

Diseño del sistema de iluminación LED en cancha de microfútbol de la Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá



**Edison Darío Bernal Blanco
Neyer Javier Flórez Gutiérrez**

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá D.C, Colombia
2020

Diseño del sistema de iluminación LED en cancha de microfútbol de la Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá

**Edison Darío Bernal Blanco
Neyer Javier Flórez Gutiérrez**

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Electromecánico

Director (a):
Ingeniero Andrés Leonardo Jutinico Alarcón

Línea de Investigación:
Eléctrica y Diseño Mecánico

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Ciudad, Colombia
2020

Nota de aceptación:

Ingeniero Andrés Leonardo Jutinico Alarcón
Director del proyecto

Ingeniera Angela Viviana Peña Puerto
Jurado

Ingeniero Manuel Fernando Párraga Meneses
Jurado

Bogotá D.C., 17 de julio de 2020

Cuando tomamos cierto interés en los grandes descubridores y en sus vidas, es cuando la ciencia se hace soportable y sólo cuando rastreamos el desarrollo de las ideas es cuando se hace fascinadora.

James Clerk Maxwell

Agradecimientos

Como no mirar al cielo y dejar ir con un sublime suspiro nuestro más sincero agradecimiento a Dios todopoderoso; su favor y su gracia hicieron posibles resolver esta hermosa ecuación de la vida y lograr el balance tanto familiar, económico y personal para hacer de esta la victoria soñada.

A mi amada esposa Indira Torres, siempre fiel escudera, quien hizo de su incansable apoyo mi infaltable aliento. Forjaste en mí el carácter detrás de cada palabra de ánimo, por ello sea tu nombre testigo de esta entrañable gesta.

A nuestros padres por la formación de valores y principios que, como seres humanos, preceden en valor el ser primero persona antes que un grandioso profesional; Sólidas bases sobre las cuales nos sentimos orgullosos de todas y cada una de las duras batallas libradas; al ingeniero Carlos Avendaño por tomar este barco en medio de la tormenta y llevarlo, gracias a su infinita disponibilidad y experiencia, a tierra firme.

No podríamos dejar de lado a nuestro equipo de trabajo en GTA, profesionales íntegros, siempre dispuestos a dar de sí lo mejor y comprometidos siempre que fuese así necesario. A todos y cada uno de ellos Dios y su patria los bendiga.

Edison Darío Bernal Blanco y Neyer Javier Flórez Gutiérrez

Resumen

El presente proyecto surge en respuesta a la identificación de ciertos parámetros técnicos que no dieron el respectivo cumplimiento normativo, durante la instalación del sistema de iluminación actual en el espacio recreo-deportivo (Cancha de microfútbol UAN sede sur). Por tal razón, y mediante el uso de software especializado (DIALux evo® y AutoCAD), fue diseñado un nuevo sistema de iluminación artificial usando tecnología LED, el cual tiene como propósito mejorar los niveles de iluminancia actuales acordes a las condiciones volumétricas propias del escenario y el flujo luminoso que éste así demande. Adicionalmente, se tuvo en cuenta la seguridad eléctrica diseñando circuitos de potencia y de control independientes con balanceo de cargas, junto con un estimado real de todos los costos asociados tanto de los equipos, recurso humano, mano de obra, herramientas de trabajo, instalación y transporte de los mismos.

Este diseño permitirá, a la postre, la realización de actividades tanto de carácter recreativo, deportivo, científico y cultural en un ambiente lumínico sin lugar a duda más eficiente y económico sirviendo además como referencia para posteriores instalaciones lumínicas en todos los escenarios deportivos de la UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO.

Palabras clave: Lúmenes, energía eléctrica, Seguridad, eficiencia lumínica, ahorro, bienestar, RETILAP, DIALux evo®

Abstract

This project arises in response to the identification of certain technical parameters that did not comply with regulations, during the installation of the current lighting system in the recreational-sports space (micro-soccer field, UAN sede sur). For this reason, and through the use of specialized software (DIALux evo® and AutoCAD), a new artificial lighting system was designed using LED technology, which aims to improve current illuminance levels according to the volumetric conditions of the scenery and the luminous flux that it demands. Additionally, electrical safety was taken into account by designing independent power and control circuits with load balancing, along with a real estimate of all associated costs of equipment, human resources, labor, work tools, installation and transportation thereof.

This design will allow, at the end, the performance of recreational, sports, scientific and cultural nature activities in a lightened environment that would undoubtedly be more efficient and economical, also serving as a reference for subsequent lighting installations in all the recreational-sports space of the UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO.

Keywords: Lumens, electric energy, light efficiency, Safety, monetary savings, wellbeing, RETILAP, DIALux evo®).

