

ILUMINACIÓN DE LA CANCHA DE FÚTBOL BARRIO DIVINO NIÑO USO DE TECNOLOGÍA LED

*Autor: SERGIO MONCADA SÁNCHEZ
Código: 23551913717
Smoncas04@uan.edu.co*

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.

Tecnología en mantenimiento electromecánico industrial

*Universidad Antonio Nariño
Sede Cúcuta*

Director

*PhD. Ingeniero electricista ANTONIO GAN ACOSTA
e-mail institucional del director: antonio.gan@uan.edu.co*

RESUMEN: El presente trabajo describe las etapas del diseño de la iluminación de la cancha de fútbol ubicado en el Barrio Divino Niño de la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander, aplicando las últimas tendencias de alumbrado público para campos deportivos que se están desarrollando en el país como lo es la tecnología tipo LED, la cual demanda que estos diseños sean realizados por personal calificado y la aplicación del RETILAP, donde los equipos empleados en el sistema de la iluminación cumplan con los requisitos técnicos mínimos y que las luminarias tipo LED empleadas en el proyecto estén con fotometrías certificadas. El diseño se distribuye en dos aspectos principales que son:

El diseño y cálculo del sistema de iluminación con tecnología LED.

El diseño y cálculo de la infraestructura para del sistema de iluminación con tecnología LED.

Finalmente se realizó la evaluación de los aspectos técnicos, económicos, ambientales,

tecnológicos y sociales del proyecto y su impacto en la convivencia de los ciudadanos que hacen uso de esta unidad deportiva.

PALABRAS CLAVE: Red eléctrica, Led, eficiencia, iluminación, RETILAP, RETIE.

ABSTRACT: This work describes the stages of the lighting design of the soccer field located in the neighborhood Divino Niño of the city of Cúcuta, Norte de Santander, applying the latest trends in public lighting for sports fields that are being developed in the country as it is the LED type technology, which demands that these designs be carried out by qualified personnel and the application of RETILAP, where the equipment used in the lighting system meet the minimum technical requirements and that the LED type luminaires used in the project are with certified photometries.

The design is divided into two main aspects that are:

The design and calculation of the lighting system with LED technology.

The design and calculation of the infrastructure for the lighting system with LED technology.

Finally, the evaluation of the technical, economic, environmental, technological and social aspects of the project and its impact on the coexistence of the citizens who make use of this sports unit was carried out.

KEY WORDS: Electric network, Led, efficiency, lighting, RETILAP, RETIE.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el desarrollo social de estas comunidades está directamente relacionado con los recursos que se disponen y se utilizan para el esparcimiento y prácticas deportivas de acuerdo a las necesidades e intereses individuales y colectivos. Por ello, es importante que exista una cobertura progresiva de las prestaciones básicas para la convivencia; esto hace que suba el nivel de la calidad de vida de los ciudadanos porque se mejoran las condiciones para un desarrollo amigable con su entorno, donde el medio ambiente y su cuidado es vital. Es acá donde la ejecución de este trabajo de grado tiene importancia, debido a que su impacto es directamente para la comunidad ubicada en el barrio Divino Niño, donde se pretende realizar el diseño del sistema de Iluminación para la cancha de fútbol utilizando tecnología tipo LED de acuerdo a las tendencias de alumbrado público para campos deportivos que se están desarrollando en la ciudad y que buscan la reducción del impacto ambiental negativo a través de mejoras significativas en la eficiencia energética.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El alcalde de Cúcuta, Jairo Yáñez Rodríguez¹, inauguró un parque infantil y la instalación de luminarias led en el barrio San Rafael, con miras a seguir generando espacios seguros y saludables en los

¹ <https://asiescucuta.com/new/2021/02/25/entregan-zonas-de-juegos-y-luminarias-led-en-san-rafael/>

territorios de alta complejidad del municipio. Estos proyectos de iluminación en espacios públicos deportivos se vienen dando por parte de la administración local, buscando el control del comportamiento de los ciudadanos, así lo manifiesta el presidente de la junta de acción comunal del barrio Divino Niño, quien explica que si estos espacios están iluminados sería un gran esfuerzo que se verá reflejado en el mejoramiento de los niveles de convivencia de la comunidad; por este motivo dio su apoyo incondicional a la realización de este proyecto. Ver Anexo A (Carta de consentimiento).

El alumbrado público de la cancha del barrio no existe como tal; la iluminación actual del alumbrado público adyacente es deficiente y su sistema eléctrico es precario, no cumple con el RETILAP (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público), como se puede apreciar en la figura 1.



Figura 1. Cancha de fútbol Barrio Divino Niño.

Fuente: Autor del proyecto.

El objeto principal de este proyecto es generar un diseño del sistema de alumbrado para la cancha de fútbol, para lo cual se utilizó tecnología LED, para entregarlo como un aporte de desarrollo en el área energética, cuidado del medio ambiente y sitio de esparcimiento para los habitantes del barrio por parte de la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta.

