



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **Diseño de iluminación del parque El Porvenir Gibraltar de la ciudad de Bogotá**

**Martha Carolina Arévalo Montaña  
John Sebastián Herrera Prada**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
Bogotá D.C., Colombia

2024



# **Diseño de iluminación del parque El Porvenir Gibraltar de la ciudad de Bogotá**

**Martha Carolina Arévalo Montaña  
John Sebastián Herrera Prada**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Especialista(s) en Iluminación Público y Privada**

Directora:

Angélica Vargas Chavarro M. Sc.

Asesor:

Fabián Palacios

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Bogotá D.C., Colombia

2024





# Agradecimientos

## Resumen

### **Titulo: Diseño de iluminación del parque El Porvenir Gibraltar de la ciudad de Bogotá**

El presente trabajo tiene como propósito mostrar el diseño de iluminación de cuatro escenarios deportivos del parque El Porvenir Gibraltar, ubicado en la ciudad de Bogotá, Colombia: pista de BMX, cancha de vóley playa, pista de atletismo y campo de tiro con arco. El objetivo de este parque es proporcionar un espacio de esparcimiento para la comunidad, promoviendo la práctica del ejercicio físico, la relajación, el contacto con la naturaleza, la recreación y el entretenimiento. Dado que este parque será el más importante en el sur de la ciudad, su iluminación debe cumplir con los más altos estándares de calidad y eficiencia, adaptándose al uso específico de cada espacio. Entre los retos del diseño se encontraban la diversidad de usos, ya que cada escenario deportivo requiere una iluminación específica que garantice la visibilidad y seguridad durante su uso; la eficiencia energética, mediante la utilización de tecnología LED de última generación para reducir el consumo eléctrico; el cumplimiento de normativas internacionales para eventos deportivos, diseñando una iluminación que sea funcional y estética, creando una atmósfera agradable y segura para los usuarios durante la noche. Los resultados obtenidos incluyen una iluminación óptima y uniforme en todos los escenarios deportivos, mejorando la visibilidad y seguridad; una notable reducción en el consumo energético gracias a la implementación de luminarias LED; un sistema de iluminación con tecnología de control inteligente que permite ajustar la intensidad y distribución de la luz según las necesidades específicas de cada evento o actividad; y el cumplimiento con los estándares internacionales, permitiendo que los escenarios deportivos sean aptos para recreación y entrenamiento, posicionando al parque como un referente en infraestructura deportiva en la región.

**Palabras clave: iluminación LED, iluminación deportiva, pista atletismo, pista BMX, cancha de vóley playa, tiro al arco.**



## Abstract

**Title: Lighting design of the El Porvenir Gibraltar park in the city of Bogota**

The purpose of this work is to present the lighting design for four sports venues at El Porvenir Gibraltar Park, located in Bogotá, Colombia: BMX track, beach volleyball court, athletics track, and archery field. The objective of this park is to provide a recreational space for the community, promoting physical exercise, relaxation, contact with nature, recreation, and entertainment. Since this park will be the most important in the southern part of the city, its lighting must meet the highest standards of quality and efficiency, adapting to the specific use of each space. Among the design challenges were the diversity of uses, as each sports venue requires specific lighting to ensure visibility and safety during use; energy efficiency, through the use of state-of-the-art LED technology to reduce electricity consumption; compliance with international standards for sporting events, designing lighting that is both functional and aesthetic, creating a pleasant and safe atmosphere for users at night. The results obtained include optimal and uniform lighting in all sports venues, improving visibility and safety; a notable reduction in energy consumption thanks to the implementation of LED luminaires; a lighting system with intelligent control technology that allows adjusting the intensity and distribution of light according to the specific needs of each event or activity; and compliance with international standards, making the sports venues suitable for recreation and training, positioning the park as a benchmark in sports infrastructure in the region.

**Keywords: LED lighting, sports lighting, athletics track, BMX track, beach volleyball court, archery**



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XV</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Parque el Porvenir Gibraltar.....</b>	<b>5</b>
1.1 Historia.....	6
1.2 Ubicación .....	7
1.3 Estructura.....	7
<b>2. Criterios de Diseño .....</b>	<b>9</b>
2.1 Normas Aplicables .....	9
2.1.1 Pista de BMX.....	9
2.1.2 Pista de atletismo .....	11
2.1.3 Cancha de Vóley Playa.....	11
2.1.4 Campo de Tiro al Arco .....	12
<b>3. Diseño de Iluminación .....</b>	<b>13</b>
3.1 Características de las Luminarias Schröder .....	13
3.2 Características de las Luminarias Roy Alpha .....	14
3.3 Características de las Luminarias Philips .....	15
3.4 Factor de Mantenimiento.....	16
3.4.1 Factor de ensuciamiento (FE).....	16
3.4.2 Depreciación por disminución del flujo luminoso de la fuente (DLB) .....	18
3.4.3 Factor de supervivencia de la fuente (FS).....	20
3.4.4 Factor de Mantenimiento (FM).....	20
3.5 Resultados de Diseño .....	22
3.5.1 Pista BMX.....	22
3.5.1.1 Montaje .....	22
3.5.2 Pista de atletismo .....	26
3.5.2.1 Montaje .....	26
3.5.3 Canchas de Vóley Playa.....	29
3.5.3.1 Montaje .....	29
3.5.4 Campo de Tiro al arco .....	32
3.5.4.1 Montaje .....	32
3.5.5 Senderos .....	34
3.5.5.1 Montaje .....	34

<b>4. Control de Iluminación .....</b>	<b>39</b>
4.1 Fundamentos del Control de Iluminación 0-10V.....	39
4.1.1 Concepto Básico .....	39
4.1.2 Componentes Principales.....	40
4.2 Funcionamiento del Sistema 0-10V en Escenarios Deportivos .....	40
4.2.1 Ajuste de Intensidad.....	40
4.2.2 Escenarios de Uso .....	40
4.2.3 Integración con Sistemas de Gestión .....	42
4.3 Ventajas en Escenarios Deportivos .....	42
4.4 Implementación y Consideraciones.....	43
4.4.1 Diseño del Sistema .....	43
4.4.2 Mantenimiento.....	43
<b>5. Análisis financiero .....</b>	<b>45</b>
5.1 Identificación de Luminarias.....	45
5.2 Costos de Adquisición e Instalación.....	45
5.3 Costos Operativos .....	47
5.4 Comparación de Costos a Largo Plazo .....	48
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>49</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>51</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1-1:</b>	Parque el porvenir Gibraltar..... 6
<b>Figura 1-2:</b>	Ubicación Parque El Porvenir Gibraltar. .... 7
<b>Figura 1-3:</b>	Disposición física del proyecto. .... 8
<b>Figura 3-1:</b>	Montaje de luminarias para pista BMX. .... 23
<b>Figura 3-2:</b>	Disposición de luminarias para pista BMX..... 24
<b>Figura 3-3:</b>	Simulación pista BMX entrenamiento. .... 25
<b>Figura 3-4:</b>	Simulación pista BMX recreativo. .... 26
<b>Figura 3-5:</b>	Montaje de luminarias para pista de atletismo. .... 27
<b>Figura 3-6:</b>	Disposición de luminarias para pista de atletismo. .... 27
<b>Figura 3-7:</b>	Simulación pista de atletismo entrenamiento..... 28
<b>Figura 3-8:</b>	Simulación pista de atletismo recreativo..... 29
<b>Figura 3-9:</b>	Montaje de luminarias para canchas de vóley playa..... 29
<b>Figura 3-10:</b>	Disposición de luminarias para pista de atletismo. .... 31
<b>Figura 3-11:</b>	Simulación canchas de vóley playa recreativo..... 32
<b>Figura 3-12:</b>	Montaje de luminarias para campo de tiro con arco..... 33
<b>Figura 3-13:</b>	Disposición de luminarias para cancha de tiro con arco. .... 33
<b>Figura 3-14:</b>	Simulación campo de tiro con arco recreativo. .... 34
<b>Figura 3-15:</b>	Montaje de luminarias para los senderos. .... 35
<b>Figura 3-16:</b>	Disposición de luminarias para senderos. .... 35
<b>Figura 3-17:</b>	Simulación senderos. .... 36
<b>Figura 4-1:</b>	Curva de atenuación para pista BMX durante el día..... 41
<b>Figura 4-2:</b>	Curva de atenuación para pista de atletismo durante el día. .... 41



## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 2-1:</b> Niveles de iluminación de campos de juego recreativos.....	10
<b>Tabla 2-2:</b> Niveles de iluminación para pista de BMX.....	10
<b>Tabla 2-3:</b> Niveles de iluminación para el proyecto en la pista de BMX.....	10
<b>Tabla 2-4:</b> Niveles de iluminación para pista de atletismo. ....	11
<b>Tabla 2-5:</b> Niveles de iluminación para el proyecto en la pista de atletismo. ....	11
<b>Tabla 2-6:</b> Niveles de iluminación de campos de juego recreativos.....	11
<b>Tabla 2-7:</b> Niveles de iluminación para el proyecto en la cancha de Vóley playa. ....	12
<b>Tabla 2-8:</b> Niveles de iluminación para pista de atletismo. ....	12
<b>Tabla 2-9:</b> Niveles de iluminación para el proyecto en el campo de tiro al arco.....	12
<b>Tabla 3-1:</b> Características Luminaria Schröder. ....	13
<b>Tabla 3-2:</b> Características Luminaria Roy Alpha. ....	14
<b>Tabla 3-3:</b> Características Luminaria Philips. ....	15
<b>Tabla 3-4:</b> Clasificación de los niveles de contaminación.....	16
<b>Tabla 3-5:</b> Selección del factor de ensuciamiento FE.....	18
<b>Tabla 3-6:</b> Factor de depreciación de flujo luminoso para IZYLUM. ....	18
<b>Tabla 3-7:</b> Factor de depreciación de flujo luminoso para INDUFLOOD.....	19
<b>Tabla 3-8:</b> Factor de depreciación de flujo luminoso para OMNIBLAST.....	19
<b>Tabla 3-9:</b> Factor de depreciación de flujo luminoso para OMEGA II, BGP392, RALED IV y BGP284 T25.....	19
<b>Tabla 3-10:</b> Factor de depreciación de flujo luminoso para ÁREA LED II y BVP651/650	19
<b>Tabla 3-11:</b> Factor de depreciación de flujo luminoso para SPORTLED II, SPORTLED III y MVF403.....	20
<b>Tabla 3-12:</b> Factor de mantenimiento Schröder. ....	20
<b>Tabla 3-13:</b> Factor de mantenimiento Roy Alpha. ....	21
<b>Tabla 3-14:</b> Factor de mantenimiento Philips. ....	22
<b>Tabla 3-15:</b> Resultados de diseño para pista BMX entrenamiento. ....	24
<b>Tabla 3-16:</b> Resultados de diseño para pista BMX recreativo. ....	25
<b>Tabla 3-17:</b> Resultados de diseño para pista de atletismo entrenamiento.....	28
<b>Tabla 3-18:</b> Resultados de diseño para pista de atletismo recreativo.....	28
<b>Tabla 3-19:</b> Resultados de diseño para canchas de vóley playa recreativo.....	31
<b>Tabla 3-20:</b> Resultados de diseño para campo de tiro con arco recreativo. ....	34
<b>Tabla 3-21:</b> Resultados de diseño para los senderos.....	36
<b>Tabla 5-1:</b> Costo de luminarias Schröder. ....	45

<b>Tabla 5-2:</b> Costo de luminarias Roy Alpha.....	46
<b>Tabla 5-3:</b> Costo de luminarias Philips.....	46
<b>Tabla 5-4:</b> Costo de estructura de montaje.....	46
<b>Tabla 5-5:</b> Costo operativos alternativa Schröder.....	47
<b>Tabla 5-6:</b> Costo operativos alternativa Roy Alpha.....	47
<b>Tabla 5-7:</b> Costo operativos alternativa Philips.....	47
<b>Tabla 5-8:</b> Costos iniciales de las 3 alternativas.....	48
<b>Tabla 5-9:</b> Costos de operación de las 3 alternativas.....	48
<b>Tabla 5-10:</b> Análisis CAUE.....	48

## Firma de aval del Director

El trabajo final de especialización recibe la calificación de aprobado y el texto contiene la memoria de diseño necesaria para la consulta bibliográfica.

Nombre directora: Ingeniera Angélica Vargas Chavarro

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Angélica V', written over a horizontal line.

31/07/2024

Firma

# Introducción

El presente proyecto de grado titulado "Diseño de iluminación del parque El Porvenir Gibraltar de la ciudad de Bogotá" tiene como objetivo principal desarrollar un diseño integral de iluminación para diversas áreas y escenarios deportivos dentro del parque, cumpliendo con las normativas establecidas en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) [1] y la Norma Europea EN 12193 [2].

El parque El Porvenir Gibraltar, ubicado en la ciudad de Bogotá, es un espacio recreativo y deportivo que alberga una variedad de instalaciones que requieren una adecuada iluminación para garantizar la seguridad, la funcionalidad y la comodidad de los usuarios. En este contexto, se ha realizado el diseño de iluminación para cuatro escenarios deportivos específicos: la pista de BMX, la cancha de voleibol playa, la pista de atletismo y el área de tiro con arco. Además, se ha diseñado la iluminación de los senderos del parque para proporcionar una experiencia segura y agradable durante las horas nocturnas.

La implementación de este diseño de iluminación no solo busca cumplir con las normativas técnicas vigentes, sino también mejorar la calidad del entorno nocturno, promoviendo la práctica deportiva y el uso seguro del espacio público en horarios extendidos. Se han considerado aspectos clave como la eficiencia energética, el control de la contaminación lumínica y el confort visual, asegurando así un diseño sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

A lo largo del documento se detallarán los criterios de diseño, las metodologías empleadas, los cálculos lumínicos realizados y las soluciones propuestas para cada uno de los escenarios deportivos y senderos del parque. Asimismo, se presentarán los resultados obtenidos y se analizará el impacto de la iluminación en la experiencia de los usuarios y en la operación del parque.

## OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño de iluminación de los espacios hacen parte del parque El Porvenir Gibraltar cumpliendo los requisitos establecidos en RETILAP [1] con el fin de brindar seguridad y comodidad a sus usuarios.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar la iluminación de las siguientes zonas deportivas: pista de atletismo, pista BMX, campo de tiro con arco, cancha de vóley-playa y senderos, evaluando y cumpliendo la normatividad competente la cual es RETILAP [1].
- Realizar el análisis económico y financiero de la solución de iluminación propuesta con los aspectos de seguridad y acceso.





# 1.Parque el Porvenir Gibraltar

El parque El Porvenir Gibraltar, ubicado en la ciudad de Bogotá, es un importante espacio recreativo y deportivo que alberga una variedad de instalaciones. Desde su creación, el parque ha jugado un papel crucial en la comunidad, ofreciendo un lugar donde las personas pueden disfrutar de actividades físicas, recreación y contacto con la naturaleza. La historia del parque y su evolución reflejan el crecimiento y desarrollo del sur de la ciudad, convirtiéndose en un símbolo de la vitalidad y el bienestar de sus residentes.

Además de ser un centro deportivo de suma importancia en la capital debido a su velódromo, contará con el libre acceso con diferentes zonas deportivas. Dichas zonas deportivas serán aprovechadas y usadas principalmente por población vecina al predio, en las cuales se debe garantizar la buena iluminación en caso de uso nocturno. Para este proyecto realizaremos el diseño de iluminación de los siguientes espacios:

- Pista BMX
- Pista de atletismo
- Cancha de Vóley playa
- Campo de tiro con arco
- Senderos

Para este diseño que además de crear un ambiente agradable y seguro, se asegurará que las instalaciones cumplan con los requisitos establecidos en RETILAP [1].

El impacto esperado de este proyecto en la comunidad es significativo. En primer lugar, mejorará la seguridad y la accesibilidad de las instalaciones deportivas y los senderos, permitiendo a los residentes disfrutar de estas áreas durante más horas del día. En segundo lugar, fomentará la práctica deportiva y las actividades al aire libre, contribuyendo al bienestar físico y mental de los usuarios. Además, al implementar tecnologías de iluminación eficientes y sostenibles, el proyecto promoverá prácticas ambientales responsables y reducirá el consumo energético del parque, beneficiando tanto a la comunidad como al entorno natural.

## 1.1 Historia

El predio Gibraltar cuenta con 56 hectáreas en total, ubicado en el suroccidente de Bogotá. Este se usaba principalmente como sitio de disposición de residuos entre la década de los 80, siendo uno de los más importantes en la capital [3]. El predio ubicado entre las localidades de Bosa y Kennedy en la actualidad busca dejar ese pasado transformándose en un espacio propicio para el aprovechamiento de la práctica del deporte, beneficiando así ambas localidades y a su población circundante. Actualmente en el terreno como se ve en la Figura 1-1 se desarrollan obras con el fin de adecuarlo y dejarlo preparado para iniciar las obras y así construir el “Parque Metropolitano Gibraltar”.

**Figura 1-1:** Parque el porvenir Gibraltar.



Nombre de la fuente: InfoBae[3].

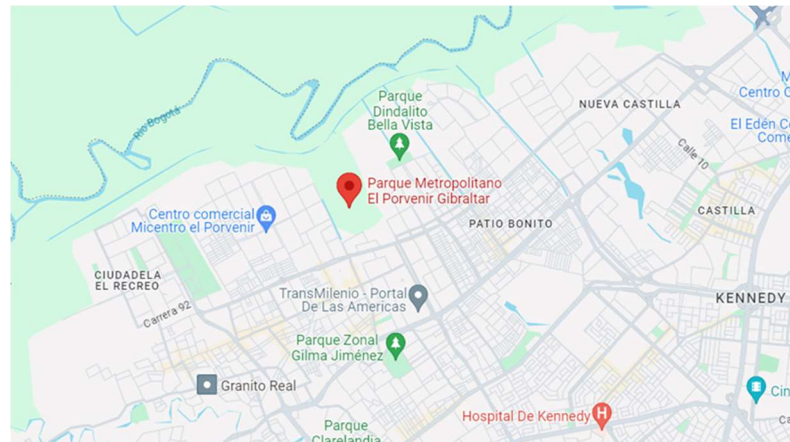
El espacio tendrá como protagonistas dos ambientes modernos y diversos: Velódromo y Manzana Cuidado Centro de Alto Rendimiento Gibraltar. Estas obras forman parte del Centro de Desarrollo de Gibraltar, que tiene como objetivo revitalizar localidades de Bosa, Kennedy, Tunjuelito y zonas aledañas del sur de Bogotá.

En el Velódromo se practicará ciclismo de pista, el cual será cubierto y cerrado, con zonas de apoyo para competición, técnicas, entre otras, el cual se convertirá en un escenario internacional ideal para el entrenamiento en altura. La manzana de cuidado es un espacio en donde las cuidadoras tienen tiempo y servicios gratuitos para que puedan cumplir los sueños que pusieron en pausa por la sobrecarga en los trabajos de cuidado.

## 1.2 Ubicación

El Parque el Porvenir Gibraltar está ubicado en La localidad de Kennedy, Bogotá D.C. (Figura 1-2).

**Figura 1-2:** Ubicación Parque El Porvenir Gibraltar.



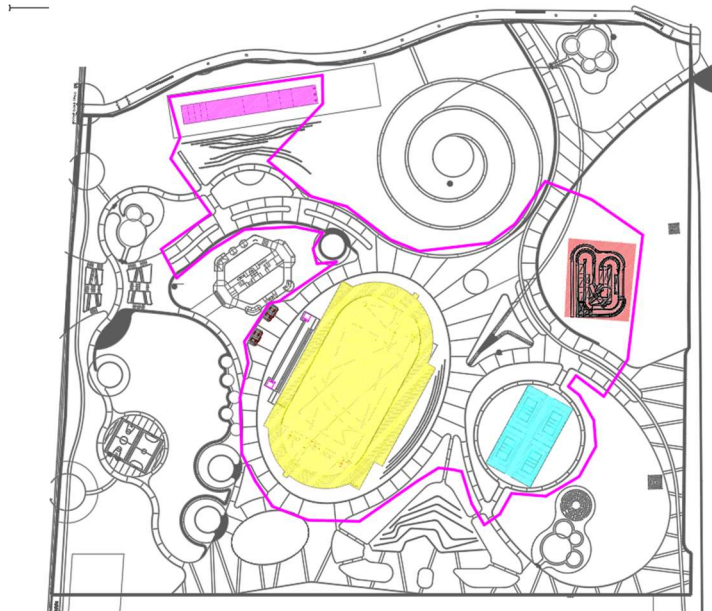
Nombre de la fuente: Google Earth.

## 1.3 Estructura

Los espacios recreativos y deportivos para el uso cotidiano de la población. Entre estos espacios se encuentran Pista BMX, cancha de vóley playa, pista de atletismo, campo de tiro con arco.

El diseño de iluminación de estos escenarios deportivos se realiza en la zona exterior, ninguno tiene cubierta. A continuación se muestra la disposición del parque que se tiene proyectado, en donde el alcance está limitado encerrado por la línea magenta.

**Figura 1-3:** Disposición física del proyecto.



Nombre de la fuente: Autor.

El escenario achurado con el color magenta es el campo con tiro al arco, el escenario achurado en amarillo es la pista de atletismo, el escenario en color cian son las canchas de vóley playa y el escenario achurado en rojo es la pista BMX, además de que se contempla también en el alcance del proyecto lo senderos que comunican dichos escenarios.

## **2. Criterios de Diseño**

El diseño consta de la validar las opciones de iluminación LED de bajo consumo y aptas para las siguientes zonas deportivas; la cancha de Vóley-playa con área de 2.938 m<sup>2</sup>, campo de tiro al arco con área de 4.300 m<sup>2</sup>, pista BMX con área de 2.160 m<sup>2</sup>, pista de atletismo con área 15.674 m<sup>2</sup> y senderos, considerando los parámetros exigidos por el RETILAP 2024 [1], ISO/CIE 22012:2019 [4] y EN 12193 [2].

### **2.1 Normas Aplicables**

El diseño de iluminación se realizará para cuatro escenarios deportivos: la primera es la Pista BMX será de uso recreativo (RETILAP [1]) y entrenamiento (EN12193 [2]), la segunda es la pista atletismo de uso recreativo (EN12193 [2]) y entrenamiento (EN12193 [2]), la tercera es la cancha de Vóley playa de uso recreativo (RETILAP [1]) y el cuarto escenario es la cancha de Tiro al arco de uso recreativo (EN12193 [2]).

Se recurre a la norma EN12193 [2] debido a que el RETILAP lo pide en dado caso que un deporte no se encuentre en el mismo.

En la norma EN12193 [2] se tienen 3 categorías de la práctica de deporte, la categoría que en la cual califica como entrenamiento es la categoría 2(II) y para el caso de categoría recreativa se tiene que es la categoría 1 (I).

A continuación se describen las normas y los valores objetivos de las áreas a iluminar.

#### **2.1.1 Pista de BMX**

Para los requisitos de iluminación de uso recreativo en este escenario tomamos como referencia la tabla 3.4.2.2.b. del RETILAP [1] como se observa en la Tabla 2-1.

**Tabla 2-1:** Niveles de iluminación de campos de juego recreativos.

Deporte	Nivel de iluminación promedio (lx)	Uniformidad (Emin/Emed)
Fútbol	100	0,4
Voleibol	60	0,4
Microfútbol	60	0,4
Tenis	150	0,4
Béisbol	150	0,4
Ciclo Cross	100	0,4

Nombre de la fuente: RETILAP[1].

Para el uso de entrenamiento se consulta la norma la tabla A.5 de la norma EN12193 [2] y los requisitos se muestran en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Niveles de iluminación para pista de BMX.

Clase	Nivel de iluminación promedio (lx)	Uniformidad (Emin/Emed)
I	500	0,7
II	300	0,7
III	100	0,5
La iluminancia vertical en la línea de meta debería ser de 1 000 lx para el equipo de foto-finish y para los jueces.		

Nombre de la fuente: EN12193 [2].

Por lo que se tiene que los requisitos a cumplir para el escenario deportivo son los siguientes:

**Tabla 2-3:** Niveles de iluminación para el proyecto en la pista de BMX.

Uso	Nivel de iluminación promedio (lx)	Uniformidad (Emin/Emed)
Competencia	500	0,7
Recreativo	100	0,4
La iluminancia vertical en la línea de meta debería ser de 1 000 lx para el equipo de foto-finish para uso de competencia		

Nombre de la fuente: EN12193 [2] y RETILAP[1].

### 2.1.2 Pista de atletismo

Para los requisitos de iluminación de uso recreativo y competencia en este escenario tomamos como referencia la tabla A.13 de la norma EN12193 [2] como se observa en la Tabla 2-4.

**Tabla 2-4:** Niveles de iluminación para pista de atletismo.

Clase	Nivel de iluminación promedio (lx)	Uniformidad (Emin/Emed)
I	500	0,7
II	200	0,5
III	100	0,5

La iluminancia vertical en la línea de meta debería ser de 1 000 lx para el equipo de foto-finish y para los jueces.

Nombre de la fuente: EN12193 [2].

Por lo que se tiene que los requisitos a cumplir para el escenario deportivo son los siguientes:

**Tabla 2-5:** Niveles de iluminación para el proyecto en la pista de atletismo.

Uso	Nivel de iluminación promedio (lx)	Uniformidad (Emin/Emed)
Competencia	200	0,5
Recreativo	100	0,5

La iluminancia vertical en la línea de meta debería ser de 1 000 lx para el equipo de foto-finish para uso de competencia.

Nombre de la fuente: EN12193 [2].

### 2.1.3 Cancha de Vóley Playa

Para los requisitos de iluminación de uso recreativo en este escenario tomamos como referencia la tabla 3.4.2.2.b. del RETILAP [1] como se observa en la Tabla 2-6.

**Tabla 2-6:** Niveles de iluminación de campos de juego recreativos.

Deporte	Nivel de iluminación promedio (lx)	Uniformidad (Emin/Emed)
Fútbol	100	0,4
Voleibol	60	0,4
Microfutbol	60	0,4
Tenis	150	0,4
Béisbol	150	0,4
Ciclo Cross	100	0,4

Nombre de la fuente: RETILAP[1].

Por lo que se tiene que los requisitos a cumplir para el escenario deportivo son los siguientes:

**Tabla 2-7:** Niveles de iluminación para el proyecto en la cancha de Vóley playa.

Uso	Nivel de iluminación promedio (lx)	Uniformidad (Emin/Emed)
Recreativo	60	0,4

Nombre de la fuente: RETILAP[1].

### 2.1.4 Campo de Tiro al Arco

Para los requisitos de iluminación de uso recreativo en este escenario tomamos como referencia la tabla A.13 de la norma EN12193 [2] como se observa en la Tabla 2-8.

**Tabla 2-8:** Niveles de iluminación para pista de atletismo.

Clase	Iluminancia en la cancha		Iluminancia vertical Blanco	
	Nivel de iluminación promedio (lx)	Uniformidad (Emin/Emed)	Nivel de iluminación promedio vertical (lx)	Uniformidad vertical (Emin/Emed)
I	200	0,5	750	0,8
II	200	0,5	750	0,8
III	200	0,5	750	0,8

Nombre de la fuente: EN12193 [2].

Por lo que se tiene que los requisitos a cumplir para el escenario deportivo son los siguientes:

**Tabla 2-9:** Niveles de iluminación para el proyecto en el campo de tiro al arco.

Uso	Iluminancia en la cancha		Iluminancia vertical Blanco	
	Nivel de iluminación promedio (lx)	Uniformidad (Emin/Emed)	Nivel de iluminación promedio vertical (lx)	Uniformidad vertical (Emin/Emed)
Recreativo	200	0,5	750	0,8

Nombre de la fuente: EN12193 [2].

