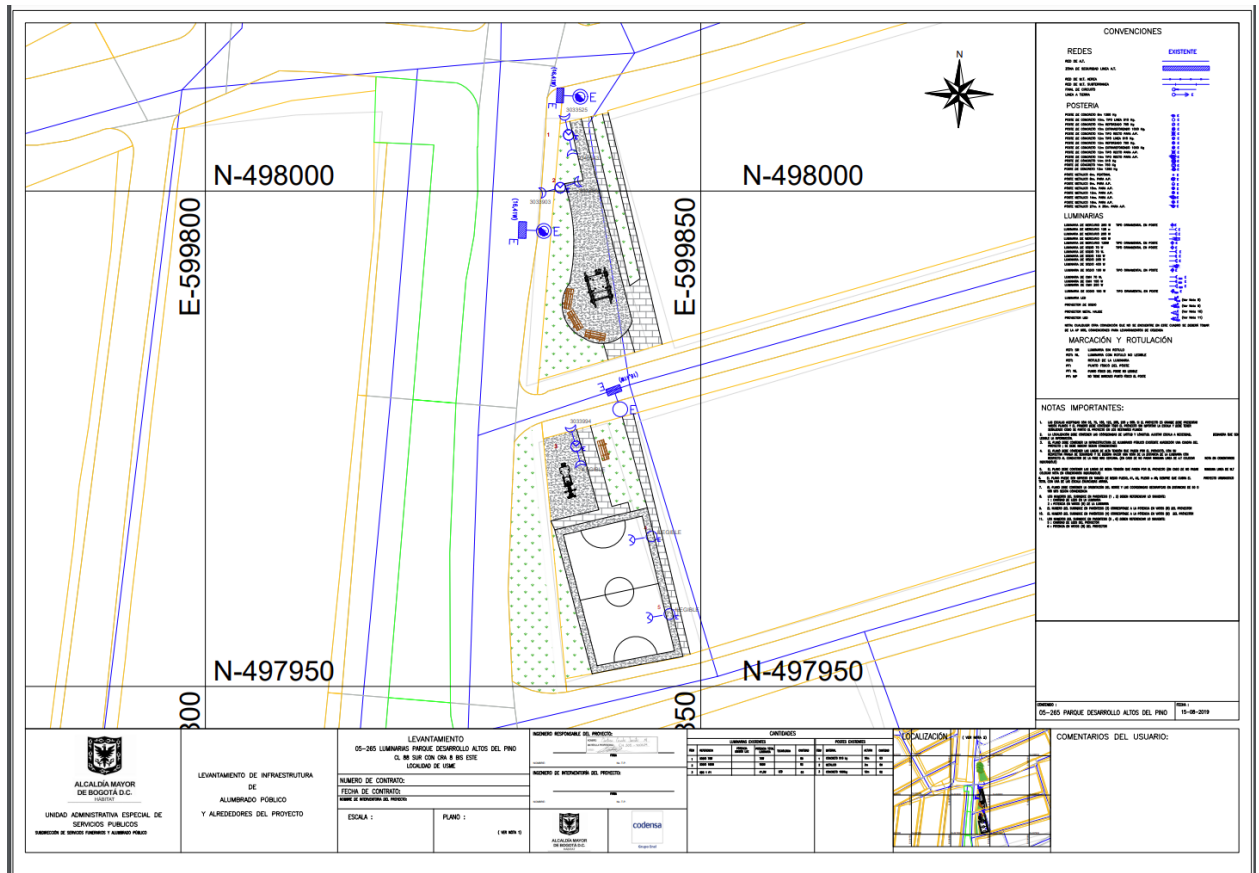
Para crear un diseño de iluminación adecuado, que cumpla con los estándares de iluminación necesarios, es elemental que el plano existente incluya la infraestructura de los puntos de acceso para peatones y ciclistas existentes en el área, así como las zonas que requieran iluminación, como senderos, ciclovías, carreteras, zonas de entretenimiento, entre otras. Además, es importante que el plano esté coordinado y escalado correctamente para garantizar que el diseño pueda ser ejecutado sin problemas y cumplir con los niveles de iluminación requeridos durante la simulación.

Un ejemplo de un plano existente es el que se ve a continuación, en la figura 3, en donde se puede apreciar la infraestructura presente a priori en el parque: “Desarrollo Altos del Pino” ubicado en el sur de Bogotá, que incluye la ubicación exacta de los postes y luminarias, se puede diferenciar una cancha, una zona de juegos, senderos peatonales (verificables a través de la herramienta “Street view” disponible en Google Earth), entre otros elementos.

Es fundamental que el plano esté coordinado, como se mencionaba líneas atrás, ya que eso permite que, en caso de ser necesario, se importe la información de la iluminación presente en las zonas aledañas al proyecto que pueda llegar a influir en los niveles de luminancia que se calcularán en cada caso, y por supuesto, este cruce de información será exitoso en la medida en que el proyecto se encuentre en las coordenadas correctas a la hora de sobreponer los planos.

Figura 3

Plano existente proyecto "Desarrollo altos del Pino"



Otro aspecto que debe revisarse en los planos es el cumplimiento de las características estándar de presentación, de manera que, cada plano debe tener una mancheta en donde consten:

- Nombre del proyecto con su consecutivo
- Escala utilizada
- Convenciones de todos los símbolos presentes en el plano
- Cantidad de Planos necesarios para representar el proyecto
- Cantidad, tipo y altura de los postes
- Cantidad, tipo y potencia de las luminarias

- Dirección completa del proyecto en cuestión
- Fecha en que se realiza el levantamiento

Esto proporciona una síntesis visual que permite entender rápidamente la estructura de la que se puede partir para el diseño, realizar análisis para validar si es correcto o no utilizar el plano, por ejemplo, en el caso de que sea un levantamiento muy antiguo, se presenta el riesgo de que haya postes nuevos que no se hayan contemplado o quizás postes y/o luminarias que hayan sido removidas, en estos casos, o en los casos que se valide que lo más correcto es actualizar el levantamiento, el plano se devuelve y se solicita formalmente su renovación.

2.3 Análisis y verificación del levantamiento

Para que los tiempos de diseño sean más ágiles y la complejidad para obtener los niveles de iluminación deseados sea menor, como diseñador/a es importante asegurarse de tener levantamientos precisos. Es por esta razón que se incorpora una sección específica en el proceso de diseño para analizar cada detalle del plano existente y corregir los pequeños errores y detalles que puedan facilitar el trabajo del diseñador al simular y realizar los cálculos necesarios.

Los elementos que deben ser revisados en esta etapa son, además de los antes mencionados:

- Inter distancias
- Plano coordenado
- Rótulos de luminarias
- Zonas existentes (canchas, zonas de juegos, senderos)
- Medidas
- Brazos de las luminarias
- Disposición de las luminarias
- Localización del proyecto

Para verificar que los datos suministrados en el plano existente son verídicos se utilizan herramientas de observación de cada uno de los sitios, estas son de acceso público: Google Earth y Mapas Bogotá.

2.4 Elaboración de propuesta fotométrica en dialux 4.13

Para llevar a cabo lo que será la propuesta fotométrica se realiza un estudio previo del levantamiento y se divide el área a evaluar en zonas, áreas o vías específicas. Luego, se utilizan las luminarias necesarias y se montan en el software de diseño en la disposición que el diseñador considere más adecuada. En esta etapa, se puede apreciar la capacidad del diseñador para resolver problemas, interpretar resultados, aplicar normas y optimizar proyectos.

Es importante considerar un factor de mantenimiento de **0,91** (Ver anexo: “JUSTIFICACION DE FM”) en todos los cálculos fotométricos para proyectos de alumbrado público. Una vez que se obtienen estos cálculos a través del software, se realiza un análisis de los resultados para identificar los puntos en los que la iluminación no es adecuada o donde hay sobre iluminación. El diseñador también puede comparar los resultados obtenidos por el software con los niveles requeridos según la clasificación del proyecto en las tablas 11 y 12 del documento, y modificar el diseño para lograr los resultados adecuados.

A continuación, se mostrarán algunas vistas en planta y resultados fotométricos de las mismas (valores de iluminancia horizontal, isolíneas, resumen) obtenidos para tres zonas representativas de un parque:

Cancha

Clasificada como C0 según la tabla 510.3 b del RETILAP: Requisitos fotométricos para áreas críticas, **tabla 7** del presente documento.