Contenido

	Pág.
Introducción	1
1. Descripción del problema.....	3
2. Justificación.....	5
3. Objetivos	7
3.1 Objetivo principal	7
3.2 Objetivos Específicos.....	7
4. Marco Teórico	9
4.1 Conceptos y magnitudes.....	10
4.2 Conceptos funcionales.....	17
5. Medición y evaluación de las condiciones iniciales de iluminación	21
5.1 Medidas del espacio deportivo.....	21
5.2 Niveles de iluminancia del espacio deportivo	21
5.3 Instalación eléctrica del sistema de alumbrado original	26
5.4 Parámetros para el nuevo diseño	28
6. Diseño del nuevo sistema de iluminación	31
6.1 Diseño y simulación del nuevo sistema de iluminación	32
6.1.1 Parámetros de la simulación.....	32
6.2 Circuito eléctrico	36
6.2.1 Dimensionamiento de los conductores	39
6.3 Circuito de control.....	41
7. Resultados y análisis	43
7.1 Escenario Inicial.....	43
7.2 Escenario actual	47
7.3 Diseño Iluminación propuesto.....	50
8. Plan de ejecución para la instalación del nuevo diseño	55
8.1 Descripción de la Instalación y red de alimentación	55

8.2	CONDICIONES COMERCIALES	55
8.2.1	Transporte del Equipo.....	56
8.2.2	Entrega del Equipo	56
8.2.3	Devolución del Equipo	56
8.2.4	Documentación exigida persona jurídica (UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE SUR).....	57
8.3	Etapa 1: Obras Civiles y de seguridad en el trabajo. Ministerio de Trabajo (Resolución 1409 / 23 julio 2012).....	57
8.3.1	Resumen Etapa 1 (SEGURIDAD EN EL ÁREA DE TRABAJO)	58
8.3.2	Resumen Etapa 2 (INSTALACIÓN LUMINARIAS Y TAREAS ADICIONALES).....	59
9.	Conclusiones y recomendaciones.....	63
9.1	Conclusiones	63
9.2	Recomendaciones	64
A.	Anexo: Respuesta por parte de Bienestar Estudiantil sobre el objeto final y uso de área deportiva	67
B.	Anexo: Hoja de especificaciones técnicas de la lampara LED SYLVANIA® Jeta Pro.....	71
C.	Anexo: Hoja de especificaciones técnicas de la lampara de Haluro Metálico PHILIPS®.....	75
D.	Anexo: Especificaciones técnicas del conductor de baja tensión	79
E.	Anexo: Planos y Diagramas	83
F.	Anexo: Normatividad	103
	Bibliografía	105

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. La onda y sus componentes	9
Figura 2. Espectro electromagnético	10
Figura 3. Ángulo sólido de 1 <i>sr</i>	11
Figura 4. Lumen	12
Figura 5. Intensidad luminosa - Concentración de flujo luminoso	13
Figura 6. Candela - Casos prácticos.....	14
Figura 7. Luminancia	16
Figura 8. Plano del espacio deportivo.....	22
Figura 9. Matriz de las mediciones obtenidas con el sistema de alumbrado original.....	23
Figura 10. Matriz de datos obtenidos con las nuevas luminarias LED	24
Figura 11. Evidencia de empalmes en cinta en la instalación de las nuevas lámparas LED.....	25
Figura 12. Percepción subjetiva de la iluminancia con lámparas LED	26
Figura 13. Estado de la caja de distribución de sistema de iluminación y compresor	27
Figura 14. Caja de distribución principal	28
Figura 15. DIALux evo® - Plano en CAD.....	31
Figura 16. Iluminancia calculada por la simulación en el área deportiva.....	34
Figura 17. Distribución y ángulos de incidencia de las luminarias - Lateral.....	35
Figura 18. Distribución y ángulos de incidencia de las luminarias - Superior	35
Figura 19. Diagrama circuito luminarias.....	36
Figura 20. Conexión en Delta para cargas simétricas.....	37
Figura 21. Diagrama circuito de control	42
Figura 22. Iluminancia estimada de las lámparas de Haluro Metálico.....	45
Figura 23. Estimación del ángulo de incidencia con luminaria LED de 250W	48
Figura 24. Estimación ángulo de incidencia para alcanzar 115Lux en el centro del escenario.....	52

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Índices De Reflectancia De Algunos Colores Y Materiales De Construcción.....	17
Tabla 2. Variación De La Impresión Con El Aspecto Cromático Y La Luminancia.....	19
Tabla 3. Niveles De Iluminancia Horizontal Por Tipo De Juego Y Nivel De Competencia.....	29
Tabla 4. Parámetros Generales Para La Simulación.....	32
Tabla 5. Resultados De Iluminancia.....	33
Tabla 6. Personal Requerido Para La Etapa 1.....	58
Tabla 7. Materiales Requeridos Para La Instalación Del Nuevo Diseño.....	60
Tabla 8. Detalles De Los Materiales A Utilizar En La Instalación.....	62