### 3. Diseño de Iluminación

Para el diseño de iluminación para parques y escenarios deportivos se utilizan luminarias tipo proyector de alta potencia, proyectores de baja potencia y luminarias tipo alumbrado público. En el mercado se encuentran diferentes marcas con diferentes características y cada fabricante tiene su propia tecnología. Las marcas de luminarias con las que se realizara el diseño son Schröder, Roy Alpha y Philips, las cuales se analizan a continuación.

#### 3.1 Características de las Luminarias Schröder

A continuación se describen las características de los tres tipos de luminarias que se usaran en el proyecto. Alumbrado público, proyector de media potencia y de alta potencia.




Para el caso de la luminaria tipo alumbrado público se tiene la referencia IZYLUM, la cual se usarán tanto en senderos como en la campo de tiro con arco.

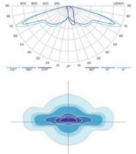
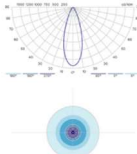
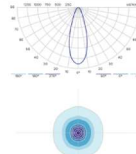
Para el caso de los reflectores de media potencia se tiene las luminarias INDUFLOOD, las cuales se usarán en los diferentes espacios del proyecto en donde se requiera una iluminación de mayor alcance al igual que para el uso del foto finish.

Los reflectores de alta potencia son de la referencia OMNIBLAST, los cuales se usan principalmente la iluminación de grandes espacios como por ejemplo la pista de atletismo del presente proyecto.

En la Tabla 3-1 se observan las características de las luminarias seleccionadas.

**Tabla 3-1:** Características Luminaria Schröder.

Característica	Valor		
Referencia	IZYLUM (5, 1)	INDUFLOOD GEN 2 (2,3)	OMNIBLAST GEN 2 (2,3)
Disposición física			






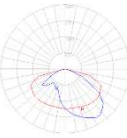
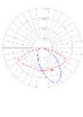
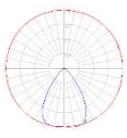
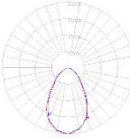
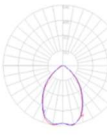
Característica	Valor					
Fotometría						
Numero de Leds	120	24	288	125	192	288
Flujo típico de salida (lm)	40000	5331	60900	23203	150000	194600
Consumo de Potencia (W)	280	32,1	375	125	1160	1740
Vida útil	L95 @100000h		L90@500000h		L90@1000000h	
Temperatura de Color (K)	4000					
Índice de Rendimiento de Color (CRI)	70					
Peso (kg)	12,6	5,7	16,8	8,8	28	35
Eficacia Lumínica (lm/W)	184	138	162	160	112	112
Grado de hermeticidad	IP 66					
Espacio(s)	Campo de tiro con arco	Senderos	Foto finish, pista BMX, pista de atletismo	Canchas de vóley playa	Pista BMX	Pista de atletismo

Nombre de la fuente: Fabricante Schröder[5].

### 3.2 Características de las Luminarias Roy Alpha

Teniendo definidos los parámetros y espacios los cuales se van a iluminar en la Tabla 3-2 se observan las características de las luminarias seleccionadas, las cuales son del mismo tipo el cual se describe en el numeral anterior.

**Tabla 3-2:** Características Luminaria Roy Alpha.

Característica	Valor							
Referencia	OMEGA II	RALED IV	ÁREA LED II		SPORTLED III			SPORTLED II
Disposición física								
Fotometría								
Flujo típico de salida (lm)	9668	30000	36000	33000	280000	178000	123500	44100
Consumo de Potencia (W)	70	220	312	280	1800	1200	800	400
Vida útil	L70 @100000h							

Característica	Valor							
Temperatura de Color (K)	4000							
Índice de Rendimiento de Color (CRI)	70							
Peso (kg)	5,9	19	15,2	15,2	60	43,4	43,4	18,2
Eficacia Lumínica (lm/W)	130	140	112	115	145	145	145	110
Grado de hermeticidad	IP 66							
Espacio(s)	Senderos	Campo de tiro al arco	Campo de tiro al arco, pista BMX, canchas de vóley playa	Canchas de vóley playa	Pista de atletismo	Pista BMX	Canchas de vóley playa	Pista BMX

Nombre de la fuente: Fabricante Roy Alpha[5].





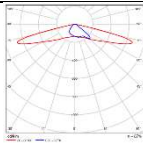
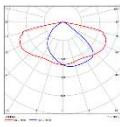
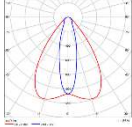
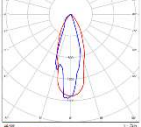
Para el caso de la luminaria OMEGA II y RALED IV, son luminarias tipo alumbrado público la cual se usarán tanto en senderos como en el campo de tiro con arco.

Las luminarias ÁREA LED II, SPORTLED II y SPORTLED III son luminarias tipo proyector, las cuales se usan en los demás escenarios del proyecto.

### 3.3 Características de las Luminarias Philips

Teniendo definidos los parámetros y espacios los cuales se van a iluminar en la Tabla 3-5 se observan las características de las luminarias seleccionadas.

**Tabla 3-3:** Características Luminaria Philips.

Característica	Valor					
Referencia	BGP392	BGP284 T25	BVP651/650		MVF403	
Disposición física						
Fotometría						
Flujo típico de salida (lm)	7000	32000	56000	34000	226000	90000
Consumo de Potencia (W)	41,5	208,1	345	205	2175	1078
Vida útil	L70 @100000h					
Temperatura de Color (K)	4000					
Índice de Rendimiento de Color (CRI)	70					

Característica	Valor					
Eficacia Lumínica (lm/W)	146,5	132,6	139,6	141,9	75,2	62,4
Grado de hermeticidad	IP 66					
Espacio(s)	Senderos	Campo de tiro al arco	Campo de tiro al arco, pista BMX, canchas de vóley playa	Pista de atletismo, Pista de atletismo, canchas de vóley playa	Pista de atletismo	Canchas de vóley playa

Nombre de la fuente: Fabricante Philips [6].

Para el caso de la luminaria BGP392 y BGP284 T25, son luminarias tipo alumbrado público la cual se usarán tanto en senderos como en el campo de tiro con arco.

Las luminarias BVP651/650 y MVF403 son luminarias tipo proyector, las cuales se usan en los demás escenarios del proyecto.

### 3.4 Factor de Mantenimiento

Para garantizar en el transcurso del tiempo, el mantenimiento de los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación, se determina el factor de mantenimiento dado por la siguiente fórmula, de acuerdo a la ISO/CIE 22012:2019 [4] para espacios exteriores. Para el cálculo se toma la ecuación (3.1).

$$FM = FLF * FE * FE * FS \quad (3.1)$$

Donde:

FM: Factor de mantenimiento de la instalación.

FLF: Depreciación del flujo luminoso de la fuente (DLB)

FE: Factor de ensuciamiento FE

FS: Factor de supervivencia de la fuente

#### 3.4.1 Factor de ensuciamiento (FE)

La zona de donde se encuentra la subestación corresponde a un área de baja polución con un nivel de partículas menor a 80 µg/ de acuerdo con la Tabla 3.3.1.9. a del RETILAP [1], las luminarias seleccionadas cuentan con un conjunto óptico completamente sellado y un índice de hermeticidad (IP) con valor de 66. Dadas las condiciones de partículas en la Tabla 3-4 se observa la selección de la clase de ambiente correspondiente a la contaminación del sitio BAJO.

**Tabla 3-4:** Clasificación de los niveles de contaminación.

Contaminación del sitio	Descripción	Nivel de partículas	Observaciones
BAJO	Ambientes poco polucionados	Bajo menor de 80 µg/	No existen actividades generadoras de polvo o humos en la cercanía. Tráfico ligero, generalmente limitado a áreas residenciales o rurales regularmente estipulados en vías M5 y M6.
MEDIO	Ambientes medianamente polucionados	Medio 80-150 µg/	Existen actividades generadoras de polvo o humos en la cercanía. Tráfico pesado, generalmente limitado a áreas residenciales e industriales ligeras. Estipulados para vías secundarias tipo M4.
ALTO	Ambientes muy polucionados y zonas industriales	Alto 150 µg/ en adelante	Existen actividades generadoras de nubes de polvo o humos en la cercanía, que pueden envolver ocasionalmente las instalaciones. Áreas altamente industriales. Niveles de contaminación presentes en vías M1, M2 y M3.

Nombre de la fuente: RETILAP[1].

Con la contaminación del sitio BAJO se procede a seleccionar el factor de ensuciamiento recomendado de acuerdo con la Tabla 3.3.1.9. b. del RETILAP [1], como se observa en la Tabla 3-5.

**Tabla 3-5:** Selección del factor de ensuciamiento FE.

Clasificación IP del compartimento óptico	Contaminación del sitio	Periodo de limpieza en años				
		1,0	1,5	<b>2,0</b>	2,5	3,0
IP 6X	ALTA	0,91	0,9	0,88	0,85	0,83
	MEDIA	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	BAJA	0,93	0,92	<b>0,91</b>	0,90	0,90

Nombre de la fuente: RETILAP[1].

De acuerdo con la Tabla 3-5 el factor de ensuciamiento es de **0,91** teniendo presente que el periodo de limpieza es de 2 años.

### 3.4.2 Depreciación por disminución del flujo luminoso de la fuente (DLB)

La depreciación de la fuente de luz debe considerarse, para mantener ciertas condiciones mínimas de iluminación, durante la vida útil de la instalación. De acuerdo con, lo establecido por el fabricante se debe calcular el tiempo de uso para cada uno de los espacios deportivos, además de tener presente que tipos de luminarias se usaran en cada espacio, ya con eso se procede a interpolar de acuerdo a estos valores. Se debe tener presente que el cambio de la luminaria se hará cada 15 años. Se tiene que se usaran desde 4 horas diarias las luminarias para el caso de los escenarios deportivos y 12 horas para el caso de las luminarias de los senderos.

A continuación se realiza el procedimiento para calcular la depreciación del flujo luminoso para el caso del fabricante Schröder.

**Tabla 3-6:** Factor de depreciación de flujo luminoso para IZYLUM.

DLB	Espacio	Porcentaje de depreciación	Tiempo de operación (horas)	Periodo de recambio luminaria (años)
L95 @100000h	Cancha de tiro con arco	99%	4x365x15=21900	15
	Senderos	97%	12x365x15=65700	15

Nombre de la fuente: Autor.

**Tabla 3-7:** Factor de depreciación de flujo luminoso para INDUFLOOD.

DLB	Espacio	Porcentaje de depreciación	Tiempo de operación (horas)	Periodo de recambio luminaria (años)
L90 @50000h	Pista BMX, pista de atletismo y canchas de vóley playa	96%	4x365x15=21900	15
	Foto finish	96%	4x365x15=21900	15

Nombre de la fuente: Autor.

**Tabla 3-8:** Factor de depreciación de flujo luminoso para OMNIBLAST.

DLB	Espacio	Porcentaje de depreciación	Tiempo de operación (horas)	Periodo de recambio luminaria (años)
L90 @100000h	Pista BMX, cancha de vóley playa	98%	4x365x15=21900	15

Nombre de la fuente: Autor.

Para el caso de los fabricantes Roy Alpha y Philips se tienen que cuentan con la misma vida útil la cual es de L70 100000h, por lo que la depreciación del flujo luminoso será igual dependiendo del escenario deportivo y espacio a iluminar como se muestra a continuación:

**Tabla 3-9:** Factor de depreciación de flujo luminoso para OMEGA II, BGP392, RALED IV y BGP284 T25.

DLB	Luminaria	Espacio	Porcentaje de depreciación	Tiempo de operación (horas)	Periodo de recambio luminaria (años)
L70 @100000h	OMEGA II, BGP392	Cancha de tiro con arco	93%	4x365x15=21900	15
	RALED IV, BGP284 T25	Senderos	80%	12x365x15=65700	15

Nombre de la fuente: Autor.

**Tabla 3-10:** Factor de depreciación de flujo luminoso para ÁREA LED II y BVP651/650

DLB	Luminaria	Espacio	Porcentaje de depreciación	Tiempo de operación (horas)	Periodo de recambio luminaria (años)
L70 @100000h	ÁREA LED II BVP651/650	Pista BMX, pista de atletismo y canchas de vóley playa	93%	4x365x15=21900	15

DLB	Luminaria	Espacio	Porcentaje de depreciación	Tiempo de operación (horas)	Periodo de recambio luminaria (años)
	ÁREA LED II BVP651/650	Foto finish	93%	4x365x15=21900	15

Nombre de la fuente: Autor.

**Tabla 3-11:** Factor de depreciación de flujo luminoso para SPORTLED II, SPORTLED III y MVF403.

DLB	Luminaria	Espacio	Porcentaje de depreciación	Tiempo de operación (horas)	Periodo de recambio luminaria (años)
L70 @100000h	SPORTLED II, SPORTLED III, MVF403	Pista BMX, cancha de vóley playa	98%	4x365x15=21900	15

Nombre de la fuente: Autor.

### 3.4.3 Factor de supervivencia de la fuente (FS)

Se tiene que el factor de supervivencia de la fuente es de **0,9** para todos los espacios del proyecto.

### 3.4.4 Factor de Mantenimiento (FM)

El factor de mantenimiento para cada luminaria del proyecto corresponde a lo que se muestra en la Tabla 3-12 a la Tabla 3-14, en las cuales se tienen los 3 fabricantes.

**Tabla 3-12:** Factor de mantenimiento Schröder.

Luminaria	Potencia (W)	Espacio	FLF	FE	FS	FM
IZYLUM	32,1	Senderos	0,99	0,91	0,9	0,81
	280	Cancha de tiro con arco	0,97	0,91	0,9	0,79
INDUFLOOD	375	Foto finish, pista BMX, pista de atletismo	0,96	0,91	0,9	0,79

Luminaria	Potencia (W)	Espacio	FLF	FE	FS	FM
	125	Canchas de vóley playa	0,96	0,91	0,9	0,79
OMNIBLAST	1740	Pista de atletismo	0,98	0,91	0,9	0,80
	1160	Pista BMX	0,98	0,91	0,9	0,80
	618	Canchas de vóley playa	0,98	0,91	0,9	0,80

Nombre de la fuente: Autor.