Figura 4

Vista en plano de Cancha

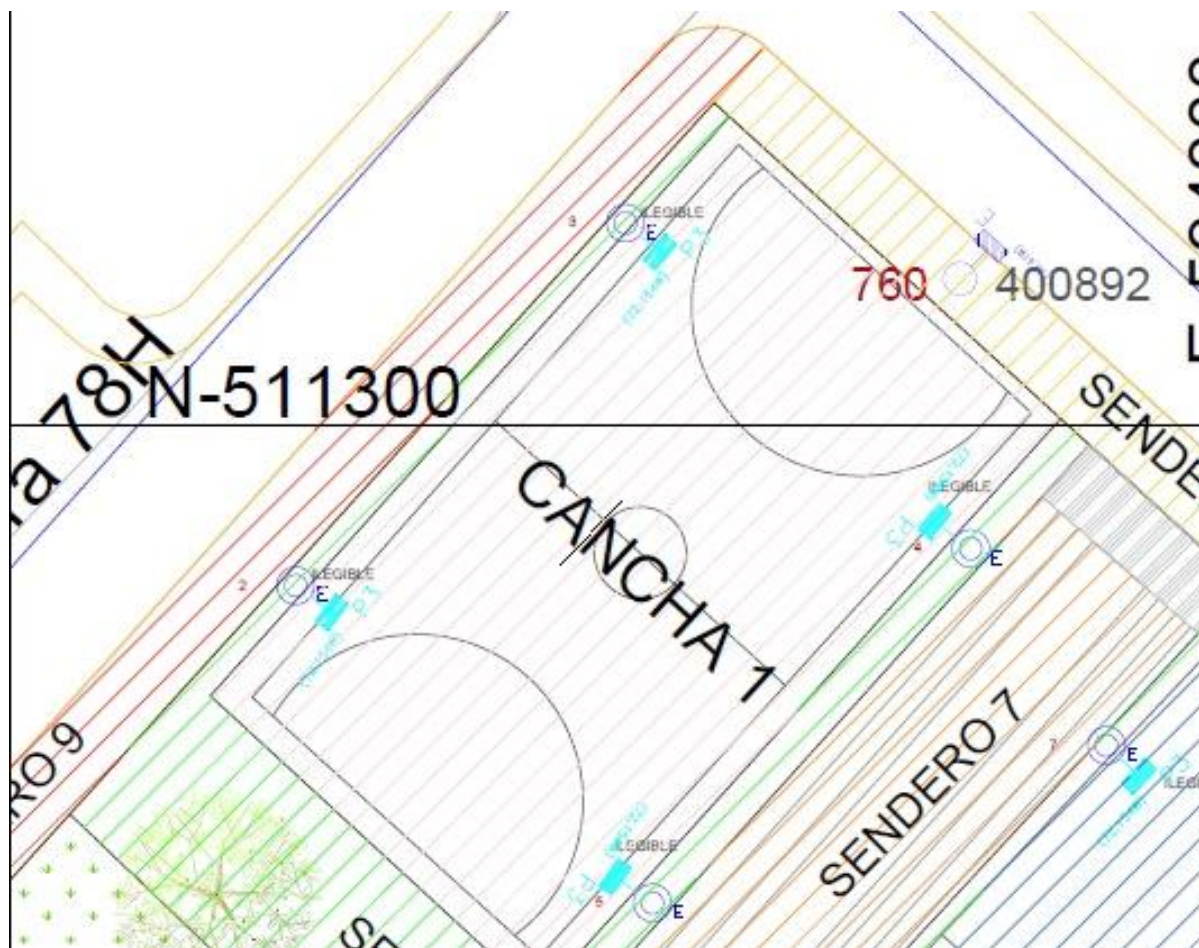
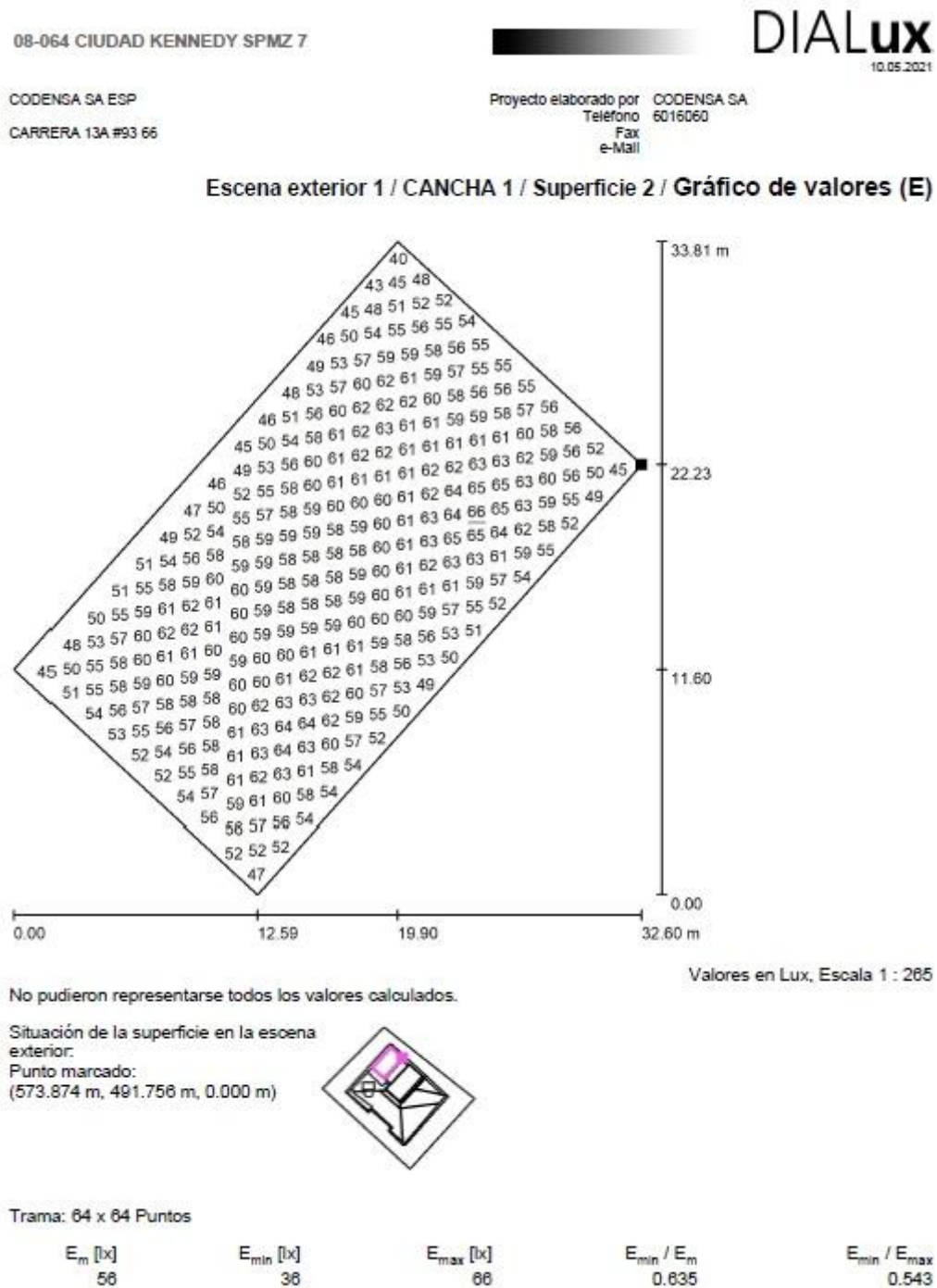


Figura 5

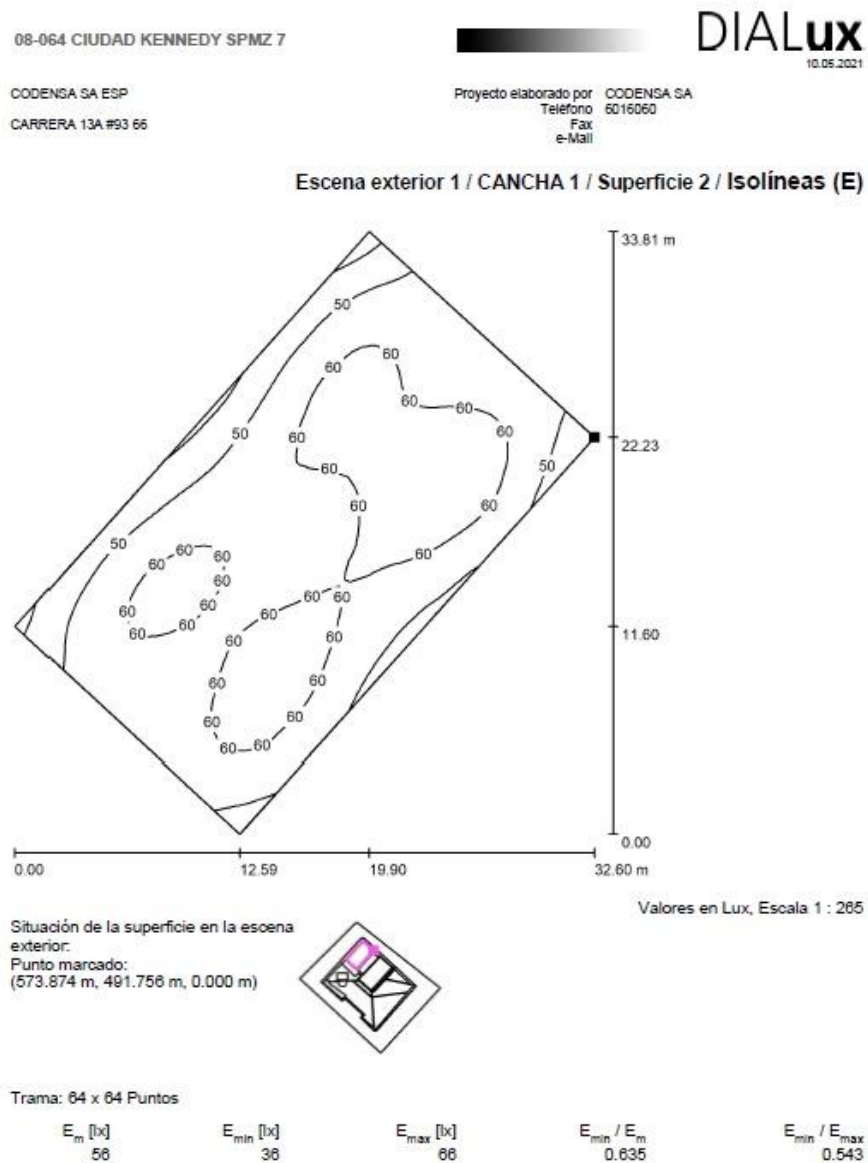
Vista de resultados luminotécnicos cancha



En este caso se revisa que la luminancia promedio (E_m) supere un valor de 50, pero que no esté por encima de 60, por URE, y que la uniformidad sea de mínimo 40%, en este aspecto que esté por encima el valor, no representa problemas.