A. ANTECEDENTES

Se encontraron los siguientes trabajos, después de realizar un rastreo bibliográfico sobre el trabajo de grado que se adelanta. A continuación, se relacionan algunos, similares al tema en estudio.

A nivel internacional

Título: Diseño de iluminación para estadios de fútbol nacional. Universidad de Costa Rica - Facultad de Ingeniería- Escuela de Ingeniería Eléctrica

Palabras claves: Reflexión, Refracción, Luminotecnia, Isolinea, Luminiscencia,

Resumen: Para la elaboración de este proyecto, inicialmente se realizó una recopilación de las normas, reglas y consideraciones más importantes de la Federación Internacional de Fútbol Asociación que se debe tomar en cuenta a la hora de iluminar el campo de juego de un estadio de fútbol donde tengan lugar eventos futbolísticos internacionales y transmitidos en HDTV.

Una vez identificados los aspectos a considerar, se procedió a investigar los tipos de luminarias disponibles en el mercado y las más ideales para el uso que se les daría en este proyecto, las cuales son los halogenuros metálicos. Se escogieron 2 luminarias de la misma familia, pero con características de potencia y desempeño distintas y se obtuvieron sus características más relevantes, así como los archivos de cada una.

A nivel nacional

Estudios y proyectos relevantes en Colombia se han desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia. “Vigilancia tecnológica y prospectiva del sector de la iluminación comercial y alumbrado público”².



Figura 2. Planta energía solar túnel de Santa Rosa

Fuente: <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/alumbrado-publico-solar-llego-colombia-79616>

Así mismo, en todo el país se están desarrollando proyectos de alumbrado público con la aplicación de energías renovables y tecnología LED, como se puede apreciar en la figura 2.

A nivel local

Diseño de la iluminación de la unidad deportiva del municipio de Herrán (N. de S.). Universidad Nacional De Colombia-Facultad de Ingeniería-Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Resumen: El presente trabajo tiene como finalidad, diseñar la Iluminación para la Unidad Deportiva del Municipio de Herrán (N. de S.). Con la entrada en vigencia del RETILAP, los diseños de iluminación deben ser realizados por personal calificado. Los equipos empleados en la iluminación deben cumplir con requisitos técnicos mínimos y las luminarias empleadas con fotometrías certificadas. Los diseños se realizaron con la ayuda del software ULYSSE 2.2.0 debidamente certificado, cumplen con las normas actuales vigentes como el RETILAP y el RETIE.

B. OBJETO

Proyección del sistema de iluminación con tecnología LED para la cancha de fútbol del barrio Divino Niño de la ciudad de Cúcuta.

² Análisis de nuevas fuentes de iluminación.

C. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Proyectar el sistema de iluminación con tecnología LED para la cancha de fútbol del Barrio Divino Niño.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Ejecutar los cálculos para la iluminación de la cancha de fútbol aplicando RETILAP.

Diseñar el alumbrado público del polideportivo con tecnología LED aplicando RETILAP.

Dibujar los planos de diseño del sistema de alumbrado con tecnología LED.

D.ACOTACIONES

Para el desarrollo de este trabajo de grado la información de campo se obtuvo con el levantamiento topográfico y la parte de iluminación se basó en el RETILAP; se contó con el consentimiento de la junta de acción comunal del barrio.

A. ALCANCE

Diseño y cálculos del sistema de iluminación con lámparas tipo LED para la cancha de fútbol del Barrio Divino Niño.

Generar propuestas para mejorar el desarrollo de la investigación en el campo de las energías renovables y sistemas de iluminación pública aplicando la normativa del RETILAP en el Programa en Mantenimiento Electromecánico Industrial de la Universidad Antonio Nariño UAN sede Cúcuta.

B. LIMITACIONES

El trabajo de grado se desarrolló en la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, en un término de 4 meses y es aplicado a la formación en el Programa de Tecnología Electromecánica.

E. JUSTIFICACIÓN

La realización del proyecto, radica su importancia e influencia en el aspecto social, económico y ambiental del barrio Divino Niño, porque se pretende realizar un diseño tecnológico que promueva la aplicación de tecnologías limpias como lo es la iluminación tipo LED, aplicada en un proyecto de tecnología electromecánica para dar solución a un problema real que se presenta con la actual iluminación, la cual está conformada por una red de postería y lámparas de sodio que hacen parte del alumbrado público general y que no son óptimas para este tipo de instalaciones en espacio deportivo y lo más importante, no cumplen con el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público para espacios deportivos de acuerdo al RETILAP.

La Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta, contribuye a la formación de nuevos tecnólogos en el área Electromecánica, formados integralmente para que apoyen a los sectores económicos y sociales de la región. Por otra parte, es importante la aplicación de las nuevas tecnologías que se están implementando en los sistemas de alumbrado público en la ciudad de Cúcuta con la aplicación de las normas establecidas en el RETILAP y RETIE en estos proyectos. La formación del Tecnólogo UAN tiene que llevarse a cabo teniendo en cuenta las tecnologías de punta usadas por la industria actual en el presente y las que se pueden integrar en un futuro inmediato.

F. LEGISLACIÓN

En el diseño de cualquier tipo de instalación eléctrica aplicada a los sistemas de iluminación públicos y campos deportivos existe normativas que se rigen por el reglamento de instalaciones eléctricas RETIE y el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP, los cuales especifican las condiciones mínimas de seguridad y calidad que se deben aplicar en estos diseños.

II. MARCO TEORICO

Conceptos básicos para el diseño de luminarias en exteriores³

1. El área fotométrica o Luz Visible

El campo de la radiación electromagnética abarca diferentes tipos de radiación entre las cuales se tiene desde ondas de radio hasta los rayos gamma.

La luz visible es un tipo de radiación cuyo rango de longitud de onda puede ser detectado por el ojo humano; este rango se encuentra entre rayos ultravioleta 380 nm e infrarrojo 760 nm.

Este equivalente fotométrico correspondiente a la radiación se llama Iluminancia y su medida se da en lúmenes por metro cuadrado y se determina por Lux. La sensibilidad del ojo de los seres humanos con respecto a la luz varía según la longitud de onda.

2. Parpadeo o destello

Este fenómeno ocurre cuando suceden cambios rápidos en la intensidad de la luz visible, este cambio altera e inestabiliza el cuerpo humano; esto se produce comúnmente cuando hay un cambio en el nivel de voltaje, también puede ser cuando empieza el final de la vida útil de uno o más componentes eléctricos y electrónicos que integran la fuente de luz.

3. Deslumbramiento

Efecto visual causada por el brillo intenso o que es excesivo y éste no es controlado, puede causar incomodidad o distracción y logra disminuir la capacidad para observar información. Este fenómeno se encuentra directamente relacionado con la seguridad vial.

Es causado por la presencia de fuentes

intensas y brillantes en el campo de visión de la persona que está observando. Este brillo se determina en 2 tipos:

- Discomfort glare; incomodidad debida al deslumbramiento
- Disability glare; discapacidad debida al deslumbramiento

4. Depreciación del lumen a través del tiempo

Es el proceso por el cual la producción total de lúmenes se ve afectada cuando la fuente de luz reduce su calidad por el paso del tiempo disminuyendo su vida útil, la velocidad a la que se deprecia depende de una o varios factores que influyen, pero no están limitados a:

- Tipo de tecnología que se utiliza para iluminación
- Número de ciclos que posee el elemento de iluminación ya sea de encendido o apagado y eso incluye las horas de trabajo totales utilizadas
- Problemas o errores generados en el proceso de instalación
- Temperatura en el sitio de instalación, humedad y presión que se ejerce en el sitio donde es instalado

5. Método lumen

Este método es el más sencillo de utilizar para calcular el número de luminarias en una instalación, y está expresado como:

$$N = \frac{Em * S}{\Phi * fu * fm} \quad (1)$$

Donde:

N = Número de luminarias necesarias.

Em = Iluminancia media recomendada para cada aplicación.

S = Superficie a iluminar en m².

Φ = Flujo luminoso de una luminaria en lúmenes

fu = Coeficiente de Utilización del Haz

fm = factor de mantenimiento

³ 7 Conceptos básicos Diseño de iluminación exterior.pdf

Para determinar N, se debe calcular primero el coeficiente de utilización del Haz (fu) y para obtenerlo se debe calcular la relación de local (RI).

Cálculo de RI. Es la relación del local, que para este diseño se basa en las dimensiones de la cancha y la altura de los postes de iluminación en metros lineales:

$$RI = \frac{A * L}{h(A+L)} \quad (2)$$

Donde:

RI = Relación del local

A = Ancho de la cancha a iluminar

L = Largo de la cancha a iluminar

h = Altura del montaje de la estructura que soporta las luminarias en metros

Con RI calculado, se deduce el índice del local, con el valor de calculado se busca en la tabla 1 el índice el local correspondiente.

Tabla 1. Índice del local calculado por medio de la relación del local

Índice del local	Relación del local	
	Valor	Punto central
J	Menos de 0,7	0,6
I	0,7 a 0,9	0,8
H	0,9 a 1,12	1
O	1,12 a 1,38	1,25
F	1,38 a 1,75	1,5
E	1,75 a 2,25	2
D	2,25 a 2,75	2,5
C	2,75 a 3,50	3
B	3,50 a 4,50	4
A	Más de 4,50	5

Fuente: Ramírez Vásquez 1989.

De esta manera se colige de la (Tabla 1) el índice del local, para finalmente obtener el factor de utilización de la (Tabla 2).