**Tabla 3-13:** Factor de mantenimiento Roy Alpha.

Luminaria	Potencia (W)	Espacio	FLF	FE	FS	FM
OMEGA II	70	Senderos	0,93	0,91	0,9	0,76
RALED IV	220	Cancha de tiro con arco	0,80	0,91	0,9	0,66
ÁREA LED II	312	Foto finish, pista BMX, pista de atletismo	0,96	0,91	0,9	0,76
	280	Canchas de vóley playa	0,96	0,91	0,9	0,76
SPORTLED II	400	Pista de atletismo	0,96	0,91	0,9	0,76
SPORTLED III	800	Pista BMX	0,96	0,91	0,9	0,76
	1200	Canchas de vóley playa	0,96	0,91	0,9	0,76
	1800	Pista de atletismo	0,96	0,91	0,9	0,76

Nombre de la fuente: Autor.

**Tabla 3-14:** Factor de mantenimiento Philips.

Luminaria	Potencia (W)	Espacio	FLF	FE	FS	FM
BGP392	41,5	Senderos	0,93	0,91	0,9	0,76
BGP284	208,1	Cancha de tiro con arco	0,80	0,91	0,9	0,66
BVP651/650	345	Foto finish, pista BMX, pista de atletismo	0,96	0,91	0,9	0,76
	205	Canchas de vóley playa	0,96	0,91	0,9	0,76
MVF403	1078	Pista BMX Canchas de vóley playa	0,96	0,91	0,9	0,76
	2175	Pista de atletismo	0,96	0,91	0,9	0,76

Nombre de la fuente: Autor.

## 3.5 Resultados de Diseño

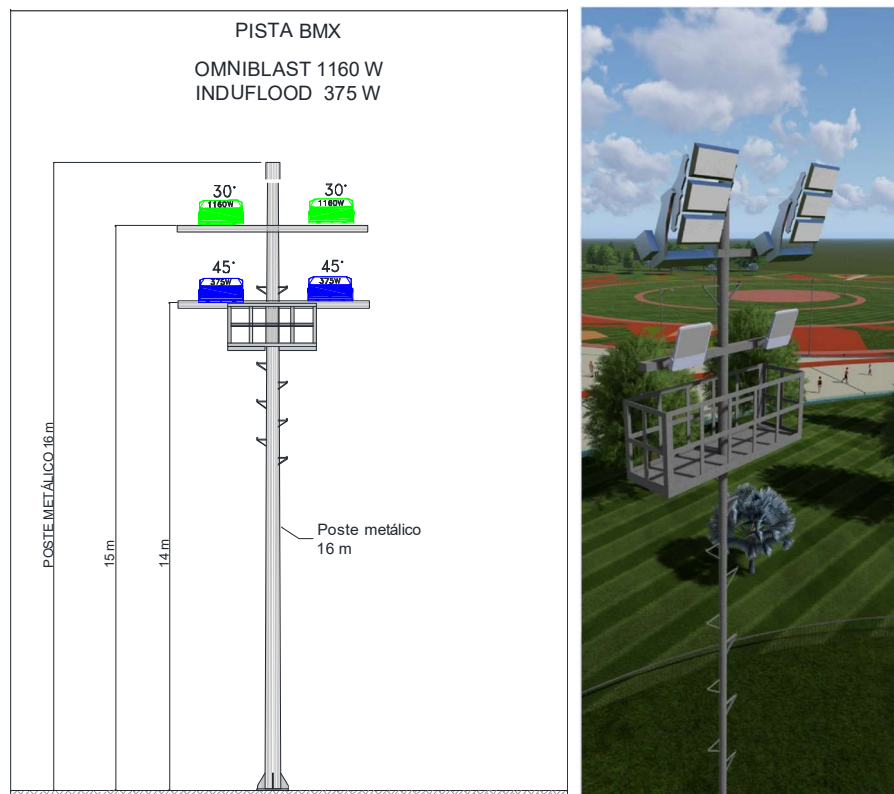
Las simulaciones se realizaron en el programa Dialux 12.0. A continuación se presentan los resultados para cada escenario deportivo, de las tres alternativas, de las cuales se muestra en profundidad la alternativa del fabricante Schröder, ya que fue la ganadora en el análisis económico realizado más adelante.

### 3.5.1 Pista BMX

Este escenario deportivo se usará para entrenamiento al igual que para uso recreativo.

#### 3.5.1.1 Montaje

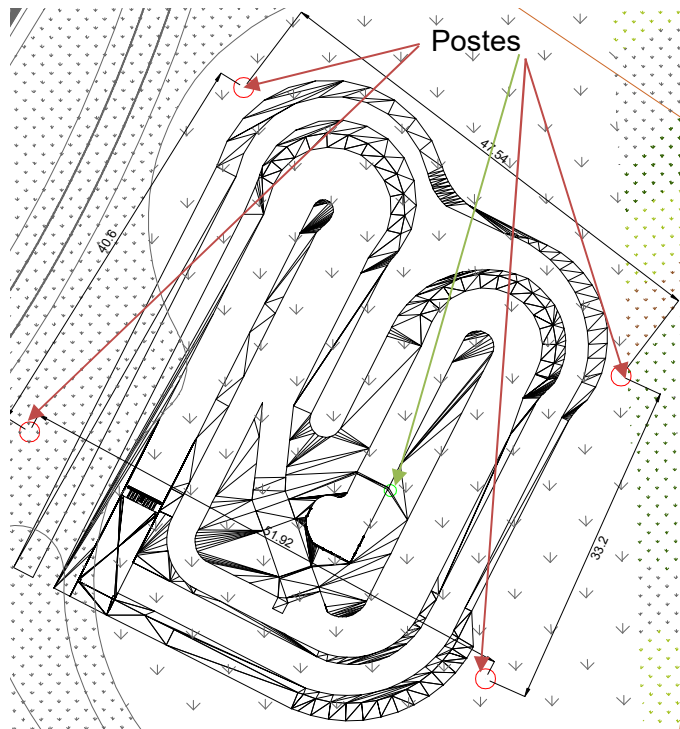
El montaje usado para este escenario deportivo se compone de un poste metálico de 16 m de altura, el cual consta de dos proyectores INDUFLOOD con una potencia de 375W con un ángulo de inclinación de 45° y una altura de montaje de 14m. En la parte superior se tienen dos proyectores OMNIBLAST de 1160W con un ángulo de inclinación de 30° y una altura de montaje de 15m.

**Figura 3-1:** Montaje de luminarias para pista BMX.

Nombre de la fuente: Autor.

Se usaron cuatro postes de acuerdo a la disposición de la Figura 3-1, ubicadas como se muestra en la Figura 3-2. Para el fotofinish se usó una estructura la cual soporta un proyector INDUFLOOD a 3m de altura, el cual apunta a la línea de meta.

**Figura 3-2:** Disposición de luminarias para pista BMX.



Nombre de la fuente: Autor.

A continuación se muestran los resultados del diseño por medio del software DIALux.

- Entrenamiento

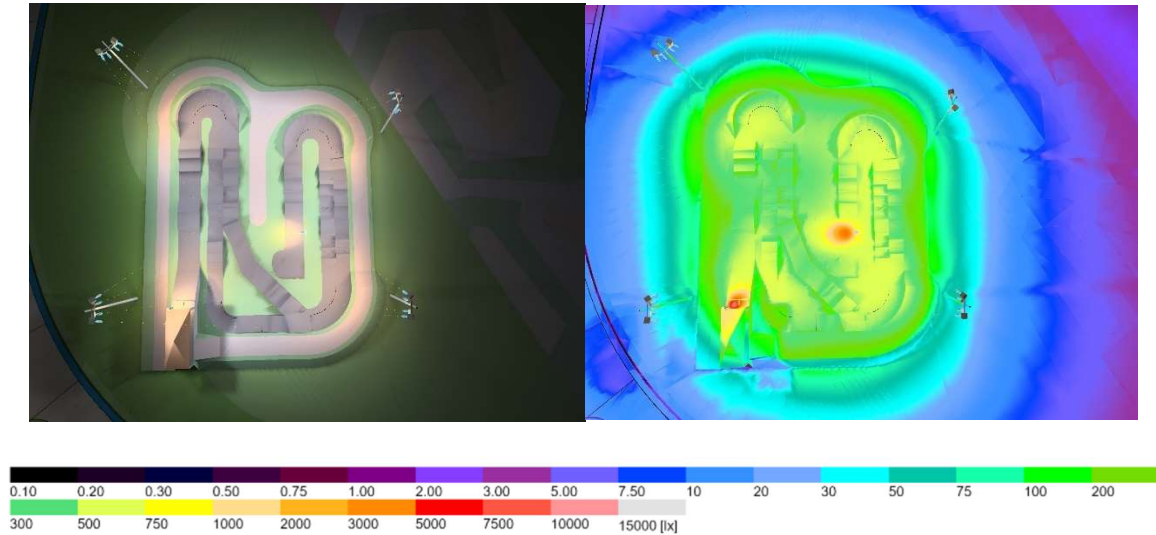
En la Tabla 3-15 se muestran los resultados obtenidos, en donde se observa que cumple con los parámetros de diseño requeridos para el escenario deportivo. En la Figura 3-3 se observa la distribución de luz del escenario deportivo para el uso de entrenamiento.

**Tabla 3-15:** Resultados de diseño para pista BMX entrenamiento.

EN 12193		Schröder	Roy Alpha	Philips
Clase	II			
Superficie de la pista	300 lx	388 lx	352 lx	318 lx
Uniformidad	0,70	0,73	0,74	0,68
Foto-finish	1000 lx	2248 lx	2545 lx	2099 lx

Nombre de la fuente: Autor.

**Figura 3-3:** Simulación pista BMX entrenamiento.



Nombre de la fuente: Autor.

- Recreativo

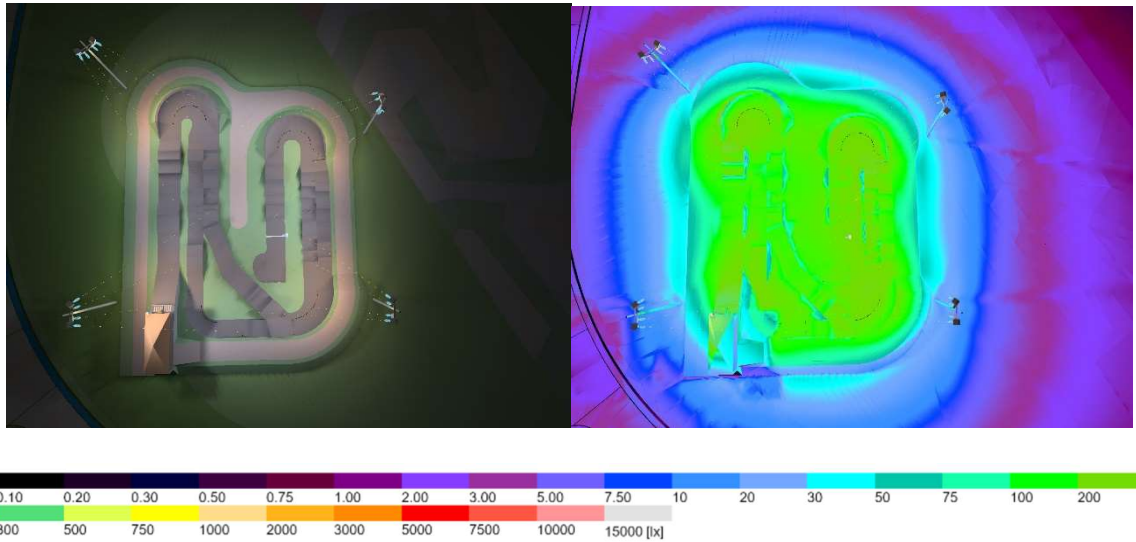
En la Figura 3-4 se observa la distribución de luz del escenario deportivo para el uso recreativo. En la Tabla 3-16 se muestran los resultados obtenidos, en donde se observa que cumple con los parámetros de diseño requeridos para el escenario deportivo.

**Tabla 3-16:** Resultados de diseño para pista BMX recreativo.

RETILAP		Schröder	Roy Alpha	Philips
Superficie de la pista	100 lx	149 lx	133 lx	122 lx
Uniformidad	0,40	0,73	0,75	0,68

Nombre de la fuente: Autor.

**Figura 3-4:** Simulación pista BMX recreativo.



Nombre de la fuente: Autor.

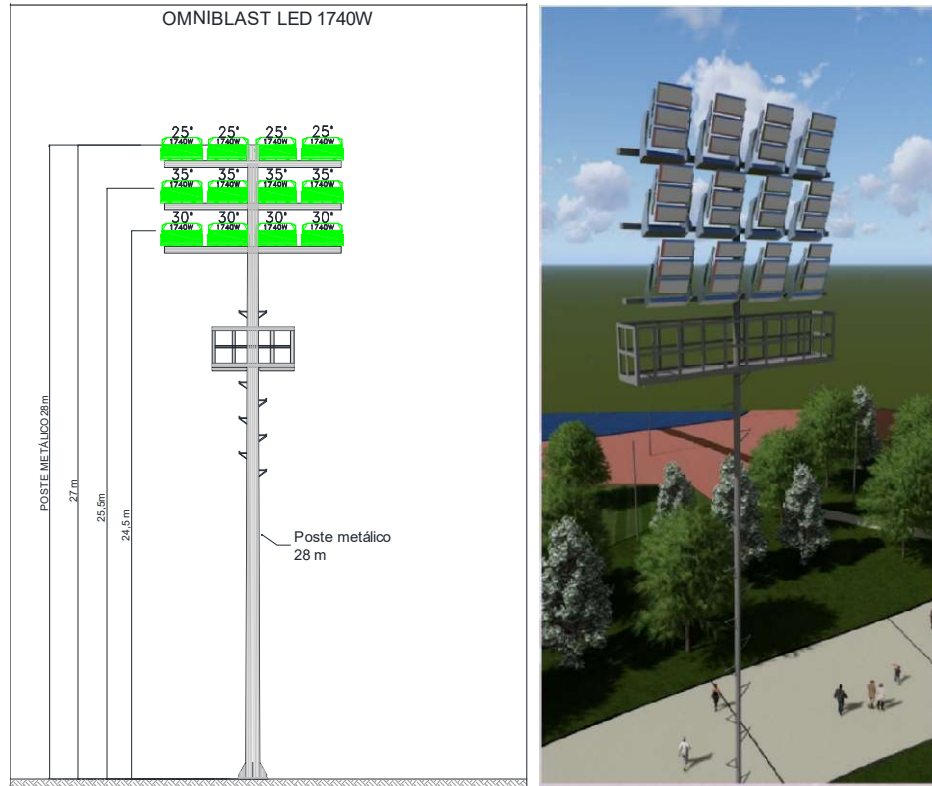
### 3.5.2 Pista de atletismo

Este escenario deportivo se usará para entrenamiento al igual que para uso recreativo.