Figura 6

Isolíneas Cancha



Zona de juegos

Clasificada como C1 según la tabla 510.3 b del RETILAP: Fotometría mínima en áreas críticas distintas a vías vehiculares, **tabla 7** del presente documento,

Figura 7

Isolíneas Zona de Juegos

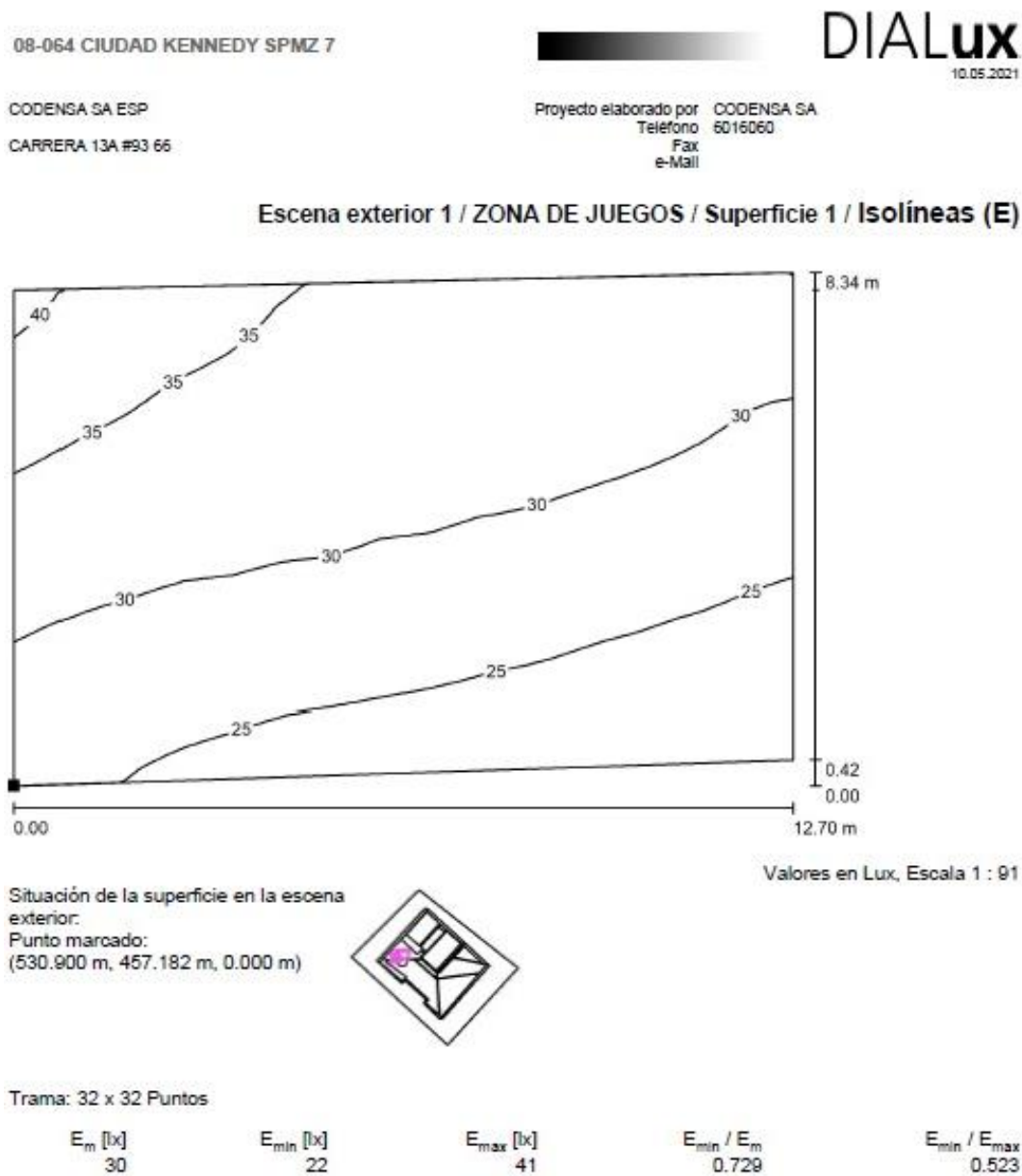
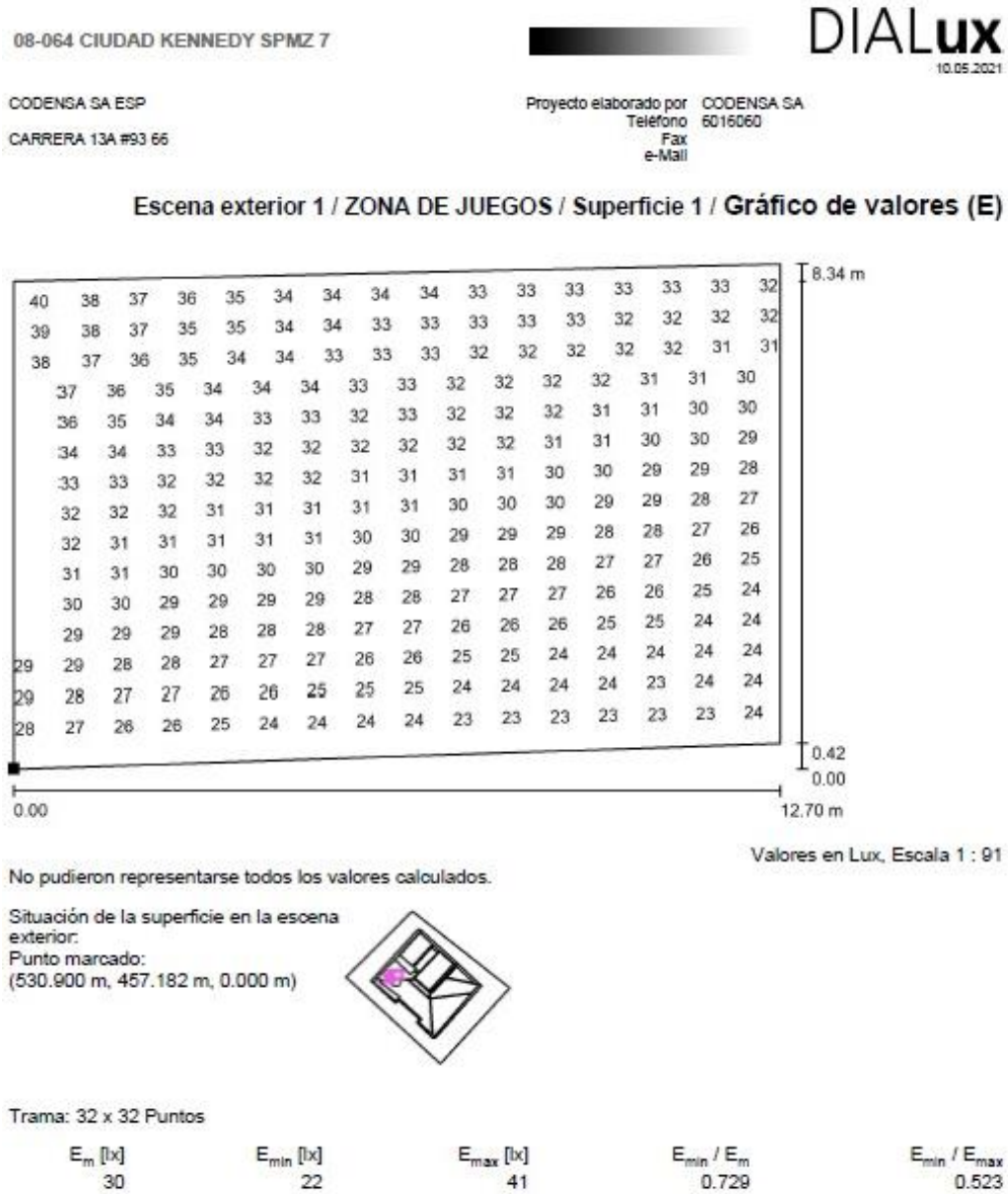


Figura 8

Resultados Fotométricos Zona de Juegos



En este caso se revisa que la luminancia promedio (E_m) sea igual o menor a un valor de 30, pero que no esté por encima de 40, por URE, y que la uniformidad sea de mínimo 33%, en este aspecto que esté por encima el valor, no representa problemas.

Figura 9

Vista en Planta Zona de Juegos



Sendero

Clasificada como **C3** según la tabla 510.3 b del RETILAP: Requisitos fotométricos para áreas críticas, **tabla 4** del presente documento.