Lista de Símbolos y abreviaturas

Símbolos con letras latinas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
<i>A</i>	Área	m ²	Sección 4.1
<i>A₀</i>	Amplitud de onda	m	Sección 4.1
<i>E</i>	Iluminancia	lux	Sección 4.1
<i>F</i>	Flujo luminoso	lm	Sección 4.1
<i>I</i>	Intensidad lumínica	cd	Sección 4.1
<i>I</i>	Corriente eléctrica	A	Sección 7.2
<i>L</i>	Luminancia	cd/m ²	Sección 4.1
<i>L_R</i>	Reflectancia		Sección 4.1
<i>P</i>	Potencia eléctrica	W	Sección 7.2
<i>T</i>	Temperatura	K	Sección 4.2
<i>V</i>	Tensión eléctrica	V	Sección 7.2

Símbolos con letras griegas

Símbolo	Término	Unidad SI	Definición
<i>θ_i</i>	Ángulo de incidencia	rad	Sección 4.1
<i>θ_r</i>	Ángulo de reflexión	rad	Sección 4.1
<i>θ_s</i>	Ángulo sólido	sr	Sección 4.1
<i>θ_t</i>	Ángulo de refracción	rad	Sección 4.1
<i>λ</i>	Longitud de onda	m	Sección 4.1
<i>η</i>	Eficiencia lumínica	lm/W	Capítulo 8

Introducción

Gracias a diversas áreas que componen la física, la electricidad, la electrónica y la óptica, desde un plano arquitectónico, resulta posible hoy día el desarrollo combinado de tecnología mediante la cual es posible suplir una necesidad muy importante del hombre tanto del individuo como a nivel social, puntualmente la iluminación artificial. Gran parte de los dispositivos y productos que son desarrollados demandan un amplio, por no decir que absoluto, dominio de estas ciencias los cuales vendría bien mencionar.

A nivel eléctrico, se consideran aspectos tales como el diseño del cableado, calibres, resistividad, potencia activa, factor de potencia, balanceo de cargas entre otros; desde el punto de vista electrónico con todo aquello concerniente con la tecnología LED, su principio de funcionamiento, los sistemas internos de conversión de AC a DC por medio de sus drivers entre otros, finalizando con el amplio análisis óptico a nivel arquitectónico estudiando aspectos y variables tales como: Ángulos sólidos, intensidades lumínicas, flujo luminosos, índices de reflectancia, entre otras variables no menos importantes en la ecuación.

Dicho desafío responde a una necesidad común en las instalaciones de la UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO Sede sur en aras de mejorar la eficiencia lumínica actual y los estándares de seguridad que por norma son de relevante cumplimiento, sin dejar de lado, desde luego, el compromiso como alma mater con el medio ambiente.

Partiendo de los resultados obtenidos mediante diagnóstico realizado al sistema original fue posible identificar subjetiva y objetivamente las condiciones, tanto de

iluminancia como de seguridad eléctrica que la norma RETIE y RETILAP así determinan. Este espacio recreo-deportivo contaba con 4 luminarias de haluro metálico de 400 Vatios de potencia activa cada una, con baja eficiencia lumínica. Además, también fue posible identificar, a nivel eléctrico, malos empalmes, deficiencias en los sistemas de protección, ausencia de planos tanto de control como de potencia, incorrecta marcación de las líneas de potencia, caja de distribución en mal estado entre otros aspectos no menos relevantes.

En base a todo lo anteriormente mencionado, se diseñó un nuevo sistema de iluminación con tecnología LED el cual requirió, en un principio, del levantamiento de planos arquitectónicos mediante el uso de fotografías satelitales y algunas medidas que fueron posibles tomar en campo. Posteriormente, usando el software DIALux evo®, se realizó la caracterización adecuada de iluminancia, de acuerdo a lo que la norma exige. Adicionalmente, se desarrollaron los planos de control y de potencia con la implementación de un sistema de auto encendido y apagado por medio de fotocelda.

Los efectos positivos más allá de los beneficios económicos, sientan además de ello un precedente importante sobre los futuros proyectos de iluminación que involucra cualquiera de los escenarios deportivos de la UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO, pues establece un mayor campo de conocimiento sobre los muchos aspectos que se deben considerar antes de instalar de forma empírica un sistema de iluminación dejando de lado aspectos ingenieriles y arquitectónicos.

1. Descripción del problema

Desde los muchos enfoques que la ingeniería puede afrontar, es estrictamente necesario el conocimiento y la correcta aplicación de sus conceptos en relación a los estudios de la física (Óptica), las ciencias de la generación de energía eléctrica y los fenómenos que ocurren cuando se aprovechan cada una de sus propiedades intrínsecas obteniendo en respuesta la elaboración de un trabajo específico.

La UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO Sede Sur cuenta con un espacio deportivo ubicado justo en frente del bloque # 8, no obstante los equipos instalados en esta área carecen de las condiciones óptimas de funcionamiento en aspectos altamente relevantes tales como nivel de luminiscencia apropiado, lámparas de alto consumo energético y bajo rendimiento, ángulos de dispersión no apropiados para la cobertura de iluminación, cableado con alto desgaste, entre otros aspectos de no menor importancia, los cuales sin duda alguna imposibilitan la realización de actividades tanto de carácter deportivo como artístico de los estudiantes de la propia universidad como de otras universidades, e inclusive llegando a ser insegura la operación de dicho alumbrado debido a la ubicación de los equipos de control.

Es indispensable el reacondicionamiento de estos equipos y áreas recreativas a partir de los estudios realizados, para corregir y mejorar la infraestructura y los espacios recreativos y deportivos, con el fin de dar continuidad a estos, también importantes, procesos académicos y formativos dispuestos para los alumnos en la universidad.

2. Justificación

El área deportiva, cancha de microfútbol de la Universidad Antonio Nariño no cuenta actualmente con las condiciones operativas optimas que permitan la realización de actividades deportivas y de carácter cultural con los niveles correctos de iluminación de acuerdo a la norma RETILAP.

La comunidad estudiantil de todos los programas académicos hace uso de dicho escenario; No obstante, la misma no cuenta con los niveles de iluminación idóneos en lúmenes y de acuerdo a los equipos que están instalados su eficiencia tanto visual como económica tampoco es la mejor.

Diversos puntos de la cancha están muy por debajo del nivel exigido por la norma, razón por la cual tanto quienes observan desde las tribunas como quienes participan en la actividad no cuentan con los niveles idóneos para la realización de actividades recre-deportivas en condiciones de baja luminosidad ambiente.

Aspectos como eficiencia lumínica, ahorro monetario, ángulos de ataque idóneos para baja dispersión, entre otras variables serán mejoradas una vez estos ajustes sean correctamente implementados.

3. Objetivos

3.1 Objetivo principal

Diseñar sistema de iluminación con tecnología LED, en campo deportivo de la Universidad Antonio Nariño sede Sur.

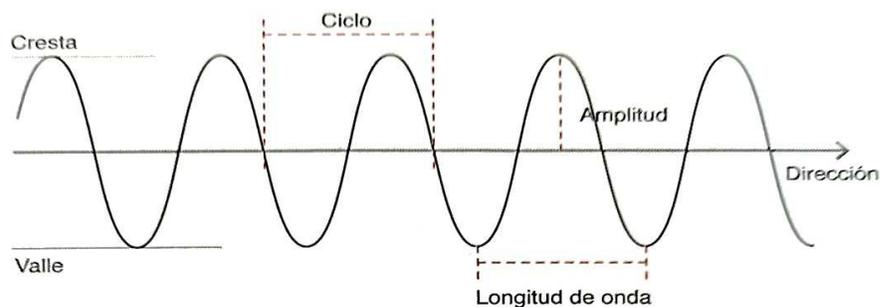
3.2 Objetivos Específicos

1. Medir y evaluar los niveles de iluminación actuales en la cancha de microfútbol de la universidad Antonio Nariño Sede Sur de acuerdo a lo establecido en el RETILAP.
2. Diseñar la iluminación del campo deportivo con luminarias LED mediante ayuda del software DIALux evo® más planos eléctricos de la nueva instalación.
3. Establecer las cantidades de obra, presupuesto y especificaciones técnicas de los sistemas de alimentación, protección eléctrica, anclaje y sujeción del sistema de iluminación.

4. Marco Teórico

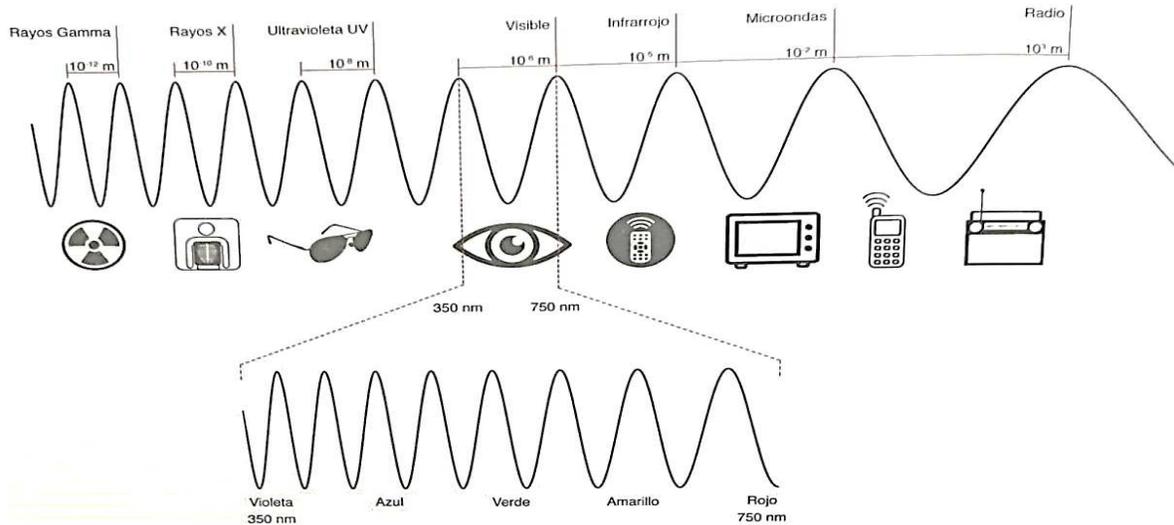
Para poder entender un fenómeno tan complejo como es la iluminación del espacio arquitectónico, es necesario conocer el lenguaje y los conceptos básicos que le permiten aproximarse de forma racional a este problema. A lo largo de la investigación, fueron consultadas diferentes fuentes bibliográficas de física las cuales se limitaban a explicar los fenómenos ópticos relacionados con la luz como son la reflexión y la refracción, por lo cual fue necesario indagar en publicaciones sobre conceptos aplicados a la instalación y actualización de sistemas lumínicos, desarrollados sobre un enfoque más arquitectónico que de ingeniería. Estos últimos abordan el estudio de la luz hablado de su naturaleza y como se manifiesta en diferentes medios y métodos de obtener luz, tanto natural como artificialmente (Villazón, Pinzón, Sánchez, & Rodríguez, 2018). Como es obvio, en todas las publicaciones explican el comportamiento ondular de la luz, tal como se puede apreciar en la figura 1, y como debido a este comportamiento tiene su lugar en el espectro electromagnético en el cual se desarrollan diversos tipos de tecnologías, como se ve en la figura 2.