#### 3.5.2.1 Montaje

El montaje usado para este escenario deportivo se compone de un poste metálico de 28 m de altura, el cual consta de doce proyectores OMNIBLAST con una potencia de 1740W con un ángulo de inclinación de 25°, 35° y 30° con una altura de montaje de 27m, 25.5 m y 24.5 m como se observa en la Figura 3-5.

**Figura 3-5:** Montaje de luminarias para pista de atletismo.



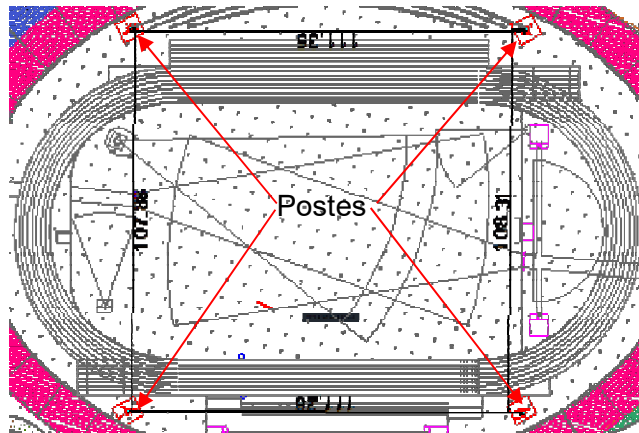
Nombre de la fuente: Autor.

Se usaron cuatro postes de acuerdo a la disposición de la

Figura 3-6, ubicadas como se muestra en la

Figura 3-6. Para el fotofinish se usó una estructura la cual soporta un proyector INDUFLOOD a 3m de altura, el cual apunta a la línea de meta.

**Figura 3-6:** Disposición de luminarias para pista de atletismo.



Nombre de la fuente: Autor.

A continuación se muestran los resultados del diseño por medio del software DIALux.

- Entrenamiento

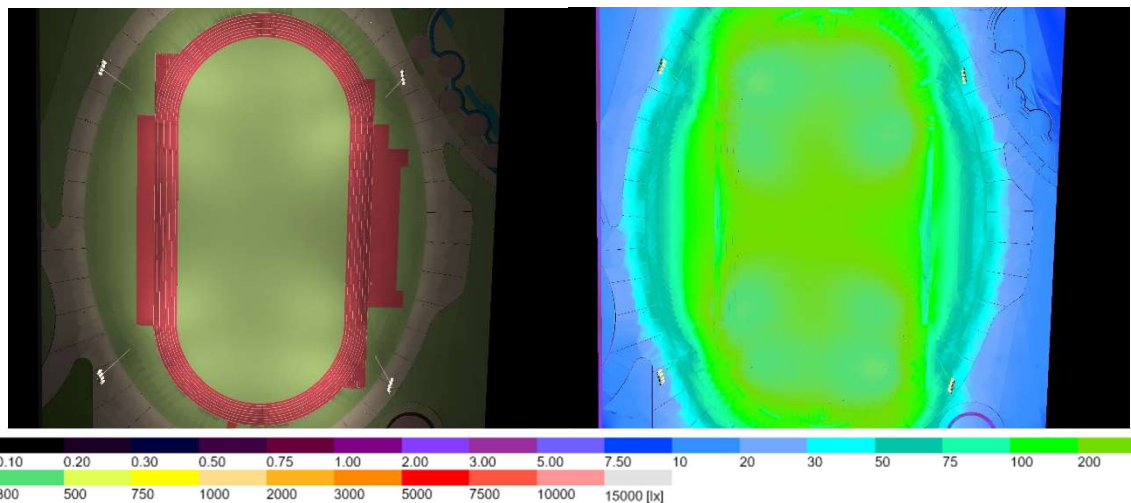
En la Tabla 3-17 se muestran los resultados obtenidos, en donde se observa que cumple con los parámetros de diseño requeridos para el escenario deportivo. En la Figura 3-7 se observa la distribución de luz del escenario deportivo para el uso de entrenamiento.

**Tabla 3-17:** Resultados de diseño para pista de atletismo entrenamiento.

EN 12193		Schröder	Roy Alpha	Philips
Clase	II			
Superficie de la pista	200 lx	224 lx	296 lx	219
Uniformidad	0,5	0,51	0,51	0,53
Foto-finish	1000 lx	1111 lx	1127 lx	1002 lx

Nombre de la fuente: Autor.

**Figura 3-7:** Simulación pista de atletismo entrenamiento.



Nombre de la fuente: Autor.

- Recreativo

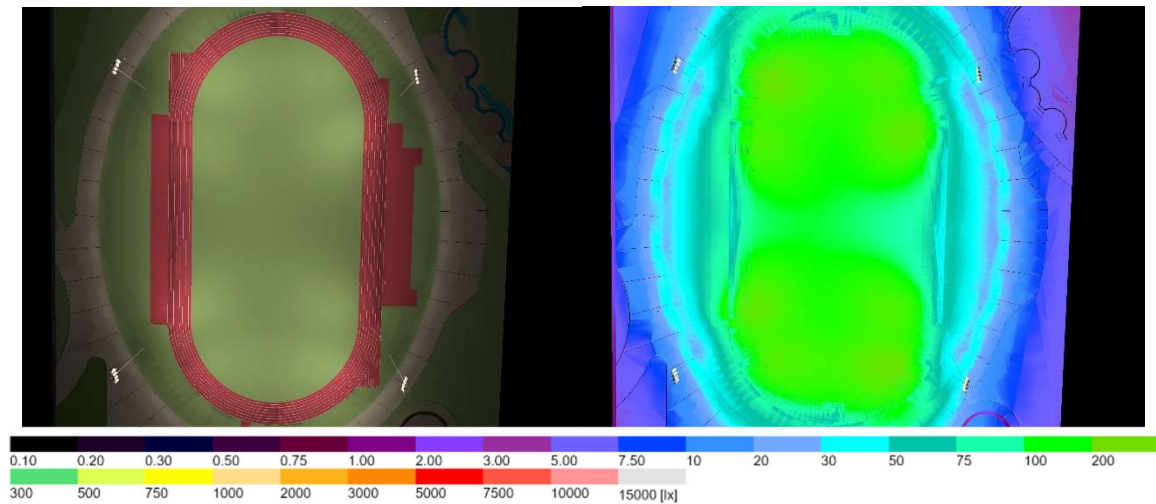
En la Figura 3-8 se observa la distribución de luz del escenario deportivo para el uso recreativo. En la Tabla 3-18 se muestran los resultados obtenidos, en donde se observa que cumple con los parámetros de diseño requeridos para el escenario deportivo.

**Tabla 3-18:** Resultados de diseño para pista de atletismo recreativo.

RETILAP		Schröder	Roy Alpha	Philips
Superficie de la pista	100 lx			
Superficie de la pista	100 lx	112 lx	148 lx	110
Uniformidad	0,40	0,82	0,51	0,53

Nombre de la fuente: Autor.

**Figura 3-8:** Simulación pista de atletismo recreativo.



Nombre de la fuente: Autor.

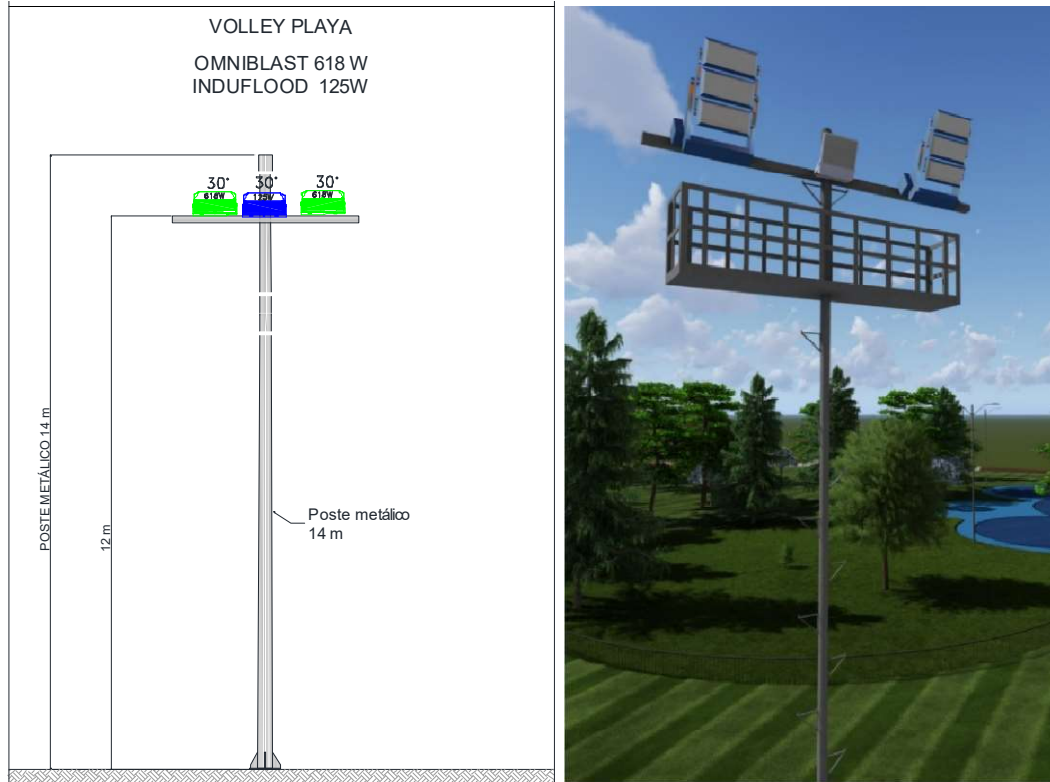
### 3.5.3 Canchas de Vóley Playa

Este escenario deportivo se usará para uso recreativo.

#### 3.5.3.1 Montaje

El montaje usado para este escenario deportivo se compone de un poste metálico de 14 m de altura, el cual consta de dos proyectores OMNIBLAST con una potencia de 618 W con un ángulo de inclinación de 30° y con una altura de montaje de 12 m acompañados de un proyector INDUFLOOD de 125 W con una altura de montaje de 12 m y con un ángulo de inclinación de 30° como se observa en la Figura 3-9.

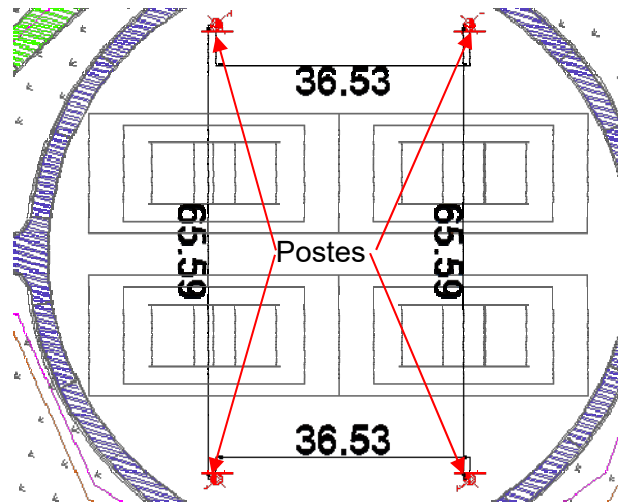
**Figura 3-9:** Montaje de luminarias para canchas de vóley playa.



Nombre de la fuente: Autor.

Se usaron cuatro postes de acuerdo a la disposición de la  
Figura 3-6, ubicadas como se muestra en la Figura 3-9.

**Figura 3-10:** Disposición de luminarias para pista de atletismo.



Nombre de la fuente: Autor.

A continuación se muestran los resultados del diseño por medio del software DIALux.

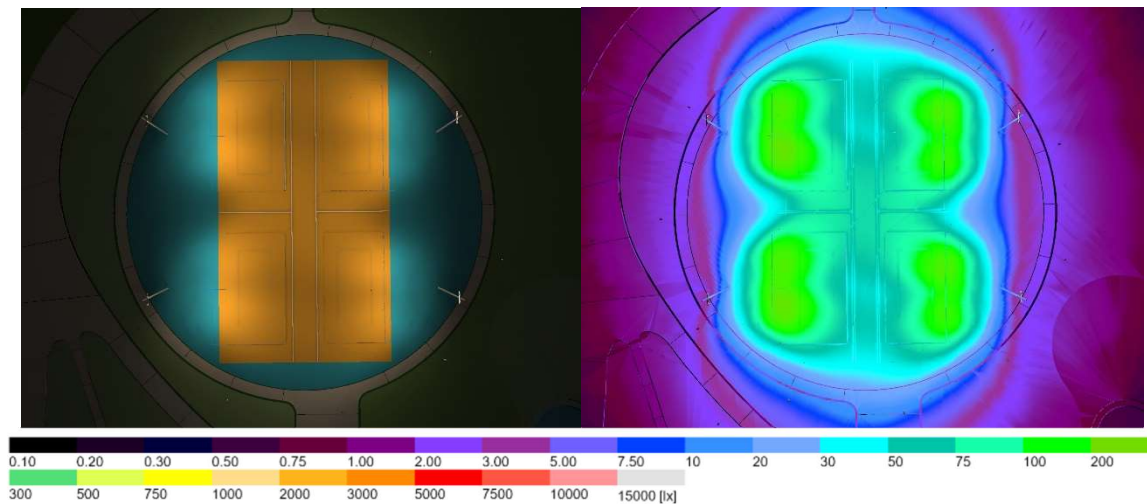
- Recreativo

En la Figura 3-11 se observa la distribución de luz del escenario deportivo para el uso recreativo. En la Tabla 3-19 se muestran los resultados obtenidos, en donde se observa que cumple con los parámetros de diseño requeridos para el escenario deportivo.