Figura 10

Vista en Plano de sendero

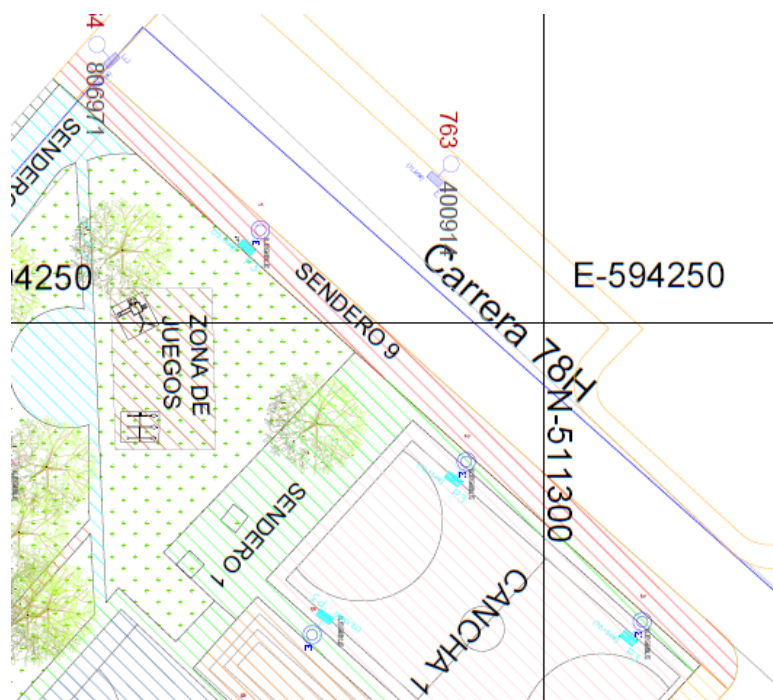


Figura 11

Gráfico de valores de Sendero

08-064 CIUDAD KENNEDY SPMZ 7

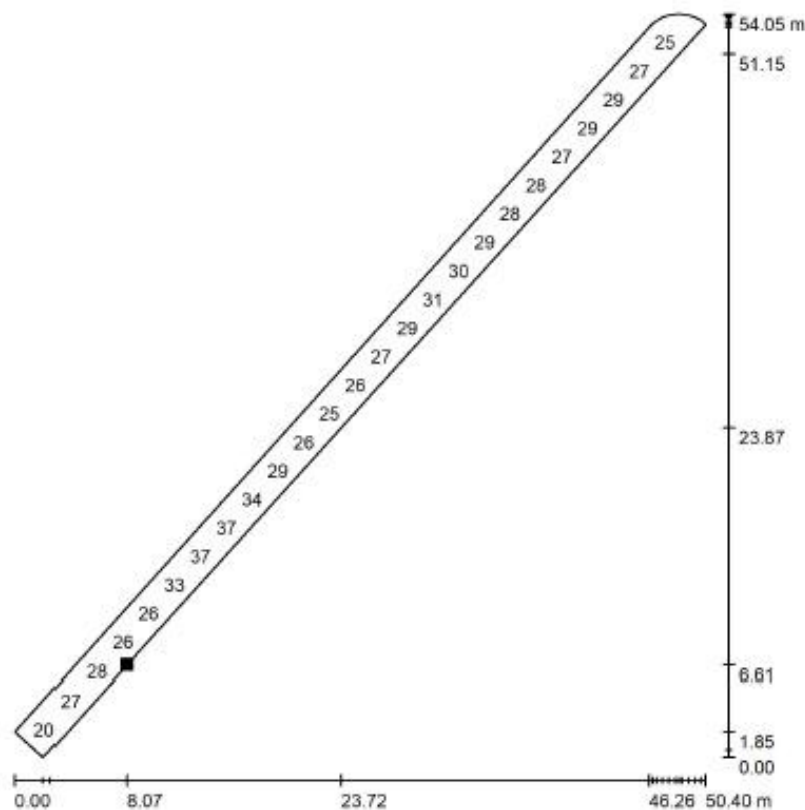


DIALux
10.05.2021

CODENSA SA ESP
CARRERA 13A #93 66

Proyecto elaborado por CODENSA SA
Teléfono 6016060
Fax
e-Mail

Escena exterior 1 / SENDERO 9 / Superficie 1 / Gráfico de valores (E)



Valores en Lux, Escala 1 : 423

No pudieron representarse todos los valores calculados.

Situación de la superficie en la escena exterior:
Punto marcado:
(520.254 m, 459.308 m, 0.000 m)

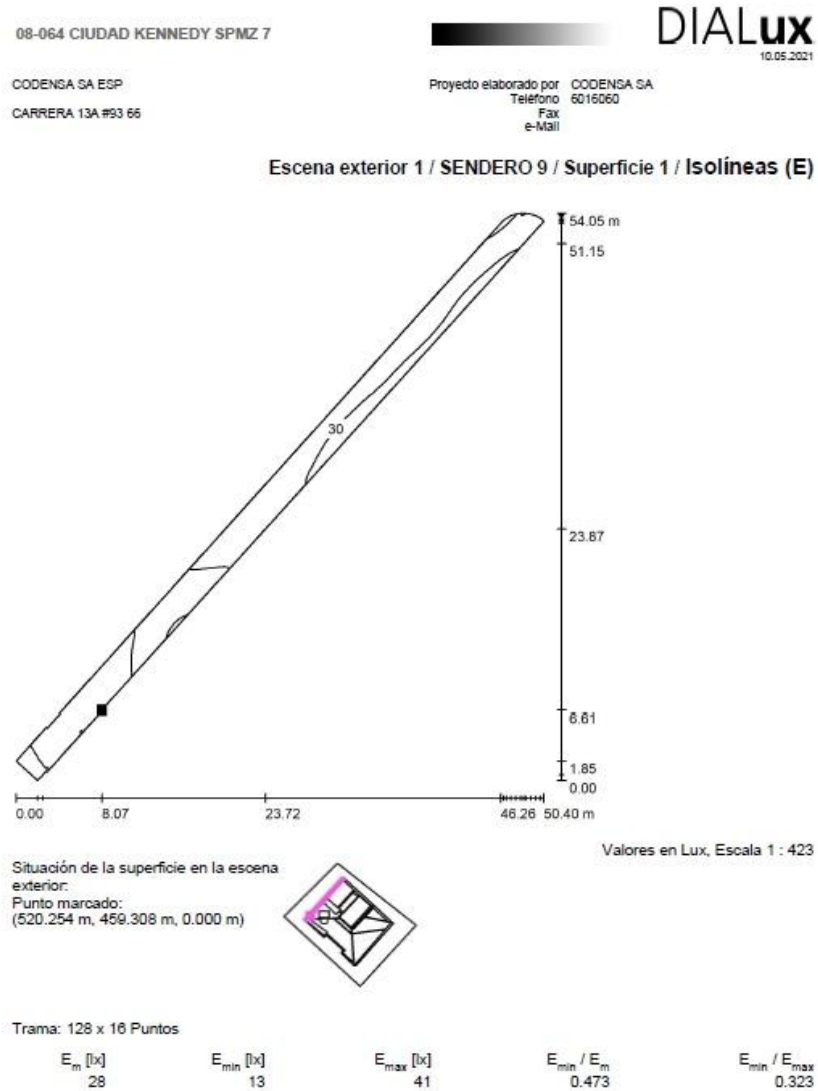


Trama: 128 x 16 Puntos

E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m	E_{min} / E_{max}
28	13	41	0.473	0.323

Figura 12

Isolíneas de sendero



En este caso se revisa que la luminancia promedio (E_m) sea igual o mayor a un valor de 15, y puede pasar que llegue a tener valores similares a los de canchas y plazoletas sin representar problemas, ya que puede pasar que se encuentre muy cerca de ellas, por su parte la uniformidad debe ser mínimo 33%, en este aspecto que esté por encima del valor, tampoco representa problemas.

3. Proceso de presentación de proyectos por ventanilla única de la construcción (vuc) y principales proyectos desarrollados

Posterior al diseño y a obtener la aprobación de interna del ingeniero jefe, los proyectos de AP (alumbrado público) entran en un proceso de aprobación para su construcción. Este proceso implica una serie de pasos, entre los cuales se encuentran: solicitar la documentación de los proyectos ejecutados, revisar la documentación del diseño fotométrico aprobado y ejecutado, clasificar el proyecto entregado según el alcance y presentar la documentación técnica que soporte el cumplimiento regulatorio del proyecto, de manera que se lleva a cabo la entrega formal del proyecto con toda la documentación requerida a la Unidad Administrativa especial de Servicios Públicos (UAESP) para su revisión y verificación.

La solicitud de aprobación se realiza mediante la Ventanilla Única de la construcción, plataforma de la UAESP disponible en <https://vuc.habitatbogota.gov.co/> en donde el diseñador de ENEL tiene un usuario con el que le es posible ingresar y cargar en formato digital toda la documentación, todo el proceso se da así, de manera digital.

3.1 Documentos necesarios para la aprobación de los proyectos

Los documentos se cargan en carpetas donde se incluyen:

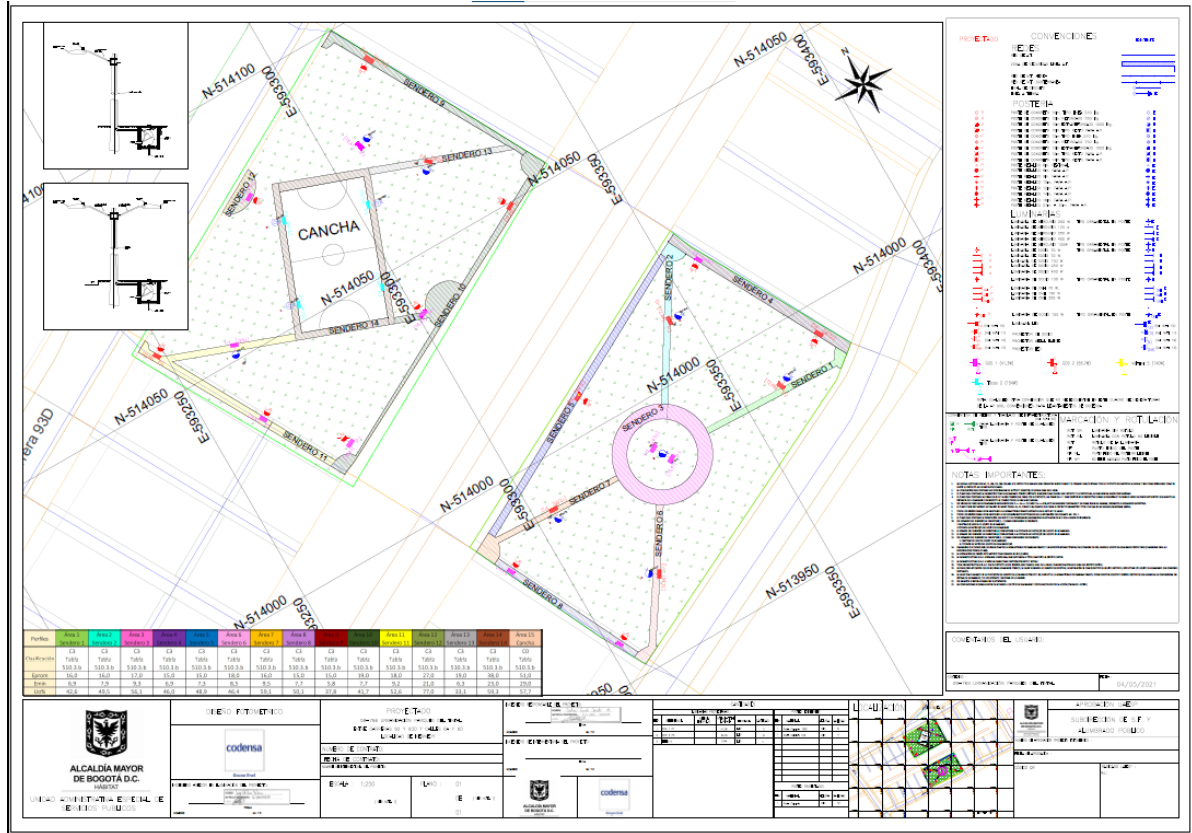
3.1.1 Diseños fotométricos

En esta carpeta se adjuntan:

- Documento en PDF del **plano proyectado**, es decir, un plano donde se describen las zonas que se diferencian en el parque a través de distintos colores, se menciona la tabla del RETILAP que establece sus requisitos de luminancia y uniformidad y se consolidan lo que serán las luminarias proyectadas, un ejemplo de esto se muestra a continuación:

Figura 13



Ejemplo de plano proyectado



- PDFs donde constan los resultados fotométricos del proyecto en cuestión que se exportan de Dialux 4.13, de manera que en uno se encuentran los resultados posteriores al análisis para el cumplimiento de valores de norma donde ya está incluida la infraestructura nueva, y en otro, donde constan los resultados si no se proyectara ninguna luminaria adicional indicando las zonas que presentarían incumplimiento de valores de norma, de manera que se justifica la inversión en esta, de no ser necesario proyectar ningún poste y luminaria, se adjunta únicamente el PDF donde conste que así se puede cumplir con los valores requeridos, un ejemplo de lo anterior se puede ver en la siguiente imagen:

Figura 14

Visual de la presentación de los resultados fotométricos para aprobación

-  08-766 URB PARQUES DEL TINTAL NO CUMPLE SENDEROS 1,2,4,5,6,7,8,9,10,11,12 Y 13.pdf
-  08-766 URB PARQUES DEL TINTAL.pdf

De todos los posibles datos que se pueden exportar de la herramienta Dialux 4.13 se seleccionan: Datos de las luminarias, Isolíneas y gráfico de valores, el contenido de un documento exportado de Dialux tiene entonces típicamente el siguiente contenido:

Figura 15

Contenido Típico del exportable de los proyectos fotométricos

URB PARQUES DEL TINTAL		DIALux <small>02.05.2021</small>
Proyecto elaborado por Codensa SA		
Telefono		
Fax		
e-mail		
	Indice	
URB PARQUES DEL TINTAL		
Portada del proyecto		1
Indice		2
Lista de luminarias		4
SCHREDER 389062 VOLTANA 5		
Hoja de datos de luminarias		5
SCHREDER 355412 TECEO 2		
Hoja de datos de luminarias		6
GDS 1336-QL17-S01 Perfil 2 GDS 1336-QL17-S01 SLCS078321NA		
Hoja de datos de luminarias		7
GDS 1198-QL17-S01 Perfil 1 GDS 1198-QL17-S01 SLCS068111NA		
Hoja de datos de luminarias		8
URB PARQUES DEL TINTAL (08-766)		
Datos de planificación		9
Lista de luminarias		10
Luminarias (ubicación)		11
Superficies exteriores		
SENDERO 1		
Superficie 2		
Isolíneas (E)		12
Gráfico de valores (E)		13
SENDERO 2		
Superficie 2		
Isolíneas (E)		14
Gráfico de valores (E)		15
SENDERO 3		
Superficie 2		
Isolíneas (E)		16
Gráfico de valores (E)		17
SENDERO 4		
Superficie 2		
Isolíneas (E)		18
Gráfico de valores (E)		19
SENDERO 5		
Superficie 2		
Isolíneas (E)		20
Gráfico de valores (E)		21
SENDERO 6		
Superficie 2		
Isolíneas (E)		22
Gráfico de valores (E)		23
SENDERO 7		
Superficie 2		
Isolíneas (E)		24
Gráfico de valores (E)		25
SENDERO 8		
Superficie 1		
Isolíneas (E)		26
Gráfico de valores (E)		27
CANCHA		
Superficie 2		
Isolíneas (E)		28
Gráfico de valores (E)		29

1. Carta de aprobación global de los proyectos de modernización LED en donde se menciona que todos los proyectos presentados hacen parte de un proyecto de remodelación masiva de las estructuras existentes en sodio y halogenuro, también se presenta un formato de identificación del proyecto en donde se describe su ubicación, consecutivo, cantidad de puntos luminosos, potencia a instalar, y en sí, se describe el proyecto, no es posible mostrarse de manera gráfica por políticas de confidencialidad de la empresa.
2. Carta de licitación: Aquí consta la adjudicación de la licitación del proyecto global a ENEL CODENSA, las luminarias que se pueden instalar y sus costos, en este caso tampoco se puede mostrar por políticas de confidencialidad de la empresa.
3. Tarjeta profesional de los ingenieros que firman los diseños presentados.
4. Declaración de cumplimiento RETIE firmada por el Ing cuya tarjeta profesional se adjunta en la carpeta anterior.
5. Cédulas de los ingenieros que firmen los planos
6. Carta de presentación del proyecto en donde se mencionan los perfiles de luminarias empleados para el proyecto, Software usado, carga total instalada, tipos de mantenimiento establecido y cantidad de luminarias instaladas.
7. Plano de infraestructura existente revisado en PDF, un ejemplo se presenta en el capítulo 2 del presente documento.
8. Plano final de infraestructura proyectada en formato DWG exportado de AUTOCAD
9. Carta de justificación de el factor de mantenimiento ($FM=0,91$) en donde se presentan los cálculos realizados para establecer este valor.

En el caso de que los proyectos no sean aprobados, posterior a la presentación de la información antes mencionada, la web notifica la devolución del mismo, y debe corregirse el

proyecto de acuerdo con las observaciones que se realicen, y volverse a presentar en la web de la ventanilla de la construcción.

3.2 Principales proyectos desarrollados

Los principales proyectos desarrollados son los siguientes:

Tabla 12

Proyectos desarrollados

Ítem	Proyecto	Aprobación
1	07-089 parque desarrollo brasilia i sector	Aprobado
2	01-396 parque urbanizacion la pepita norte (etapa 1)	Aprobado
3	07-067 urbanización olarte	Aprobado
4	10-478 urbanización quirigua	Aprobado
5	10-587 urbanización bolivia sector occidental etapa ii y ii	Aprobado
6	10-740 parque urbanización el pedregal etapas iii, iv, v	Aprobado
7	16-061 colonia oriental - parque pio xii	Aprobado
8	16-202 el tejar	Aprobado
9	16-205 el tejar	Aprobado
10	16-210 el tejar	Aprobado
11	16-215 el tejar	Aprobado
12	19-053 desarrollo arborizadora alta	Aprobado
13	01-135 Santa Ana norte y Emcocables	Aprobado

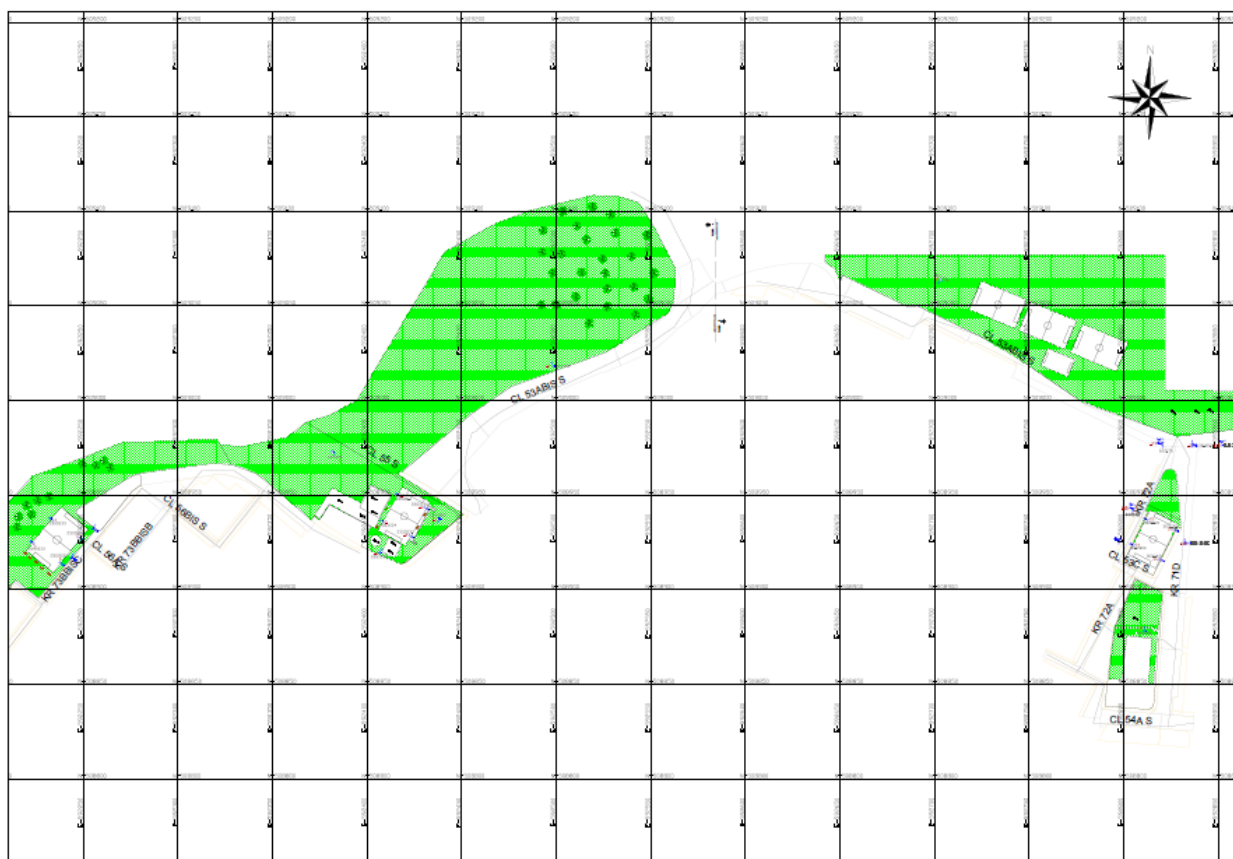
14	08-658 ciudad de techo ii	Aprobado
15	11-186 las villas tercer sector	Aprobado
16	08-655 ciudad de techo ii	Aprobado
17	11-623 desarrollo villas del rincón.	Aprobado
18	08-579 castilla la nueva	Aprobado
19	13-149 futura	Aprobado
20	07-052 desarrollo antonia santos	Aprobado
21	10-688 centro empresarial los alamos	Aprobado
22	10-587 urb. Bolivia sector occidental etapa ii y iii.	Aprobado
23	16-212 el tejar	Aprobado
24	Parque el pedregal et iii - iv - v.	Aprobado
25	11-060 urbanización iberia triangulo ii sector etapa i	Aprobado
26	07-045 Desarrollo Brasilia III sector	Aprobado
27	11-291 aures ii	Aprobado
28	11-796 conjunto residencial atabanza	Aprobado
29	07-011 la amistad desarrollo san pablo sector ii	Aprobado
30	01-136 parque urbanización el cedrito	Aprobado
31	08-064 ciudad kennedy spmz 7	Aprobado
32	08-743 tagaste etapa 3 (predio villa mejía)	Aprobado