Tabla 2. Cálculo general del factor de utilización de una luminaria

Distancia entre luminarias y Factor de mantenimiento (Fm)	Reflexión	Techo		75%			50%			30%	
		Pared		50%	30%	10%	50%	30%	10%	30%	10%
				Factor o coeficiente de utilización, Fu							
			J	0,33	0,38	0,26	0,32	0,28	0,26	0,28	0,26
Inferior a 1 x h Fm bueno 0,7			I	0,39	0,36	0,34	0,39	0,35	0,34	0,35	0,34
			H	0,43	0,4	0,38	0,42	4	0,38	0,39	0,38
			G	0,46	0,43	0,41	0,45	0,43	0,41	0,42	0,41
			F	0,48	0,46	0,43	0,47	0,45	0,43	0,45	0,43
			E	0,52	0,5	0,47	0,51	0,49	0,47	0,48	0,47

Fuente: (Ramírez Vásquez, 1989)

Fuente: Ramírez Vásquez 1989.

fm: el factor de mantenimiento sirve para cuantificar la disminución del flujo luminoso por el envejecimiento de las luminarias y por la suciedad acumulada en éstas y el proyector.

6. Herramientas Software

En el diseño de sistemas de iluminación para campos deportivos se utiliza como herramienta de diseño, software especializado con el cual se puede realizar desde cálculos complejos hasta la simulación en tiempo real del sistema de iluminación, aplicando la normativa RETILAP en el caso de Colombia.

En la tabla 3 se enuncian las aplicaciones más utilizadas para este tipo de diseño.

Tabla 3. Software simulación en iluminación

Software	Dirección web
DIALux	https://www.dial.de/en/dialux/
Relux	https://relux.com/en/
Radiance	https://www.radiance-online.org/
AGI32	http://www.agi32.com/

Fuente: Conceptos básicos Diseño de iluminación exterior

7. Iluminación LED

Un LED (Diodo emisor de iluminación) es un diodo semiconductor con capacidad para emitir luz.

El primer diodo LED se desarrolló en 1927 por Oleg Vladimírovich Lósev, pero hasta los años 60 cuando comenzó a usarse en la industria, los primeros LEDs sólo se podían construir en color rojo, verde o amarillo y con una intensidad de luz baja ha pasado a nuevos

que pueden ofrecer una luz blanca y suficiente para iluminar una habitación.

El funcionamiento físico del LED

El principal funcionamiento de un diodo LED consiste en que un electrón al pasar de la banda de conducción a la de valencia pierda energía y ésta se manifiesta en forma de fotón con una amplitud, dirección y fase aleatoria.

Luz de LED: es monocromática y depende del material que se implementa en el semiconductor, teniendo en cuenta ese detalle, se recurre a la combinación entre ellos y el uso de diferentes intensidades, de esta forma se logra conseguir luz blanca y se puede mezclar la luz de tres LEDs, uno azul, otro rojo y por último de color verde estos colores genera una forma de color RGB.

Ventajas del LED

- Una mayor eficiencia energética con un consumo de un 85% menos.
- Mayor vida útil puede ofrecer unas 45.000 horas de uso aproximadamente.
- La luz más ecológica debido a los componentes químicos que la forman.
- Baja emisión de calor y mínimo mantenimiento.

III. MARCO METODOLOGICO

Para la ejecución del trabajo de grado, se llevó a cabo una metodología de desarrollo que conllevó a la realización de los objetivos anteriormente expuestos y fundamentados en el marco conceptual, recolectando y analizando la información por medio de las actividades propuestas para el desarrollo de cada objetivo enunciado.

Objetivo 1. Ejecutar los cálculos para la iluminación de la cancha de fútbol aplicando RETILAP.

Para alcanzar este objetivo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Aplicar las normas del RETILAP al diseño del sistema de iluminación con tecnología LED.

Efectuar los cálculos del sistema de iluminación con tecnología LED aplicando RETILAP.

Objetivo 2. Diseñar el alumbrado público del polideportivo con tecnología LED aplicando RETILAP.

Para alcanzar este objetivo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Aplicar las normas del RETILAP al diseño del sistema de iluminación con tecnología LED.

Diseñar el sistema de iluminación con tecnología LED.

Objetivo 3. Dibujar los planos de diseño del sistema de alumbrado con tecnología LED.

Para alcanzar este objetivo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Dibujar los planos de acuerdo con el diseño establecido en el sistema de iluminación con tecnología LED.

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Objetivo 1. Ejecutar los cálculos para la iluminación de la cancha de fútbol aplicando RETILAP.

Cálculo luminotécnico

El cálculo lumínico se desarrolló utilizando el método de los lúmenes, que es el ideal para el diseño de campos deportivos; el dimensionamiento lumínico con este método entrega valores aproximados a la realidad. Estos cálculos se realizaron de forma manual y se simularon en el software DIALux 4.12®, el cual tiene una aplicación específica para el diseño de iluminación en escenarios deportivos.