**Tabla 3-19:** Resultados de diseño para canchas de vóley playa recreativo.

RETILAP		Schröder	Roy Alpha	Philips
Superficie de la cancha	60 lx	84,6 lx	107 lx	71,7
Uniformidad	0,40	0,55	0,53	0,5

Nombre de la fuente: Autor.

**Figura 3-11:** Simulación canchas de vóley playa recreativo.

Nombre de la fuente: Autor.

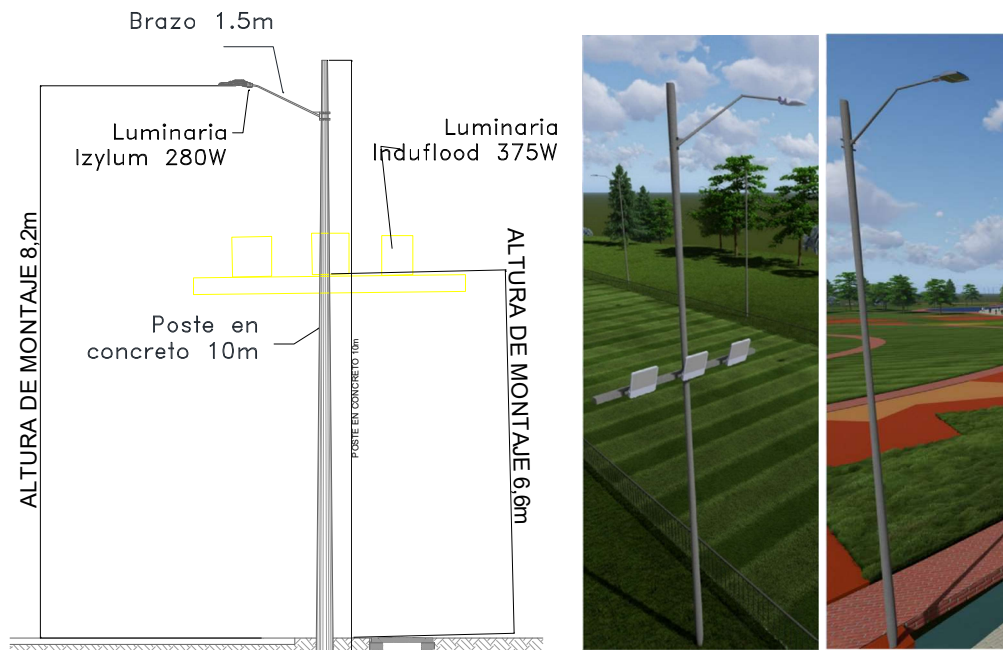
### 3.5.4 Campo de Tiro al arco

Este escenario deportivo se usará para uso recreativo.

#### 3.5.4.1 Montaje

El montaje usado para este escenario deportivo se compone de un poste de concreto de 10 m de altura, el cual consta de tres proyectores INDUFLOOD con una potencia de 375 W apuntando a las dianas del campo de tiro, además de una luminaria IZYLUM de 280 W, montada en un brazo de 1.5 m, la cual es tipo alumbrado público. Solo se usan dos postes con estas características. Para el resto del campo de tiro se usa el mismo montaje nombrado anteriormente solo que sin proyectores como se observa en la Figura 3-12.

**Figura 3-12:** Montaje de luminarias para campo de tiro con arco.

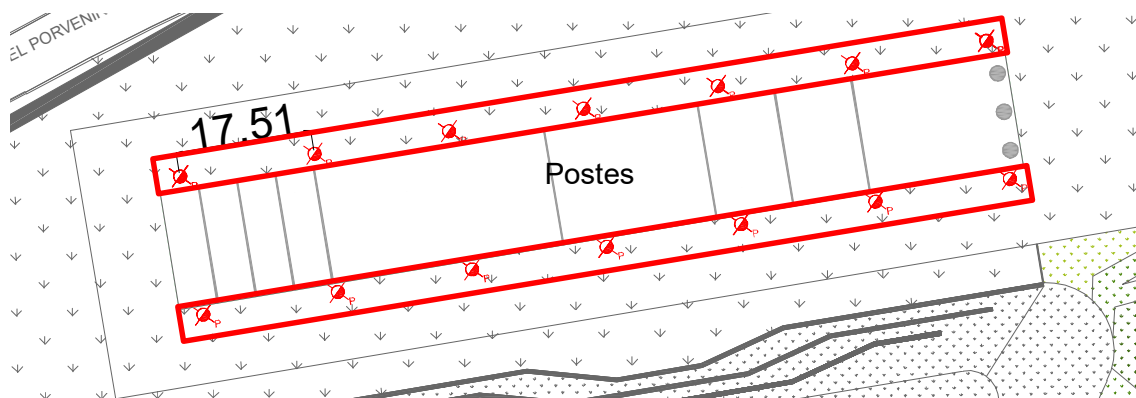


Nombre de la fuente: Autor.

Se usaron dos postes con proyectores y doce con luminarias tipo alumbrado público, de acuerdo a la disposición de la

Figura 3-6, ubicadas como se muestra en la Figura 3-9.

**Figura 3-13:** Disposición de luminarias para cancha de tiro con arco.



Nombre de la fuente: Autor.

A continuación se muestran los resultados del diseño por medio del software DIALux.

- Recreativo

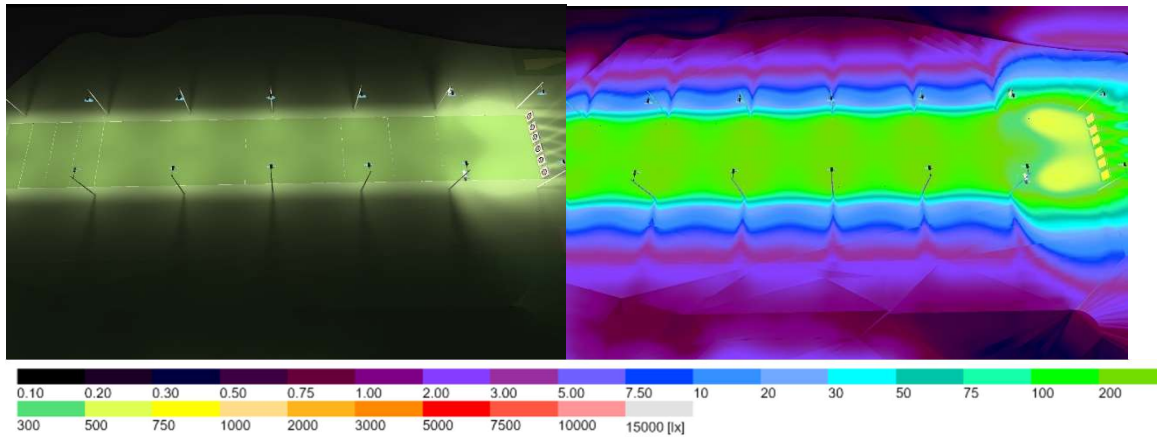
En la Figura 3-14 se observa la distribución de luz del escenario deportivo para el uso recreativo. En la Tabla 3-20 se muestran los resultados obtenidos, en donde se observa que cumple con los parámetros de diseño requeridos para el escenario deportivo.

**Tabla 3-20:** Resultados de diseño para campo de tiro con arco recreativo.

EN 12193		Schröder	Roy Alpha	Philips
Clase	III			
Galería de tiro	200 lx	201 lx	238 lx	220 lx
Uniformidad	0,5	0,59	0,55	0,52
Dianas	750 lx	807 lx	754 lx	826 lx
Uniformidad	0,8	0,88	0,68	0,88

Nombre de la fuente: Autor.

**Figura 3-14:** Simulación campo de tiro con arco recreativo.

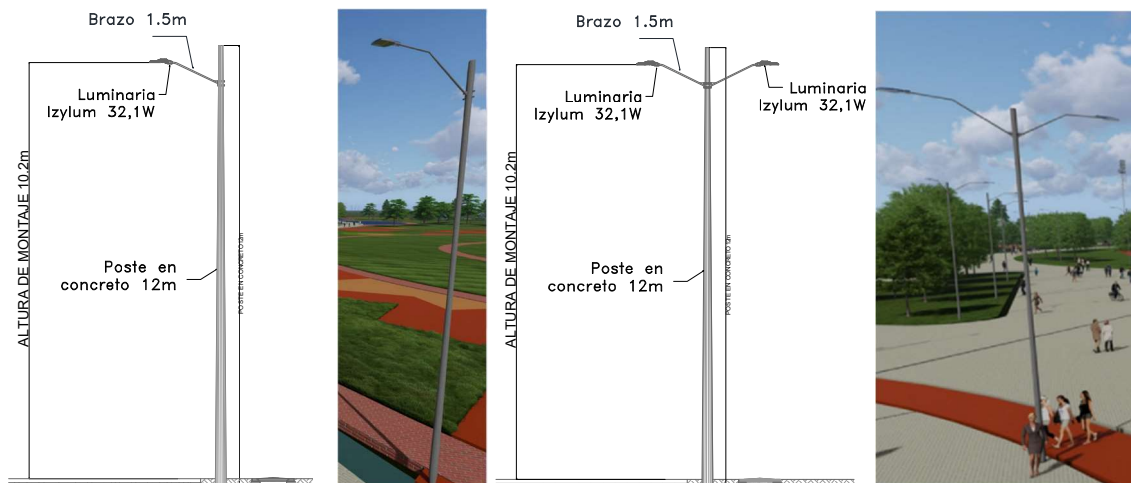


Nombre de la fuente: Autor.

### 3.5.5 Senderos

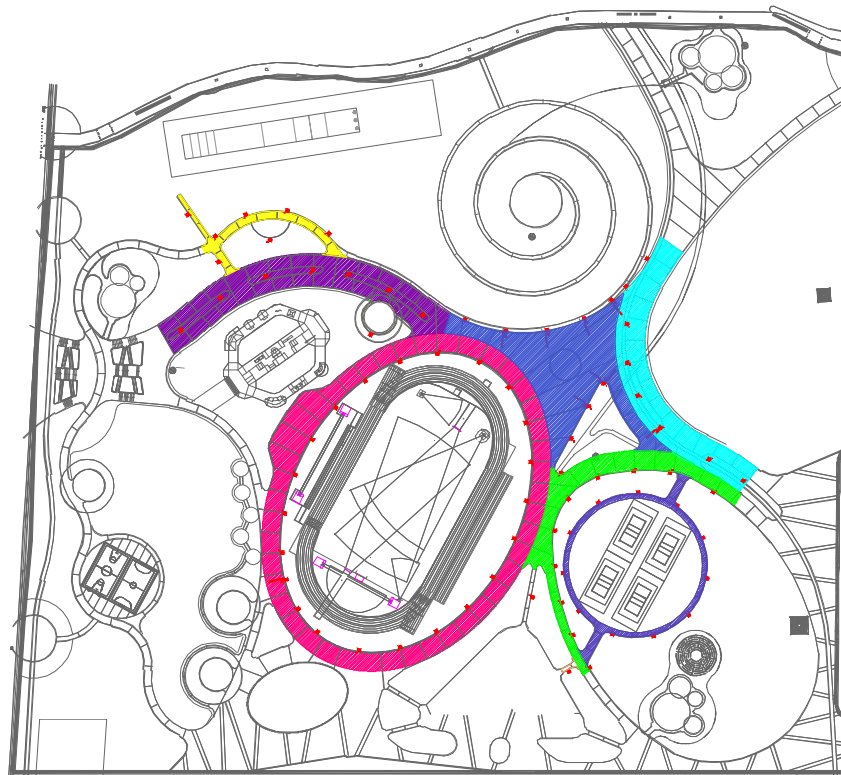
#### 3.5.5.1 Montaje

El montaje usado se compone de postes de concreto de 12 m con luminarias IZYLUM de 32,1 W, montada en un brazo de 1.5 m, la cual es tipo alumbrado público. Se usan en algunos casos postes con dos brazos y dos luminarias. El montaje se observa en la Figura 3-15.

**Figura 3-15:** Montaje de luminarias para los senderos.

Nombre de la fuente: Autor.

Las luminarias son ubicadas como se muestra en la Figura 3-16.








**Figura 3-16:** Disposición de luminarias para senderos.

Nombre de la fuente: Autor.

A continuación se muestran los resultados del diseño por medio del software DIALux.