Figura 1. La onda y sus componentes



Fuente: VILLAZÓN Rafael y otros, Luz/materia: estrategias proyectuales para la iluminación de espacios arquitectónicos, Ediciones UNIANDES, p. 29

Figura 2. Espectro electromagnético



Fuente: VILLAZÓN Rafael y otros, Luz/materia: estrategias proyectuales para la iluminación de espacios arquitectónicos, Ediciones UNIANDES, p. 30

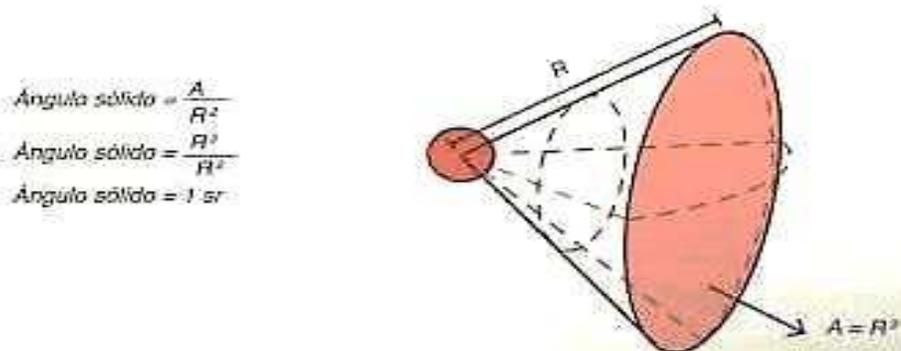
Ahora bien, teniendo en cuenta los conceptos físicos que nos permiten entender la naturaleza de la luz, es necesario también entender y comprender como ésta interactúa con los cuerpos, los cuales, dependiendo las propiedades de los materiales que los componen, permiten fenómenos tales como la absorción, reflexión o transmisión. Por ejemplo, cuando se habla de la de la absorción, en particular, se está hablando de la característica del color de los cuerpos y de cómo los percibe el ojo humano por medio del estímulo físico de la luz reflejada desde una superficie (van Bommel, 2019).

4.1 Conceptos y magnitudes

Como se mencionó anteriormente, es muy importante conocer los conceptos físicos que describen el comportamiento de la luz y, de igual forma, las magnitudes con las cuales se puede cuantificar los fenómenos tanto de generación lumínica como de percepción objetiva y subjetiva. Por tal motivo, es necesario explicar y conocer cada una de las magnitudes asociadas a su naturaleza las cuales son: Flujo luminoso (F), Intensidad lumínica (I) e Iluminancia (E).

Previo al estudio de los conceptos anteriormente mencionados, es necesario tener clara la definición de lo que es un ángulo sólido sobre el cual fundamenta el estudio de la fotometría. Entonces, *“en términos matemáticos (1sr) es el cociente entre el área interseca del casquete y el área resultante del radio esférico al cuadrado. Dicha porción eventualmente puede ser mayor o inclusive igual que el área total de la superficie esférica, la cual es equivalente a sus 4 radios al cuadrado multiplicado por π , es decir: $(4\pi R^2)$ ”* (Villazón, Pinzón, Sánchez, & Rodríguez, 2018).