33	08-766 urb parques del tinal	Aprobado
34	08-767 urb parques del tinal	Aprobado
35	08-768 urb parques del tinal	Aprobado
36	01-167 santa barbara central	Aprobado
37	01-246 urbanización cedro bolivar 2 sector	Aprobado

3.2.1 Proyectos destacables

Figura 16

Plano existente 07-067 URBANIZACIÓN OLARTE



Carga Inicial: 3597,1W

Carga final: 1983,3W

Reducción: 81%

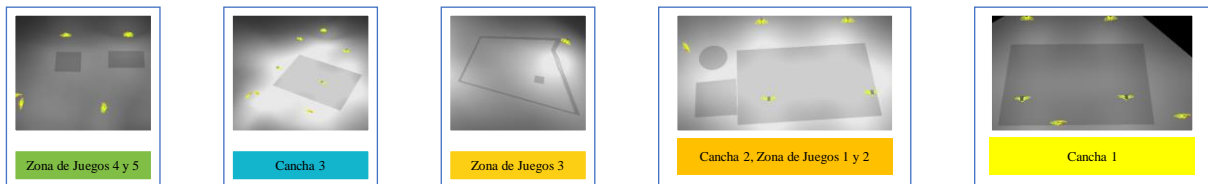
Figura 17

Plano proyectado 07-067 URBANIZACIÓN OLARTE



Figura 18

Diseño en Dialux 07-067 URBANIZACIÓN OLARTE.



07-089 PARQUE DESARROLLO BRASILIA I SECTOR

Figura 19

07-089 PARQUE DESARROLLO BRASILIA I SECTOR

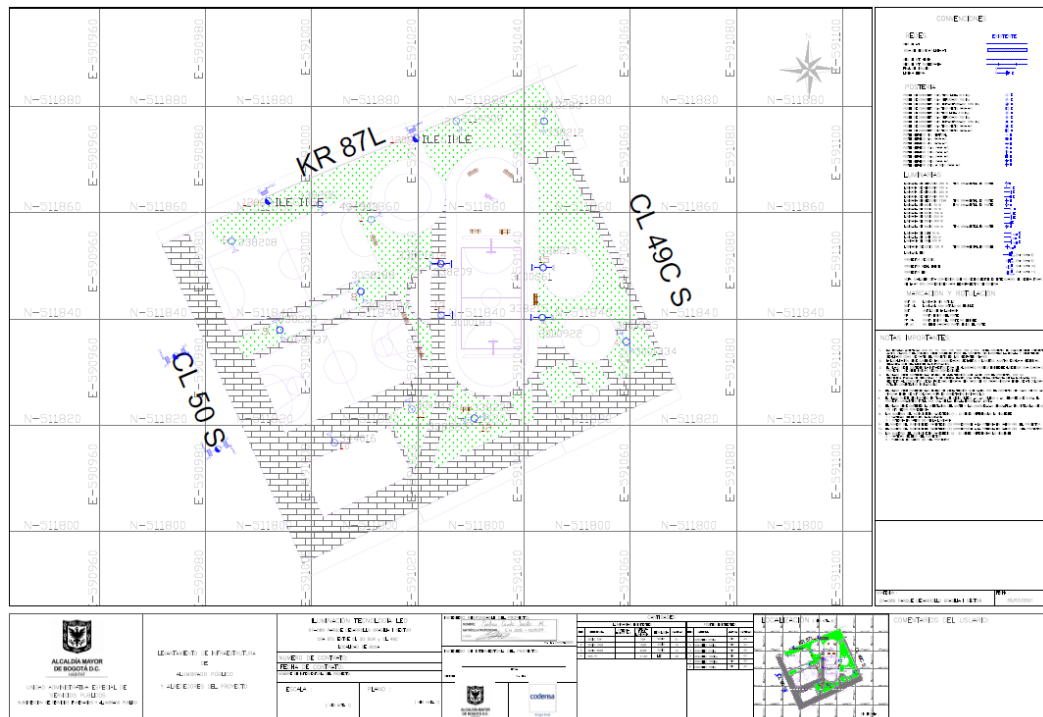
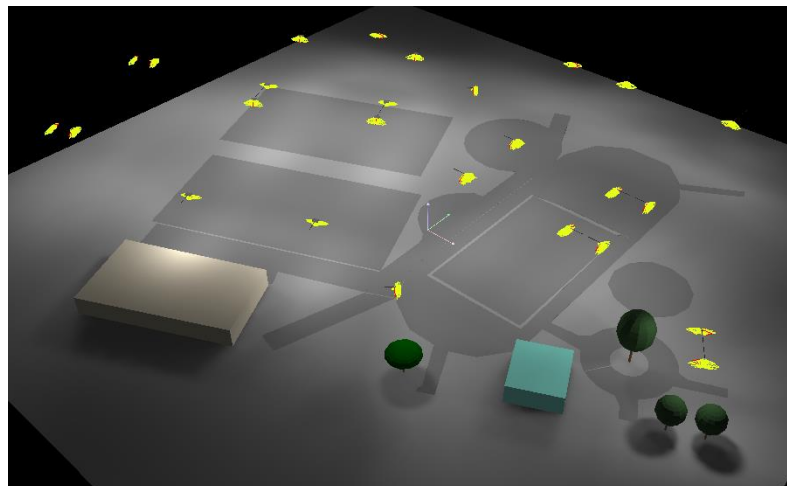