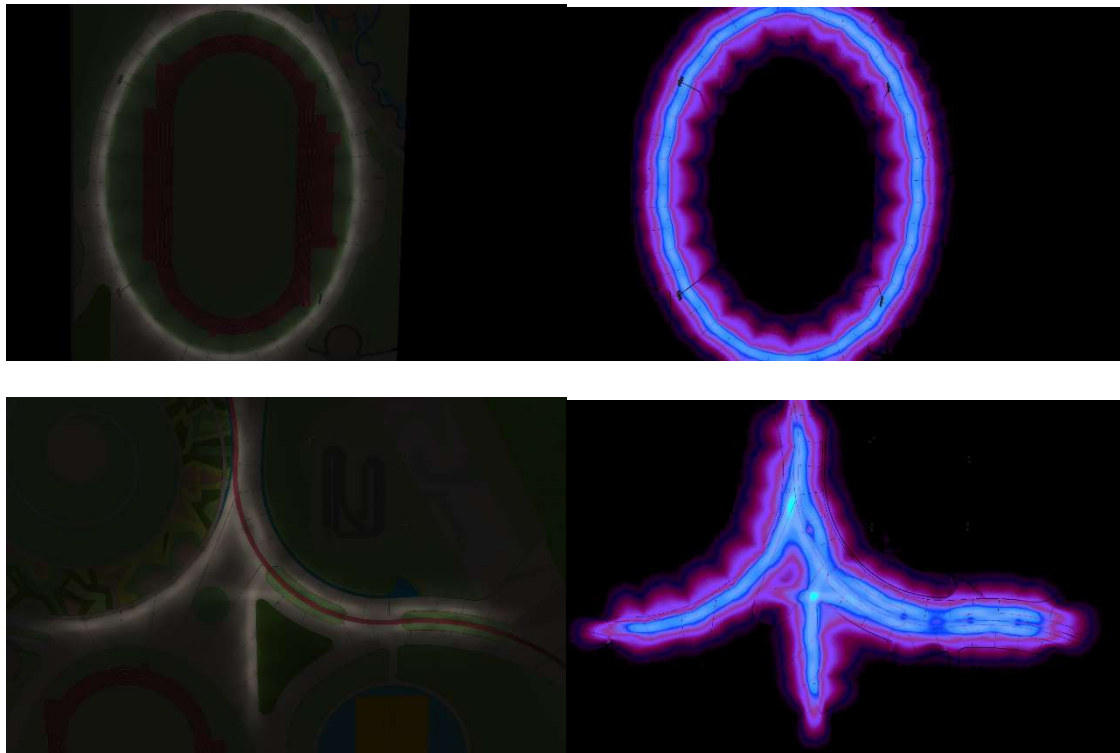
En la Figura 3-17 se observa la distribución de luz en los senderos. En la Tabla 3-21 se muestran los resultados obtenidos, en donde se observa que cumple con los parámetros de diseño requeridos, además de que se señala que sendero corresponde a que malla de cálculo.

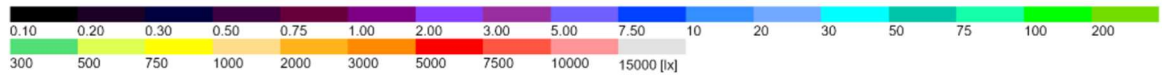
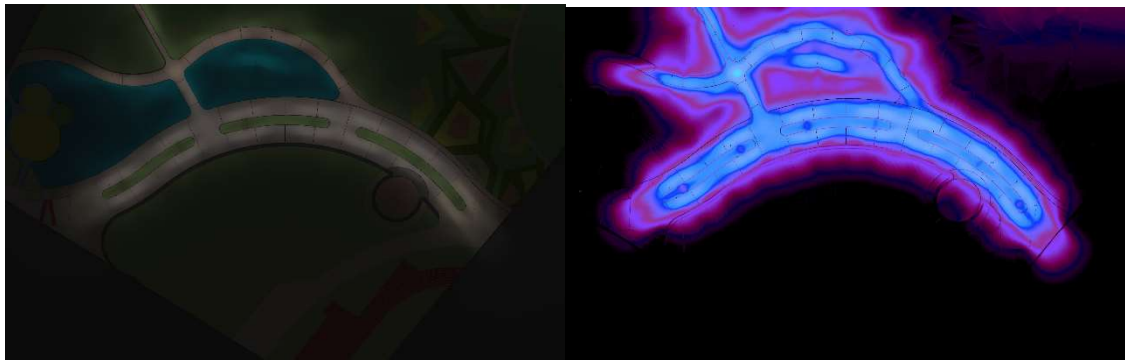
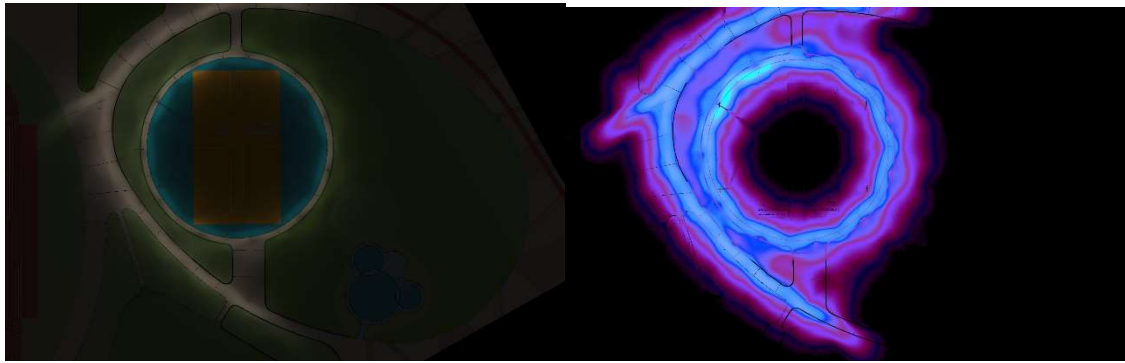
**Tabla 3-21:** Resultados de diseño para los senderos.

Color	Sendero	Schröder		Roy Alpha		Philips	
		Iluminancia (lx)	Uniformidad	Iluminancia (lx)	Uniformidad	Iluminancia (lx)	Uniformidad
	Pista BMX - Sendero 1	9	0,43	24,2	0,38	16,7	0,6
	Pista BMX - Sendero 2	11,1	0,2	20,6	0,35	13,2	0,44
	Sendero pista de atletismo	8,34	0,24	137	0,48	32,7	0,29
	Canchas de vóley - Sendero 1	10,4	0,2	16,9	9,25	12,6	0,7
	Canchas de vóley - Sendero 2	13,6	0,43	19,3	0,59	10,3	0,33
	Cancha de tiro al arco - Sendero 1	11,2	0,23	18,8	0,24	13,2	0,33
	Cancha de tiro al arco - Sendero 2	11,9	0,39	18,8	0,24	13	0,42
	RETILAP	7,5	0,20	7,5	0,2	7,5	0,20

Nombre de la fuente: Autor.

**Figura 3-17:** Simulación senderos.





Nombre de la fuente: Autor.



## **4. Control de Iluminación**

El control de iluminación es importante para poder crear diferentes escenas, teniendo en cuenta los diferentes niveles de iluminación requeridos en el proyecto. También, se optimiza el consumo de energía producido por las luminarias ya que no siempre se usarán los escenarios deportivos para uso de entrenamiento.

Como primer paso se describen las características que debe tener el sistema de control a seleccionar:

- Sistema simple.
- Fácil instalación.
- Fácil configuración.
- Menor costo.
- Sistema confiable.

Con esto presente se selecciona el sistema de atenuación 0-10 V para los escenarios deportivos en los cuales se usan de forma recreativa y para entrenamiento.

El sistema de control de iluminación 0-10V es una tecnología ampliamente utilizada para la gestión y regulación de la iluminación en diferentes aplicaciones, incluyendo escenarios deportivos. Este tipo de control ofrece ventajas significativas en términos de eficiencia energética, versatilidad y confort visual. A continuación, se detalla su funcionamiento y sus aplicaciones específicas en entornos deportivos.

### **4.1 Fundamentos del Control de Iluminación 0-10V**

#### **4.1.1 Concepto Básico**

El control de iluminación 0-10V es un método de regulación de intensidad de la luz en el cual se utiliza una señal de voltaje continua para ajustar el nivel de brillo de las luminarias. El rango de voltaje va desde 0 hasta 10 voltios, donde 0V corresponde a la intensidad mínima (que puede ser apagado o un nivel muy bajo de luz) y 10V corresponde a la intensidad máxima de la luminaria.

### **4.1.2 Componentes Principales**

- Fuente de Alimentación: Proporciona la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del sistema de iluminación.
- Controlador 0-10V: Dispositivo que emite la señal de voltaje para regular la intensidad de la luz.
- Luminarias Regulables: Lámparas o focos que son capaces de ajustar su intensidad de luz en respuesta a la señal de voltaje recibida.
- Sensores e Interruptores: Elementos adicionales que pueden integrarse al sistema para mejorar la automatización y el control, como sensores de presencia, sensores de luz ambiente, y temporizadores.

## **4.2 Funcionamiento del Sistema 0-10V en Escenarios Deportivos**

### **4.2.1 Ajuste de Intensidad**

El controlador 0-10V envía una señal de voltaje variable a las luminarias regulables. Este voltaje puede ser ajustado manualmente a través de un potenciómetro o mediante un sistema de control automatizado. En escenarios deportivos, este ajuste permite adecuar la iluminación a las necesidades específicas de cada actividad o evento, optimizando la visibilidad y el confort visual para los jugadores y espectadores.

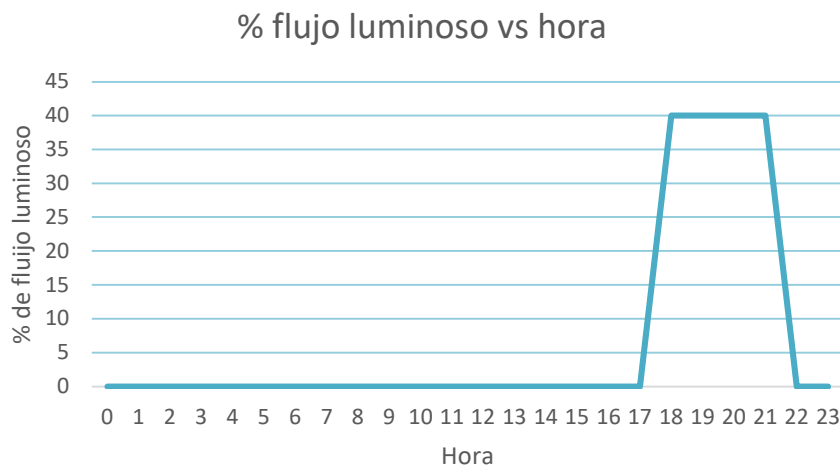
### **4.2.2 Escenarios de Uso**

- Entrenamientos: Durante las sesiones de entrenamiento, es posible utilizar una intensidad de luz menor para ahorrar energía. La iluminación puede ser ajustada a niveles intermedios (por ejemplo, 5V) que proporcionen suficiente visibilidad sin necesidad de usar la máxima potencia de las luminarias.
- Partidos y Competiciones: Para eventos importantes, como partidos oficiales o competiciones, se puede incrementar la intensidad de la luz (hasta 10V) para asegurar una óptima visibilidad y calidad de la transmisión televisiva, si corresponde.
- Mantenimiento y Limpieza: Durante las horas de mantenimiento o limpieza del escenario deportivo, la iluminación puede ser reducida al mínimo necesario (cerca de 0V) para permitir el trabajo seguro del personal sin un consumo excesivo de energía.

Para el proyecto se tiene que los escenarios deportivos que serán de uso dual son la pista BMX y la pista de atletismo.

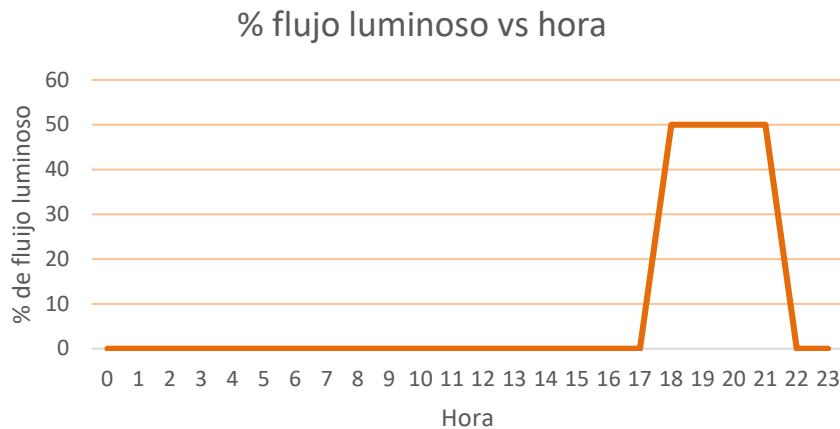
A continuación en la Figura 4-1 y Figura 4-2 se muestran las curvas de control planteadas para los escenarios en uso recreativo.

**Figura 4-1:** Curva de atenuación para pista BMX durante el día.



Nombre de la fuente: Autor.

**Figura 4-2:** Curva de atenuación para pista de atletismo durante el día.



Nombre de la fuente: Autor.

Se plantea las curvas de esta forma ya que con este nivel de atenuación cumple con los niveles requeridos en los escenarios deportivos.

Para la pista BMX se tiene que el uso de energía durante las 4 horas previstas para el caso de entrenamiento se tiene un gasto de energía diario de 63 kWh por día, y para el uso recreativo con el sistema de atenuación se tiene un uso de energía de 25 kWh día, lo cual supone un ahorro de más del 50%. Se tiene presente que al atenuar las luminarias de los deportivos el nivel de uniformidad no cambia si todas las luminarias se atenúan en la misma proporción.

Para la pista de atletismo se tiene que el uso de energía durante las 4 horas previstas para el caso de entrenamiento se tiene un gasto de energía diario de 384 kWh por día, y para el uso recreativo con el sistema de atenuación se tiene un uso de energía de 192 kWh día lo cual supone un ahorro del 50%.

### **4.2.3 Integración con Sistemas de Gestión**

El sistema 0-10V puede integrarse con sistemas de gestión de edificios (BMS, por sus siglas en inglés) y sistemas de automatización. Esto permite programar diferentes niveles de iluminación basados en horarios preestablecidos, eventos específicos o incluso condiciones ambientales detectadas por sensores de luz natural.

## **4.3 Ventajas en Escenarios Deportivos**

- **Eficiencia Energética:** Al ajustar la intensidad de la iluminación según las necesidades reales, se reduce el consumo de energía, lo que se traduce en ahorros significativos en costos operativos.
- **Confort Visual:** La capacidad de ajustar la iluminación permite crear un ambiente visualmente confortable tanto para los deportistas como para el público, mejorando la experiencia general en el recinto deportivo.
- **Longevidad de las Luminarias:** Al no operar siempre a máxima potencia, las luminarias tienen una vida útil más larga, reduciendo la necesidad de reemplazos frecuentes y el mantenimiento asociado.
- **Flexibilidad y Control:** La integración con sistemas automatizados permite una gestión más precisa y flexible de la iluminación, adaptándose rápidamente a los cambios en el uso del espacio deportivo.