Figura 3. Ángulo sólido de 1 sr



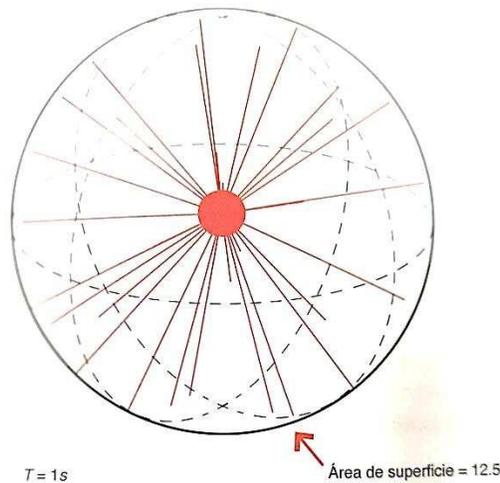
Fuente: VILLAZÓN Rafael y otros, Luz/materia: estrategias proyectuales para la iluminación de espacios arquitectónicos, Ediciones UNIANDES, p. 35

Cabe resaltar que, el ángulo de la sección cónica conformada por la fuente de luz y la porción de casquete que se interseca corresponde a la amplitud en grados o radianes planos a través del cual el haz lumínico se extiende; dicha amplitud determinara puntualmente el valor del ángulo sólido.

El flujo luminoso se puede describir como el caudal energético o la cantidad total de luz que es capaz de emitir una fuente de la luz el cual, según Ganslandt & Hofmann (p40), puede ser medido en Vatios si no se tiene en cuenta la variación de sensibilidad espectral el ojo humano. Por lo tanto, para incluir la sensibilidad espectral, el flujo luminoso debe ser medido en lúmenes (Ganslandt & Hofmann, 1992). Analizando más detenidamente el lumen emitido por una fuente de luz, en un tiempo de 1 segundo, y

utilizando el modelo de la esfera anteriormente expuesto, durante la explicación del ángulo sólido, cuya fuente de luz reposa en el centro de la misma emitiendo en todas las direcciones. Esta cantidad de luz que fluye desde la fuente se mide en lúmenes, es isotrópica, es decir que se presenta en todas las direcciones en igual magnitud, por tanto, la dirección hacia la cual está enfocada la luz no influye en la determinación del flujo luminoso de la fuente de luz, tal como se ve en la figura 4 (Villazón, Pinzón, Sánchez, & Rodríguez, 2018).

Figura 4. Lumen

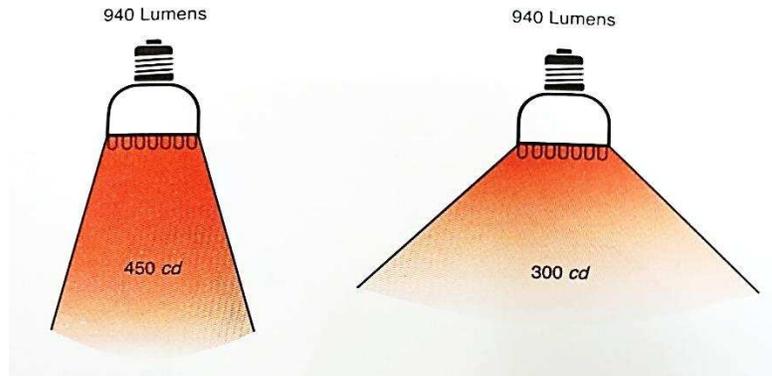


Fuente: VILLAZÓN Rafael y otros, Luz/materia: estrategias proyectuales para la iluminación de espacios arquitectónicos, Ediciones UNIANDES, p. 39

La intensidad luminosa, la cual se identificada con la letra (I), hace referencia al caudal o flujo luminoso (Lúmenes), provenientes de una fuente lumínica que se abre paso a través de un ángulo solido determinado y cuyo valor máximo es igual a $4\pi sr$, lo que es la esfera completa. Con base en esto resulta posible concluir que, si la misma fuente de luz de la figura 4 emite, pero desde un ángulo solido menor, la intensidad luminosa será mayor, tal como se pude apreciar en la figura 5; Matemáticamente hablando, la intensidad luminosa se define como:

$$\text{Intensidad luminosa } (I) = \frac{\text{Flujo luminoso } (F)}{\text{Ángulo sólido}}$$

Figura 5. Intensidad luminosa - Concentración de flujo luminoso



Fuente: VILLAZÓN Rafael y otros, Luz/materia: estrategias proyectuales para la iluminación de espacios arquitectónicos, Ediciones UNIANDÉS, p. 39

La unidad de medida de la intensidad luminosa es la *candela*, la cual es la unidad básica primaria utilizada en iluminación y de la cual muchas otras son derivadas. Esta magnitud fue originalmente definida por media de la intensidad luminosa proveniente de una vela estandarizada, y que posteriormente fue remplazada por polvo de torio a la temperatura de solidificación del platino fue establecido como el estándar (Ganslandt & Hofmann, 1992). Matemáticamente hablando, la candela se define como:

$$\text{Intensidad luminosa (candelas)} = \frac{\text{Flujo luminoso (lúmenes)}}{\text{Ángulo sólido (estereorradianes)}} \quad 4.2$$