Figura 20

07-089 PARQUE DESARROLLO BRASILIA I SECTOR Diseño en Dialux



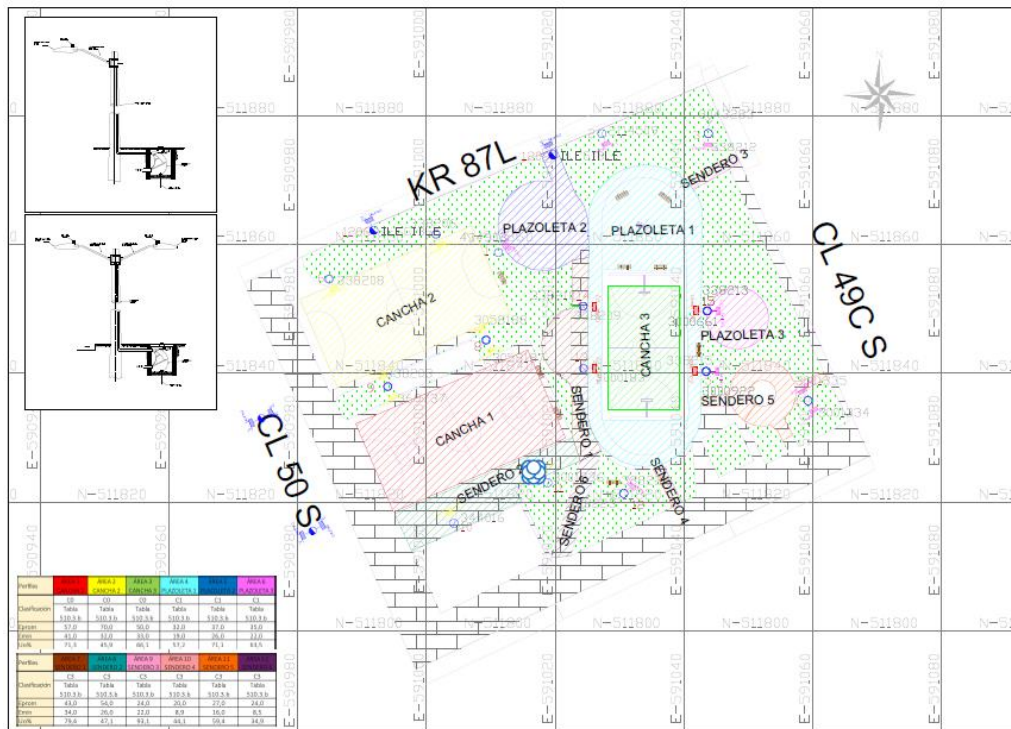
Carga Inicial: 4817,8W

Carga final: 1713,2W

Reducción: 181%

Figura 21

07-089 PARQUE DESARROLLO BRASILIA I SECTOR Plano Proyectado



08-658 CIUDAD TECHO+

Figura 22

08-658 CIUDAD TECHO EXISTENTE

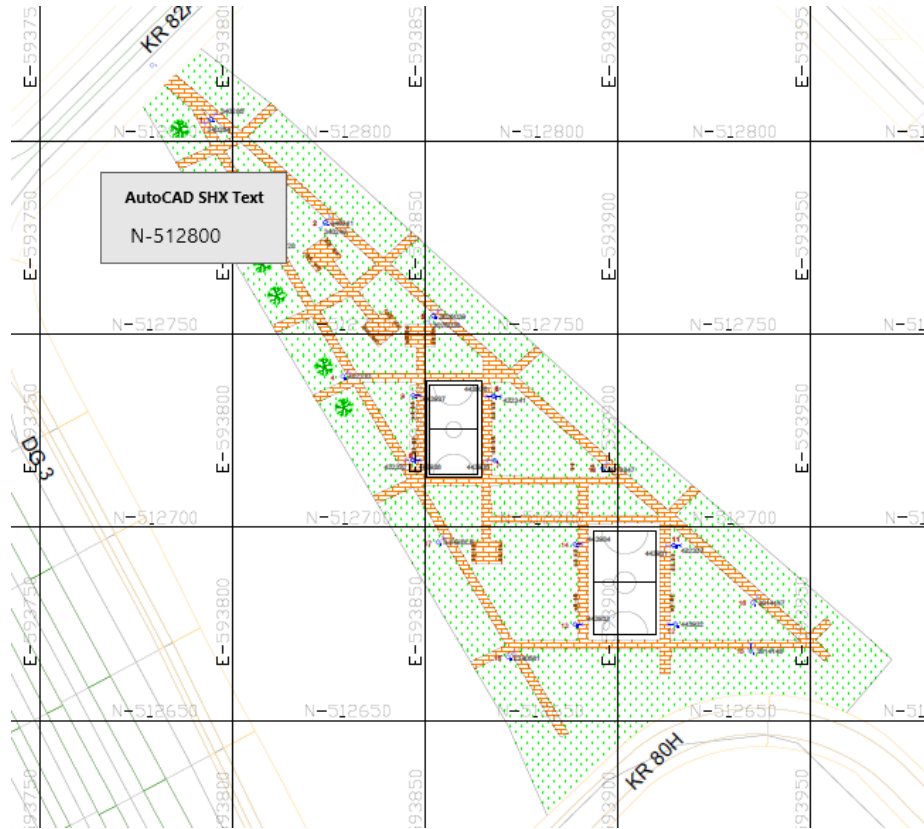


Figura 23

08-658 CIUDAD TECHO Diseño en Dialux

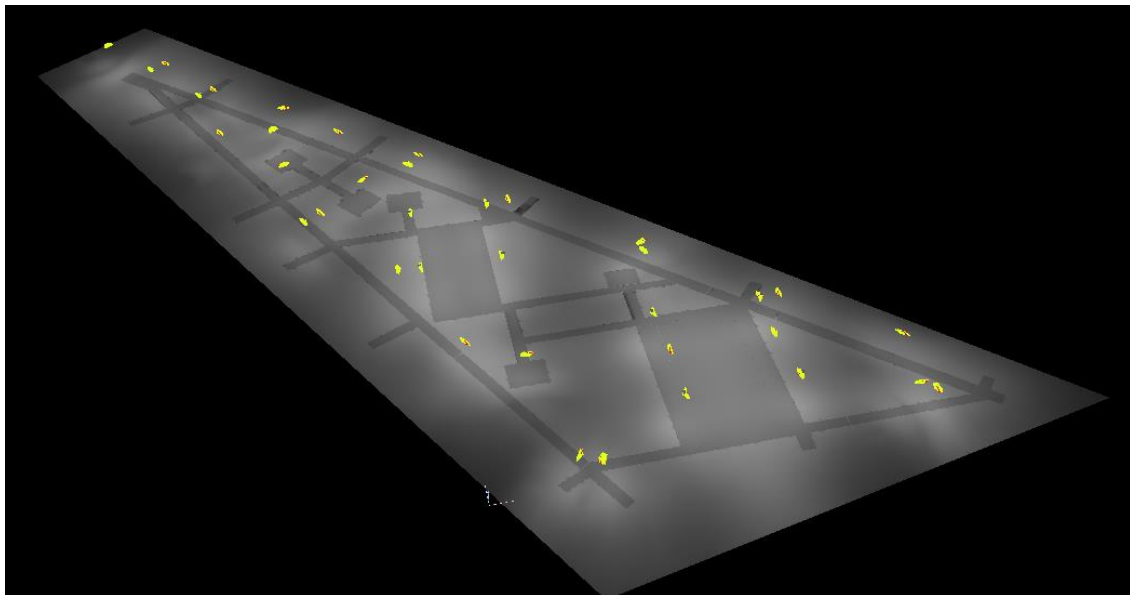
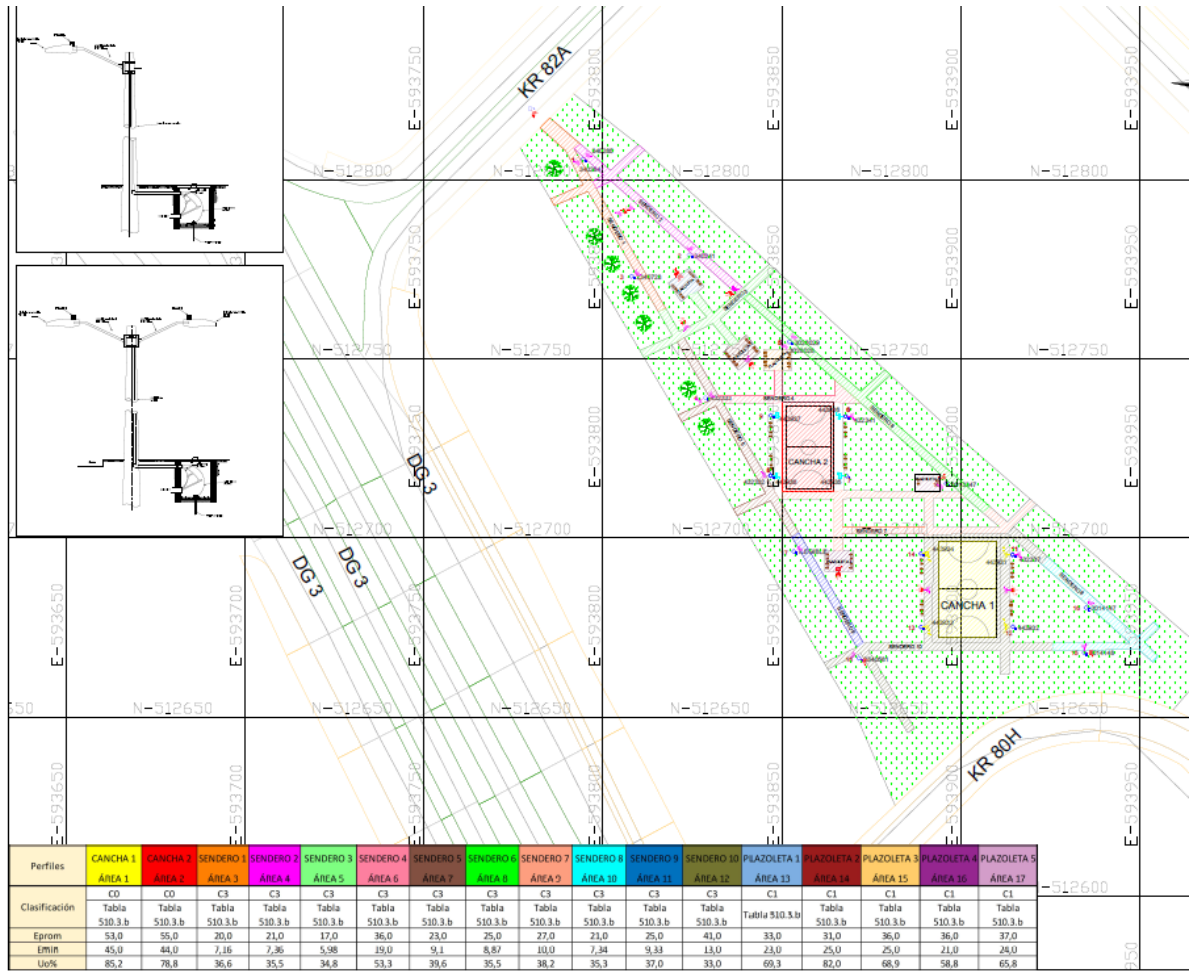