Dimensiones del área a iluminar: La cancha de fútbol tienen las siguientes dimensiones:

Largo: 50 m
Ancho: 35 m

$$S = \text{Largo} \times \text{Ancho} \quad S = (50 \times 35) \text{ m}^2$$

$$S = 1750 \text{ m}^2.$$

Selección nivel de iluminación: Según la Tabla 3 tomada del RETILAP establece que el tipo de escenarios como recreativo deben alcanzar una iluminación horizontal de 100 lux

Tabla 4. Niveles de Iluminación horizontales por tipo de juego y nivel de competencia

Deporte	Nivel de juego			Uniformidad (E_{min}/E_{max})	
	Recreativo	Entrenamiento	Competencia	Entrenamiento	Competencia
Fútbol	50(100)	60(150)	>600	1:3	2:3
Voleibol	60	100	300 a 600	1:3	2:3
Baloncesto	60	100	300 a 600	1:3	2:3
Tenis	150	250	400 a 700	1:2	2:3
Béisbol	150	250	400 a 700	1:2	2:3

Fuente: RETILAP – tabla 560.3.1

Selección del tipo de luminarias: Se seleccionó la luminaria que cumple con las siguientes características según RETILAP el cual toma como fuente las instrucciones de la FIFA:

- Temperatura calor 4 000 K
- Reproducción de color (ICR) $\geq 65 \%$

De acuerdo a la librería de luminarias que tiene el software Dialux se seleccionó la siguiente luminaria Sylvania Start Flood IP66 Asymmetric

SYLVANIA

Start Flood IP66 Asymmetric
Start Flood IP66 27500lm 740 ASYM
0048213

Warranty	5 years
Datos ópticos	
Fixture luminous flux (lm)	26900
Luminaire efficacy (lm/W)	135
Temperatura de color (K)	4000
Color de la luz	Neutral White
IRC (Ra)	70
Beam Angle (°)	65°/120
Grupo de riesgo fotobiológico	RG1

Figura 3. Manual técnico luminaria
Fuente: Sylvania

Altura mínima de las luminarias: Ecuación tomada del RETILAP

$$h_m = \left[\frac{w}{3} + \text{Sep} \right] * \text{Tan}(30^\circ)$$

Dónde:

h_m = Altura de montaje mínima de las luminarias

w = Ancho del campo deportivo

Sep.= Separación entre el campo deportivo y los postes

$$h_m = \left[\frac{33.70}{3} + 1 \right] * \text{Tan}(30^\circ) = 6.8 \text{mts}$$

Coefficiente de utilización: Para hallar el coeficiente de utilización se determinó primero el índice de local, aplicando la ecuación 2

$$Rl = \frac{35 * 50}{12(35 + 50)} = 1.71$$

Verificando en la tabla 1 el valor hallado de Rl se encuentra dentro del rango del índice local F, este valor se relaciona en la tabla 2 para determinar el coeficiente de utilización

$$fu = 0.48$$

Factor de mantenimiento: Según la tabla 2 corresponde a $fm = 0.7$ donde se presume que se debe realizar una limpieza cada año.

Cálculo flujo luminoso total: De los datos calculados anteriormente se determina el flujo luminoso dado en lúmenes que actúan sobre el área total de la cancha

$$\Phi = \frac{E * S}{fu * fm} = \frac{150 \text{lx} * 1750 \text{m}^2}{0.7 * 0.48} = 781250 \text{lx}$$

Cálculo número de luminarias: haciendo uso de Ecuación 1 se verificó en el manual

del fabricante de la luminaria, el flujo luminoso que corresponde a 26900 lúmenes.

$$N = \frac{781250}{26900} = 29 \text{ luminarias}$$

Para la simulación en el software el Dialux, se empleó la disposición de luz de inundación tomando un poste de referencia con el haz de iluminación en un cuarto de cancha y de esta forma el software refleja en los otros tres cuartos de cancha garantizando homogeneidad en la iluminación de toda la cancha.

Según los cálculos realizados se deben instalar 29 luminarias, pero para garantizar la homogeneidad establecida el número de luminarias debe ser un número múltiplo de 4 en este caso específico se estableció 8 luminarias por poste dando un total de 32.

Objetivo 2. Diseñar el alumbrado público del polideportivo con tecnología LED aplicando RETILAP.

Para garantizar el nivel mínimo de alumbramiento en una cancha de fútbol tipo recreativo, éste debe estar entre los 100 a 150 lx. La distribución debe ser uniforme de acuerdo a la figura 3 donde se utilizan cuatro (4) postes dispuestos dos a cada lado del campo.