Como se pudo apreciar, el flujo luminoso y la intensidad lumínica suelen estar relacionados por medio del ángulo sólido a través del cual el haz de luz se está desplazando. Volviendo al modelo de la figura 4, donde la fuente de luz tiene una intensidad luminosa de 1 candela, es posible conocer la intensidad luminosa y el ángulo sólido. La única variable que en este momento desconocemos es el flujo luminoso en que emite dicha fuente, así:

$$\text{Intensidad luminosa (I)} = \frac{\text{Flujo luminoso (F)}}{4\pi sr} \quad 4.3$$

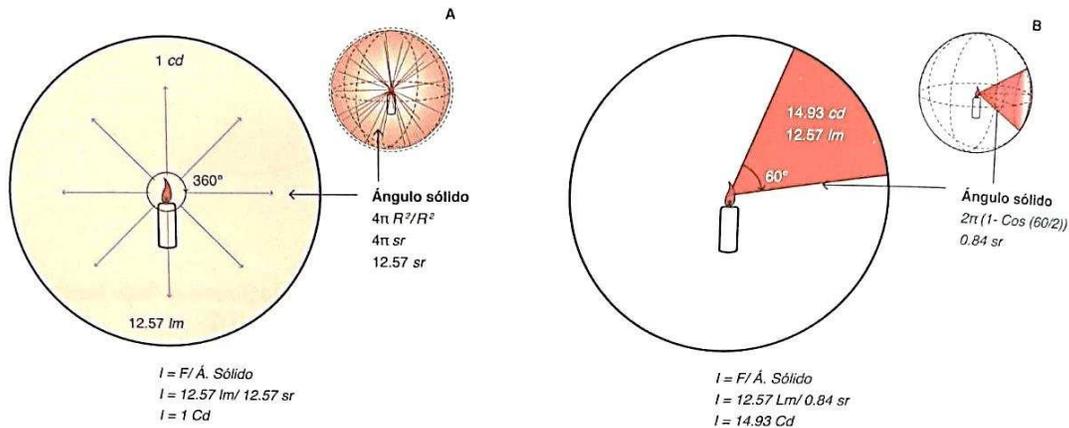
Por lo tanto,

$$1\text{lm/sr} \times 4\pi\text{sr} = \text{Flujo luminoso } (F)$$

$$12.57 \text{ lm} = \text{Flujo luminoso } (F) \quad \mathbf{4.4}$$

De esto se puede concluir que para obtener una intensidad luminosa (I) de una candela se necesita una fuente capaz de emitir un flujo luminoso de 12.57 lm el cual pasará a través de toda la esfera (Villazón, Pinzón, Sánchez, & Rodríguez, 2018). Ahora bien, si se reduce el ángulo sólido por el cual el flujo luminoso de la misma fuente lumínica, la Intensidad lumínica se incrementaría, como se aprecia en la figura 6.

Figura 6. Candela - Casos prácticos



Fuente: VILLAZÓN Rafael y otros, Luz/materia: estrategias proyectuales para la iluminación de espacios arquitectónicos, Ediciones UNIANDÉS, p. 40

Posteriormente, y ya conocido el flujo luminoso y el ángulo sólido a través del cual se desplaza, es posible determinar la intensidad luminosa (I) en candelas:

$$\text{Intensidad luminosa } (I) = \frac{\text{Flujo luminoso } (F)}{4\pi sr}$$

$$\text{Intensidad luminosa } (I) = \frac{12.57 \text{ lm}}{0.84 \text{ sr}} = 14.93 \text{ lm/sr} = 14.93 \text{ cd} \quad \mathbf{4.5}$$

Ahora, para definir los parámetros de un diseño de iluminación no solamente es necesario tener claro los conceptos y magnitudes de las fuentes lumínicas, sino que además es indispensable saber cómo interactúan con su entorno y cómo se relacionan. Un primer concepto es el de iluminancia (E), el cual es la cantidad de flujo luminoso (F) de una fuente específica que es recibida sobre un área, la cual no necesariamente puede ser un área sólida, sino que también puede ser un punto en el espacio (Ganslandt & Hofmann, 1992). Matemáticamente hablando, la iluminancia se define como:

$$\text{Iluminancia } (E) = \frac{\text{Flujo luminoso } (F)}{\text{Área}} \quad \mathbf{4.6}$$

La unidad de medición que define la iluminancia (E) es el lux.