Figura 24

08-658 CIUDAD TECHO Plano proyectado

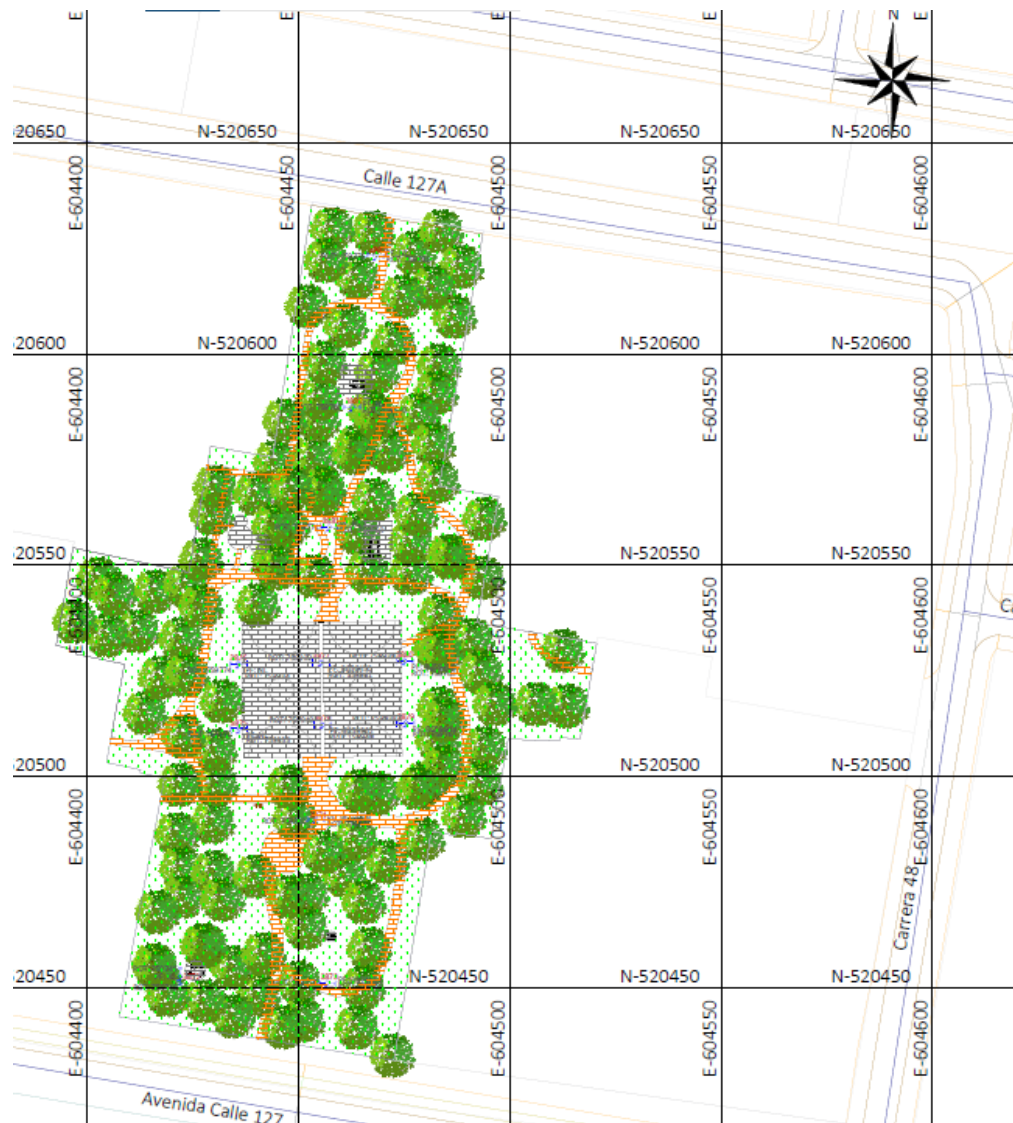


Carga Inicial: 2320W, 24 luminarias

Carga final: 2520,1W, 37 luminarias

Aumento: 8%

11-796 CONJUNTO RESIDENCIAL ATABANZA

Figura 25*11-796 CONJUNTO RESIDENCIAL ATABANZA Plano existente***Carga Inicial:** 4120W 26 Luminarias**Carga final:** 2676,2W 38 Luminarias**Reducción:** 54%

Se realiza el proceso de modernización reemplazando la iluminación existente en sodio por luminarias con tecnología LED, de las siguientes referencias:

- Luminaria perfil 1 - GDS [41,3 W] (1198-QL17-S01) (SLCS068111NA)
- Luminaria perfil 2 - GDS [65,7 W] (1336-QL17-S01) (SLCS078321NA)
- Luminaria perfil 3 - Schreder Teceo 2 - (154 W) (5118)

El proyecto cuenta con una carga total de 1723.9 vatios, representada en la cantidad de 16 luminarias.

Para mejor apreciación se presentan en los anexos en PDF los planos ajustados y finales de los proyectos:

Tabla 13

Lista de proyectos

07-089 parque desarrollo brasilia i sector
16-061 colonia oriental - parque pio xii
08-064 ciudad kennedy spmz 7
08-743 tagaste etapa 3 (predio villa mejía)
08-766 urb parques del tintal
08-767 urb parques del tintal

4. Conclusiones

Los conocimientos adquiridos en la práctica contribuyeron al crecimiento profesional y personal a través de las experiencias que se tuvieron a lo largo de la misma.

Se realizaron 37 diseños fotométricos que cumplen a cabalidad con lo dispuesto en la reglamentación colombiana RETIE y RETILAP, así como con los requisitos internos establecidos por ENEL CODENSA, velando por el uso racional de la energía URE, estos diseños contribuyeron al proyecto de modernización de las estructuras de sodio a las Led que se adelanta en la ciudad de Bogotá.

Cada uno de los proyectos desarrollados contó con la documentación necesaria para su aprobación a través de la Ventanilla única de la construcción (VUC).

Se realizó seguimiento a cada uno de los proyectos presentados, de manera que se ajustaron en varias oportunidades las sugerencias de la Unidad Especial de Servicios Públicos UAESP para que finalmente se diera paso a la construcción del proyecto por el área encargada.

Se utilizaron los softwares Dialux 4.13 y Autocad 2017 para la elaboración de los diseños, de estos se tenían conocimientos previos, dados en las asignaturas: instalaciones eléctricas y sistemas de distribución, a través de los seis meses de práctica se fortalecieron estos conocimientos en el ejercicio del diseño y el análisis de cada uno de los proyectos

El proyecto de modernización visto de manera global le permite a la ciudad de Bogotá ser más eficiente en la gestión de la energía consumida por concepto de alumbrado público, así como velar porque los índices luminotécnicos se cumplan a cabalidad lo que beneficia a la población en temas de comodidad y seguridad.

Referencias

- ENEL . (2022). *Conoce los resultados financieros de ENEL Colombia. ENEL Colombia la empresa de energía en Bogotá y Cundinamarca.* . Obtenido de <https://www.ENEL.com.co/es/prensa/news/d202207-resultados-financieros-ENEL-colombia.html>
- ENEL. (2022). *ENEL-CODENSA presenta ENEL X, su nueva línea de negocios para ofrecer productos y servicios innovadores, sostenibles y digitales.* Obtenido de <https://www.ENEL.com.co/es/prensa/news/d201905-ENEL-CODENSA-presenta-ENEL-x-su-nueva-linea-de-negocios-para-ofrecer-productos-y-servicios-nnovadores-sostenibles-y-digitales.html>
- Enel Codensa. (2013). *ET801 Luminarias para bombillas de sodio 70 a 400 W para alumbrado público.* Obtenido de https://likinormas.micodensa.com/Especificacion/materiales_ap/et801_luminarias_bombillas_sodio_70_400_w#heading_7
- Enel Codensa. (2014). *ET822 Bombillas de halogenuros metálico.* Obtenido de https://likinormas.micodensa.com/Especificacion/materiales_ap/et822_bombillas_halogenuros_metalicos
- Enel Codensa. (2017). *ET808 Luminarias LED.* Obtenido de https://likinormas.micodensa.com/Especificacion/materiales_ap/et808_luminarias_led#heading_8
- Enel Codensa. (2019). *ET819 Bombillas de vapor de mercurio alta intensidad de carga.* Obtenido de

https://likinormas.micodensa.com/Especificacion/materiales_ap/et819_bombillas_vapor_mercurio_alta_intensidad_carga

Enel Codensa. (2020). *¿Cómo reemplazar luminarias de VAPOR DE SODIO por luminarias LED?*

Obtenido de <https://iluminica.com/como-reemplazar-luminarias-de-vapor-de-sodio-por-luminarias-led/>

ENEL Spa All Rights. (2022). *Dónde estamos. ¿Dónde estamos?* Obtenido de

<https://www.ENEL.com/es/nuestra-compania/quienes-somos/donde-estamos>

Ministerio de Minas y Energía. (2010). *RETILAP Resolución Número 180540 De 2010,*” p. 243.

Ministerio de Minas Y Energía. (2013). *ANEXO GENERAL DEL RETIE RESOLUCIÓN 9 0708 DE*

AGOSTO 30 DE 2013. REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE). Obtenido de

https://www.minenergia.gov.co/documents/3809/Anexo_General_del_RETIE_vigente_actualiz

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. (2020). *Historia del alumbrado Público.*

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. . Obtenido de <https://www.uaesp.gov.co/content/historia-del-alumbrado-publico-bogota>

ENEL Spa All Rights Reserved. (s. f.). *Dónde estamos. ¿Dónde estamos?* Recuperado 15 de junio

de 2022, de <https://www.ENEL.com/es/nuestra-compania/quienes-somos/donde-estamos>

ENEL. (28 de julio de 2022). Conoce los resultados financieros de ENEL Colombia. ENEL

Colombia la empresa de energía en Bogotá y Cundinamarca.

<https://www.ENEL.com.co/es/prensa/news/d202207-resultados-financieros-ENEL-colombia.html>

ENEL S.A. (s. f.). *ENEL-CODENSA presenta ENEL X, su nueva línea de negocios para ofrecer productos y servicios innovadores, sostenibles y digitales*. ENEL.com.co. Recuperado 16 de junio de 2022, de (ENEL, 2022)

ENEL Spa All Rights Reserved ENEL Spa. (s. f.). *Vision*. Visión Corporativa: valores y objetivos. Recuperado 15 de junio de 2022, de <https://www.ENEL.com/es/nuestra-compania/quienes-somos/vision>