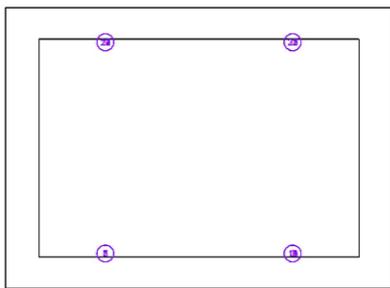


Figura 4. Distribución de luminarias
Fuente: Autor – Aplicando RETILAP

Diseño del sistema de iluminación: para el diseño se utilizó el software Dialux, Ver 4.12, programa especializado para el diseño de sistemas de iluminación y fotometría, aplicando los requerimientos técnicos del

RETILAP; esta versión es libre y tiene las librerías para escenarios deportivos.

Estudio fotometría: Para el inicio del estudio de fotometría se realizaron los siguientes pasos con el software DIALUX:

- Se creó un nuevo proyecto exterior



Figura 5. Nuevo proyecto
Fuente: Software Dialux

- De la pestaña iluminación de canchas deportivas, se creó el plano de la cancha según las dimensiones tomadas del plano topográfico.

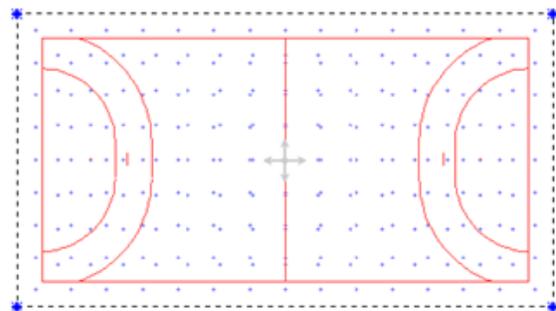


Figura 6. Selección de Cancha
Fuente: Software Dialux

- Se determinó el parámetro de luz de inundación.

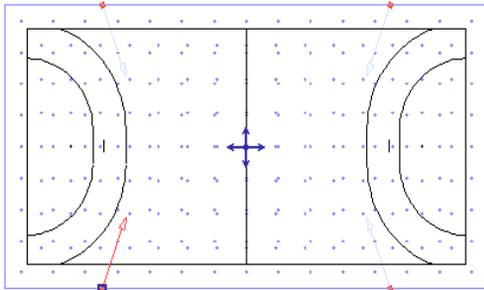


Figura 7. Luz de inundación
Fuente: Software Dialux

- Se seleccionó la luminaria cumpliendo con los parámetros de diseño establecidos para selección de luminarias de acuerdo con el RETILAP.

PENNSYLVANIA 0048213 START FLOOD IP66 27500LM 740 ASYM
 Nº de artículo: 0048213
 Flujo luminoso (Luminaria): 26950 lm
 Flujo luminoso (Lámparas): 26950 lm
 Potencia de las luminarias: 200.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 44 82 99 100 100
 Lámpara: 1 x 0048213 START FLOOD IP66 27500LM 740 ASYM (Factor de conexión 1.000)

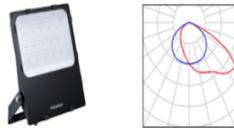


Figura 8. Lámpara y respuesta Fotométrica.
Fuente: Software Dialux.

- Se ubicó la postería, la altura, el número y los ángulos de incidencia de luminarias.

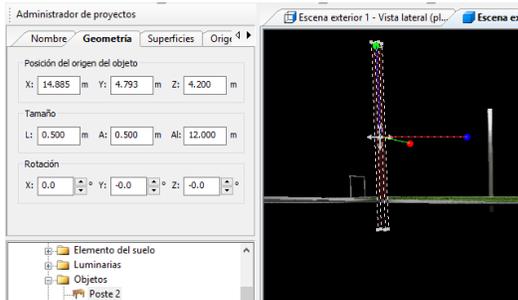


Figura 9. Ubicación y tamaño postería.
Fuente: Software Dialux.

- Se agregaron los elementos adicionales como texturas, árboles, graderías, arcos y demás.



Figura 10. Textura elementos adicionales.
Fuente: Software Dialux.

- Después de tener todos los elementos ubicados se generó la simulación.

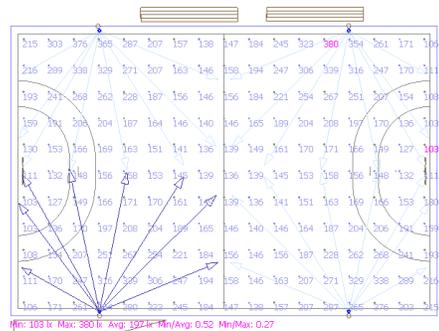


Figura 11. Visualización de valores en lúmenes antes de simular
Fuente: Software Dialux.

- La simulación se realizó de acuerdo con los parámetros establecidos en el diseño, como resultado se obtuvo el estudio de fotometría que se evidencia en el informe final entregado por el software.

Etap 3. Dibujar los planos de diseño del sistema de alumbrado con tecnología LED.