El sistema de control de iluminación 0-10V ofrece un método eficiente y flexible para gestionar la iluminación de escenarios deportivos, mejorando la experiencia de los usuarios, optimizando el consumo energético y prolongando la vida útil de las luminarias.

## 4.4 Implementación y Consideraciones

### 4.4.1 Diseño del Sistema

El diseño de un sistema de control de iluminación 0-10V para un escenario deportivo debe considerar varios factores, tales como la disposición de las luminarias, la ubicación de los controladores, y la integración con otros sistemas de gestión. Es fundamental realizar un estudio de iluminación previo para determinar la cantidad y tipo de luminarias necesarias, así como la distribución óptima para cubrir todas las áreas del recinto deportivo.

### 4.4.2 Mantenimiento

El mantenimiento del sistema debe incluir revisiones periódicas de los controladores y luminarias para asegurar un funcionamiento eficiente y detectar posibles fallos a tiempo. Además, la calibración de los sensores y el ajuste de los programas automatizados son cruciales para mantener la eficacia del sistema.

Esquema de mantenimiento:

Inspecciones Regulares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar el estado general de la luminaria (estructura, fijaciones, y conexiones).</li> <li>• Comprobar que no haya signos de daños físicos (abolladuras, corrosión, grietas).</li> <li>• Revisar el estado del cableado y las conexiones eléctricas.</li> <li>• Asegurar que la luminaria esté bien anclada y segura en su soporte.</li> </ul>
Limpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconectar la luminaria de la fuente de energía antes de comenzar la limpieza.</li> <li>• Limpiar el exterior de la luminaria con un paño suave y seco.</li> <li>• Para luminarias expuestas a polvo o contaminantes, utilizar un paño ligeramente húmedo y secar completamente.</li> <li>• No utilizar productos químicos agresivos que puedan dañar la superficie o componentes de la luminaria.</li> </ul>
Reemplazo de Componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reemplazar las lámparas o bombillas LED según las recomendaciones del fabricante.</li> <li>• Verificar y, si es necesario, reemplazar los difusores o reflectores dañados.</li> <li>• Sustituir componentes eléctricos defectuosos (balastos, drivers LED, etc.).</li> <li>• Comprobar y reemplazar sellos o juntas deterioradas para mantener la impermeabilidad.</li> </ul>

Verificación de Funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Encender y apagar la luminaria para verificar su correcto funcionamiento.</li><li>• Asegurarse de que no haya parpadeos, zumbidos o fallos intermitentes.</li><li>• Verificar que la luminaria alcance la luminosidad esperada.</li></ul>
Procedimientos de Seguridad	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desconectar la luminaria de la fuente de alimentación antes de cualquier mantenimiento.</li><li>• Utilizar equipo de protección personal adecuado (guantes, gafas de seguridad).</li><li>• Si es necesario trabajar en altura, asegurarse de que las escaleras o plataformas estén en buen estado y seguras.</li><li>• Documentar todas las acciones de mantenimiento realizadas, incluyendo fecha, tipo de trabajo y componentes reemplazados.</li></ul>
Revisión de Normativas y Garantías	<ul style="list-style-type: none"><li>• Revisar las normativas locales y recomendaciones del fabricante para asegurarse de que el mantenimiento se realiza de acuerdo con las especificaciones.</li><li>• Consultar la garantía de la luminaria y los componentes para aprovechar posibles reemplazos gratuitos o servicios de mantenimiento ofrecidos por el fabricante.</li></ul>
Registro de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mantener un registro detallado de todas las inspecciones, limpiezas, reparaciones y reemplazos.</li><li>• Incluir fechas, observaciones, componentes utilizados y firmas del personal encargado.</li></ul>

## 5. Análisis financiero

Para realizar el análisis financiero en cuatro pasos el primero identificación de las luminarias, segundo costos de adquisición e instalación, tercero costos operativos y por último comparación de costos a largo plazo

### 5.1 Identificación de Luminarias

Realizamos la búsqueda de 3 marcas que cumplieran con los requisitos en los diseños de iluminación de los escenarios deportivos e iluminación de los senderos, las siguientes marcas fueron las seleccionadas para este análisis

- Luminarias marca Schröder
- Luminaria marca Roy Alpha.
- Luminaria marca Philips.

### 5.2 Costos de Adquisición e Instalación

Debemos calcular el costo inicial de adquisición e instalación de cada tipo de luminaria. Esto incluye:

- **Costo de adquisición marca Schröder**

**Tabla 5-1:** Costo de luminarias Schröder.

POTENCIA (W)	ESCENARIO	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
375	ATLETISMO	2	\$ 1.487.865,00	\$ 2.975.730,00
1740	ATLETISMO	48	\$ 14.039.067,64	\$ 673.875.246,72
125	CANCHA VÓLEY	4	\$ 793.528,00	\$ 3.174.112,00
618	CANCHA VÓLEY	8	\$ 10.732.522,00	\$ 85.860.176,00
375	PISTA BMX	8	\$ 1.487.865,00	\$ 11.902.920,00
1160	PISTA BMX	8	\$ 12.502.320,00	\$ 100.018.560,00
32,1	SENDERO	90	\$ 956.201,24	\$ 86.058.111,60
375	TIRO CON ARCO	6	\$ 1.487.865,00	\$ 8.927.190,00
280	TIRO CON ARCO	14	\$ 1.983.820,00	\$ 27.773.480,00

Nombre de la fuente: Autor.

- **Costo de adquisición marca Roy Alpha**

**Tabla 5-2:** Costo de luminarias Roy Alpha.

POTENCIA (W)	ESCENARIO	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
390	ATLETISMO	2	\$ 1.554.818,93	\$ 3.109.637,85
2000	ATLETISMO	48	\$ 14.670.825,68	\$ 704.199.632,82
170	CANCHA VÓLEY	4	\$ 829.236,76	\$ 3.316.947,04
680	CANCHA VÓLEY	8	\$ 11.215.485,49	\$ 89.723.883,92
440	PISTA BMX	8	\$ 1.554.818,93	\$ 12.438.551,40
1500	PISTA BMX	8	\$ 13.064.924,40	\$ 104.519.395,20
40	SENDERO	90	\$ 999.230,30	\$ 89.930.726,62
420	TIRO CON ARCO	6	\$ 1.554.818,93	\$ 9.328.913,55
350	TIRO CON ARCO	14	\$ 2.073.091,90	\$ 29.023.286,60

Nombre de la fuente: Autor.

- **Costo de adquisición marca Philips**

**Tabla 5-3:** Costo de luminarias Philips.

POTENCIA (W)	ESCENARIO	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
400	ATLETISMO	2	\$ 1.696.166,10	\$ 3.392.332,20
1850	ATLETISMO	48	\$ 16.004.537,11	\$ 768.217.781,26
160	CANCHA VÓLEY	4	\$ 904.621,92	\$ 3.618.487,68
680	CANCHA VÓLEY	8	\$ 12.235.075,08	\$ 97.880.600,64
450	PISTA BMX	8	\$ 1.696.166,10	\$ 13.569.328,80
1500	PISTA BMX	8	\$ 14.252.644,80	\$ 114.021.158,40
37	SENDERO	90	\$ 1.090.069,41	\$ 98.106.247,22
450	TIRO CON ARCO	6	\$ 1.696.166,10	\$ 10.176.996,60
320	TIRO CON ARCO	14	\$ 2.261.554,80	\$ 31.661.767,20

Nombre de la fuente: Autor.

- **Costo de infraestructura**

Este es igual para las alternativas planteadas

**Tabla 5-4:** Costo de estructura de montaje.

ESTRUCTURA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
10 m con brazo	12	\$ 945.750,00	\$ 11.349.000,00
10 m con cruceta	2	\$ 1.000.550,00	\$ 2.001.100,00
12 m con brazo	17	\$ 985.200,00	\$ 16.748.400,00

ESTRUCTURA	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
12 m con brazos	50	\$ 1.150.400,00	\$ 57.520.000,00
28 m metálico con canasta y soportes	4	\$ 8.500.000,00	\$ 34.000.000,00
5 m con cruceta	4	\$ 1.000.550,00	\$ 4.002.200,00
14 m metálico con canasta	4	\$ 4.420.000,00	\$ 17.680.000,00
16 m metálico con canasta	4	\$ 4.800.000,00	\$ 19.200.000,00

Nombre de la fuente: Autor.

### 5.3 Costos Operativos

Para cada tipo de luminaria, consideramos el consumo energético, mantenimiento y vida útil.

- **Costos marca Schröder**

**Tabla 5-5:** Costo operativos alternativa Schröder.

Tasa de descuento	11,36%
Tiempo de evaluación	20
Costo kWh	870
Costo de energía	\$ 148.398.736

Nombre de la fuente: Autor.

- **Costos marca Roy Alpha**

**Tabla 5-6:** Costo operativos alternativa Roy Alpha.

Tasa de descuento	11,36%
Tiempo de evaluación	20
Costo kWh	870
Costo de energía	\$ 173.560.128

Nombre de la fuente: Autor.

- **Costos marca Roy Philips**

**Tabla 5-7:** Costo operativos alternativa Philips.

Tasa de descuento	11,36%
Tiempo de evaluación	20
Costo kWh	870
Costo de energía	\$ 163.157.190

Nombre de la fuente: Autor.

## 5.4 Comparación de Costos a Largo Plazo

El comparativo está basado en los costos iniciales de la instalación, costos energéticos anuales, costos de mantenimientos anuales y reemplazo de las luminarias

**Tabla 5-8:** Costos iniciales de las 3 alternativas.

COSTOS INICIALES			
Marca (Alternativa)	Schröder	Roy Alpha	Philips
Luminarias	\$ 1.000.565.526,32	\$ 1.045.590.975,00	\$ 1.140.644.700,00
Estructura	\$ 162.500.700,00	\$ 162.500.700,00	\$ 162.500.700,00
Otros activos	\$ 64.320.400,00	\$ 64.320.400,00	\$ 64.320.400,00
Total costos iniciales	\$ 1.227.386.626,32	\$ 1.272.412.075,00	\$ 1.367.465.800,00

Nombre de la fuente: Autor.

**Tabla 5-9:** Costos de operación de las 3 alternativas.

COSTOS DE OPERACIÓN			
Marca (Alternativa)	Schröder	Roy Alpha	Philips
Reposición luminarias	\$ 1.000.565.526,32	\$ 1.045.590.975,00	\$ 1.140.644.700,00
Energía anual luminarias	\$ 148.398.736,20	\$ 173.560.128,00	\$ 163.157.190,00
Total costos de operación	\$ 1.148.964.262,52	\$ 1.219.151.103,00	\$ 1.303.801.890,00

Nombre de la fuente: Autor.

**Tabla 5-10:** Análisis CAUE.

Marca (Alternativa)	Schröder	Roy Alpha	Philips
Costos iniciales	\$ 1.227.386.626,32	\$ 1.272.412.075,00	\$ 1.367.465.800,00
Costos anuales de operación (CAO)	\$ 1.148.964.262,52	\$ 1.219.151.103,00	\$ 1.303.801.890,00
Valor presente de CAO	\$ 8.533.937.599,38	\$ 9.055.250.695,47	\$ 9.683.994.824,04
CI+Valor presente neto de CAO	\$ 9.761.324.225,70	\$ 10.327.662.770,47	\$ 11.051.460.624,04
Costo total anual equivalente	\$ 1.314.213.112,01	\$ 1.390.461.940,98	\$ 1.487.910.259,22

Nombre de la fuente: Autor.

Basándonos en este análisis, aunque las diferencias sean mínimas las luminarias de marca Schröder es la alternativa más económica y sostenible en el tiempo.

## 6. Conclusiones

- El diseño de iluminación se ha desarrollado conforme a las normativas establecidas en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) y la Norma Europea EN 12193, asegurando que todas las instalaciones cumplen con los requisitos técnicos y de seguridad necesarios para eventos deportivos.
- El proyecto ha destacado la importancia de utilizar tecnología LED avanzada, logrando una significativa reducción en el consumo energético. Esto no solo beneficia económicamente al parque, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental.
- El diseño se ha centrado en proporcionar una iluminación que ofrezca confort visual y asegurando una distribución uniforme de la luz. Esto mejora la experiencia de los usuarios, tanto deportistas como visitantes.
- Se evaluaron luminarias de tres marcas reconocidas en el mercado, considerando criterios como eficiencia energética, calidad de la luz, durabilidad, costo y cumplimiento de normativas. Este análisis comparativo permitió identificar las ventajas y desventajas de cada opción, asegurando una selección informada y fundamentada.
- El proceso de selección de luminarias ha sido una experiencia de aprendizaje significativa, desarrollando habilidades críticas en la evaluación y decisión de soluciones de iluminación. Este conocimiento especializado refuerza la formación en iluminación, demostrando la capacidad para tomar decisiones técnicas y estratégicas en proyectos complejos.



## Bibliografía

- [1] C. M. de M. y E. U. de P. M. Energética, *RETILAP - RESOLUCIÓN NÚMERO 40150 DE 03 MAYO 2024*.
- [2] UNE, “UNE-EN 12193:2020 Iluminación. Iluminación de instalaciones deportivas.” 2020.
- [3] “Avanza el proyecto del parque Gibraltar con la extracción del gas metano - Infobae.” Accessed: Dec. 04, 2023. [Online]. Available: <https://www.infobae.com/america/colombia/2022/08/12/avanza-el-proyecto-del-parque-gibraltar-con-la-extraccion-del-gas-metano/>
- [4] I. Cie, “ISO/22012 Light and lighting - Maintenance factor determination - Way of working.” 2019.
- [5] “Schröder, proveedor independiente líder mundial de soluciones de alumbrado inteligente.” Accessed: Jul. 04, 2024. [Online]. Available: <https://sp.schreder.com/es>
- [6] “Productos | Philips lighting.” Accessed: Jul. 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.lighting.philips.es/prof>

## **A. Anexo: Informes DIALux**