Figura 12. Respuesta D3

Fuente: Software Dialux

Al generar la simulación, el software entrega un informe detallado del diseño realizado en formato PDF, evidenciado en el anexo D, donde se encuentran los diferentes planos, como la distribución fotométrica en el campo, el resultado de luces falsas, la distribución de las luminarias y los ángulos de dispersión.

En las luces falsas el plano se muestra en 3D indicando la cantidad de lúmenes de cada una de luminarias y su ubicación en las diferentes áreas de la cancha y sus alrededores como se muestra en la figura 13, donde se puede observar que se garantizan más de 100 lúmenes en todas las áreas del campo deportivo según los cálculos realizados en el objetivo 1.

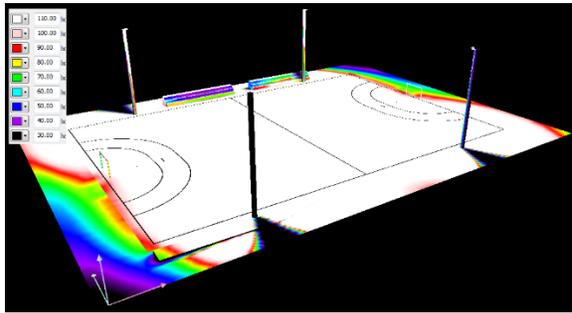


Figura 13. Respuestas de luces falsas
Fuente: Software Dialux.

Se ubicaron 8 luminarias por cada torre en el diseño, las cuales se distribuyen uniformemente en la cancha como se puede observar en la figura 14.

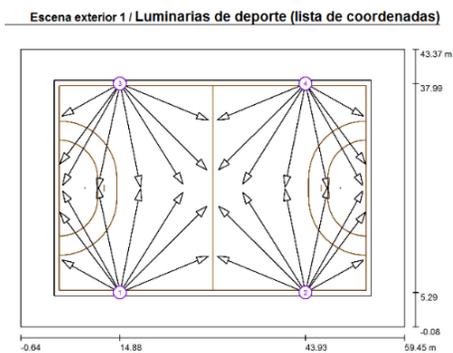


Figura 14. Distribución de luminarias
Fuente: Software Dialux

Puntos de irradiación de luminarias. En este proceso se obtiene la información de las coordenadas X, Y, Z en las que se debe instalar cada una de las luminarias de las 4 torres, de acuerdo con la información entregada por el software como se puede observar en la figura 15, de esta forma se garantiza la homogeneidad de la fotometría dentro y alrededor del campo deportivo.

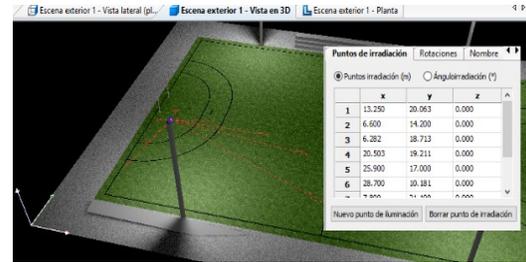


Figura 15. Puntos de irradiación
Fuente: Software Dialux

Distribución fotométrica. El plano de la figura 16 es el resultado de las líneas fotométricas y su distribución dentro el campo deportivo en formato 2D

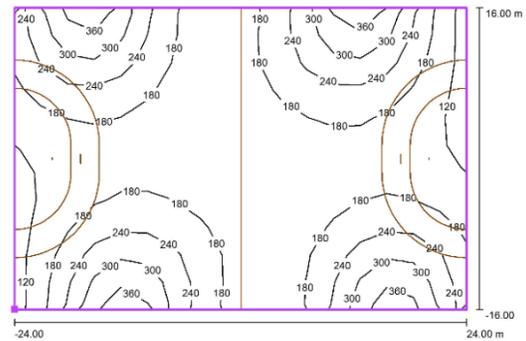


Figura 16. Distribución fotométrica del campo
Fuente: Autor

Se realizó una cotización de las luminarias y su presupuesto se evidencia en el Anexo C.

Tabla 4 Cotización luminarias

ITEM	ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	Lámpara Start Flood IP66 Asymmetric	32	\$ 193.400	\$ 6.188.800

Fuente: Autor.

En el anexo D se entrega el informe detallado de todo el proceso de diseño del sistema de iluminación con tecnología LED de la cancha de fútbol del barrio Divino Niño de la ciudad de Cúcuta. El informe es generado por el software DIALux cuando se termine la etapa de diseño y después de aplicar la simulación.

Análisis del impacto económico

Cuando se realizan diseños de sistemas de iluminación si guardar la normativa vigente y la aplicación de buenas prácticas de diseño, se corre el riesgo de que el sistema en lugar de generar un ahorro de energía que es lo que se busca con la aplicación de la tecnología LED, se puede incurrir en costos adicionales en el momento de la facturación; en la siguiente tabla se hace un análisis del costo del consumo del sistema utilizándolo 7 horas diarias durante un año y se muestra el costo de la facturación mensual. Ver Anexo E.

Tabla 5. Factura de consumo mensual

FACTURA TIPO (Mensual)			
Precio Kwh	\$ 577,82	Factura Kw	\$ 3.529.955
Potencia Contrada	1		
Precio Termino fijo	\$ 549,76	Factura T. Fijo	\$ 16.492,80
Dias Facturados	30	Impuesto sobre electricidad	\$ 673.825,06
Impuesto sobre Electricidad	19 %	Total Energia	\$ 4.220.272,77
		IVA	\$ 888.257,28
		TOTAL FACTURA MENSUAL	\$ 5.106.530,06

Fuente: Autor

Estos costos se reflejan en los recibos de los usuarios con el pago del Ítem alumbrado público.

Análisis del impacto ambiental

Una de las preocupaciones de la humanidad actualmente es la preservación del medio ambiente debido a los altos índices de contaminación que se genera con las actividades de los humanos en todos los aspectos; con la aplicación de tecnología LED en los sistemas de iluminación para alumbrado público y sitios de recreación se logra bajar el consumo de energía repercutiendo en menos emisiones de gases a

la atmosfera, lo mismo que el calentamiento global favoreciendo el medio ambiente debido a que esta tecnología disipa menos calor en comparación con otro tipo de luminarias; actualmente en Colombia se está aplicando en el hogar, industria y en los sitios de recreación

Impacto social

La ejecución de este trabajo integral de grado, impacta directamente a la comunidad del barrio Divino Niño de la ciudad de Cúcuta, debido a que la cancha de fútbol es uno de los sitios de esparcimiento de los habitantes.

Con el diseño del sistema de iluminación queda asegurado el proyecto de implementación del alumbrado de la cancha de fútbol por parte de la acción comunal del barrio quien tendrá que ubicar los recursos para su ejecución; de esta forma la universidad Antonio Nariño hace un aporte al desarrollo social de esta comunidad.

Análisis del sistema SG-SST.

En el desarrollo del trabajo se aplicaron las normas de SST en el momento de realizar el levantamiento topográfico, usando los elementos de protección como casco, botas y gafas para protección de los rayos ultravioletas.

En el momento de realizar la implementación, el personal que ejecute la obra debe tener el certificado de trabajo en alturas y deben establecer todas las normas de seguridad en trabajos del área eléctrica, dando cumplimiento con el nivel de riesgo a nivel 4, que es el requerido para este tipo de trabajos ante la ARL.

V. CONCLUSIONES

Este tipo de trabajo de grado integral beneficia a la junta de acción comunal del Barrio Divino Niño, entregando los cálculos de alumbrado público para la cancha de fútbol con el uso de tecnología LED aplicando la normatividad RETILAP que es vigente en

Colombia, evidenciado en la primera etapa.

El diseño se basa en el software especializado en el diseño de iluminación Dialux que proporciona una alta precisión a partir de los parámetros de fotometría y la aplicación de las normas RETILAP.

La topografía realizada en campo, presenta en el detalle los elementos constructivos como gradas, andenes, mallas y elementos naturales como los árboles, los cuales pueden afectar la distribución de los lúmenes, como se evidencia en la segunda etapa del proyecto.

VI. RECOMENDACIONES

Es importante que las lámparas seleccionadas tengan por parte del fabricante sus respectivos archivos de luminarias para poder realizar las simulaciones en el software y comprobar su óptimo funcionamiento.

Una recomendación especial es utilizar los elementos propuestos en el diseño tales como lámparas y cumplir con la distribución de la postería tal como se entregó en el informe que entrega el software de diseño.

VII. BIBLIOGRAFIA

Alumbrado público CENS-NORMA TÉCNICA - CNS-NT-09. Febrero 2015.

Aspectos del desarrollo sostenible referentes a los recursos naturales [en línea]. Bogotá, D.C.: ONU, 1997. [Consultado 1 de Abril De 2007].

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. (2010). Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público. Resolución No. 180540. Bogotá: RETILAP.

EFFICIENT LIGHTING INITIATIVE. Manual de iluminación eficiente. Buenos Aires, Argentina. ELI, 2006.

FIFA. (2007). Estadios de futbol. En FIFA, Estadios de futbol.

Conceptos básicos Diseño de iluminación exterior.

http://www.premiumlightpro.es/fileadmin/es/7_Conceptos_basicos_Disenos_de_iluminacion_exterior.pdf

<https://www.xatakahome.com/iluminacion-y-energia/que-es-la-iluminacion-led-especial-iluminacion-led>

Ramirez Vasquez, J. (1989). Sistemas de iluminación proyectos de alumbrado

SYLVANIA. <https://www.sylvania-lighting.com/product/es-es/products/0048215/>