Cabe resaltar que los valores de iluminancia se reducen de forma considerable de acuerdo a la distancia de la fuente a la superficie receptora, con una proporción del cuadrado inverso. Esta proporción es conocida como la ley del cuadrado inverso (Ganslandt & Hofmann, 1992). Llevando estos conceptos a la práctica, para obtener los valores de iluminancia de un sistema lumínico es necesario conocer el flujo luminoso (F) que emite la fuente y el área sobre la cual está incidiendo. Para esto, es posible hacer el cálculo de la iluminancia partiendo de la ecuación:

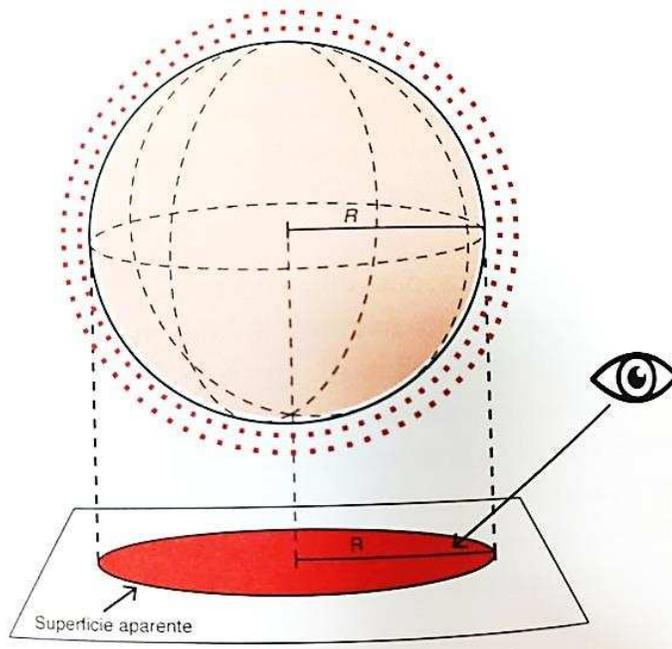
$$\text{Iluminancia } (E) = \frac{\text{Intensidad luminosa } (I)}{D^2} \quad \mathbf{4.7}$$

Donde D , es la distancia existente entre la fuente lumínica, y la superficie sobre la cual incide.

La luminancia (L) es otro concepto que surge de la interacción de la fuente lumínica con su entorno. A la iluminancia se conoce como brillo o densidad luminosa de la superficie sobre la cual está incidiendo el flujo luminoso (Ganslandt & Hofmann, 1992). Según Villazón y otros, la describe como la sensación subjetiva de claridad o de brillo de un objeto que está siendo iluminado (Villazón, Pinzón, Sánchez, & Rodríguez, 2018). Este fenómeno se ilustra en la figura 7. La luminancia puede ser calculada mediante la fórmula:

$$\text{luminancia } (E) = \frac{\text{Intensidad luminosa } (I)}{\text{Área}} \quad 4.8$$

Figura 7. Luminancia



Fuente: VILLAZÓN Rafael y otros, Luz/materia: estrategias proyectuales para la iluminación de espacios arquitectónicos, Ediciones UNIANDES, p. 44

Por último, la reflectancia determina la capacidad que tienen los cuerpos de reflejar luz para verse más o menos luminosos. Dicha característica está estrechamente relacionada con el color, el acabado, la textura y el brillo del cuerpo. Su medición está definida por un porcentaje (Índice de reflectancia p). En la siguiente tabla se pueden

observar diferentes índices de reflectancia para diferentes colores y materiales de construcción:

Tabla 1. Índices de reflectancia de algunos colores y materiales de construcción

ÍNDICE DE REFLECTANCIA Y ALGUNOS DE LOS COLORES Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN			
COLOR	ÍNDICE DE REFLECTANCIA	MATERIAL	ÍNDICE DE REFLECTANCIA
Blanco	0.70 – 0.75	Pañete claro	0.35 – 0.55
Crema claro	0.70 – 0.80	Pañete oscuro	0.20 – 0.30
Amarillo claro	0.50 – 0.70	Concreto blanco	0.40 – 0.50
Verde claro	0.45 – 0.70	Concreto ocre	0.30 – 0.40
Gris claro	0.45 – 0.70	Concreto gris	0.15 – 0.25
Azul claro	0.50 – 0.70	Ladrillo arena	0.30 – 0.40
Rosado claro	0.45 – 0.70	Ladrillo común	0.15 – 0.25
Café claro	0.30 – 0.50	Mármol blanco	0.60 – 0.70
Negro	0.40 – 0.06	Granito	0.15 – 0.25
Gris oscuro	0.10 – 0.20	Madera clara	0.30 – 0.50
Ocre	0.40 – 0.50	Madera oscura	0.10 – 0.25
Verde oscuro	0.10 – 0.20	Aluminio mate	0.55 – 0.60
Azul oscuro	0.10 – 0.20	Aluminio pulido	0.80 – 0.90
Rojo oscuro	0.10 – 0.20	Acero pulido	0.55 – 0.65

Fuente: VILLAZÓN Rafael y otros, Luz/materia: estrategias proyectuales para la iluminación de espacios arquitectónicos, Ediciones UNIANDÉS, p. 45

Teniendo en cuenta el material y el acabado de objeto sobre el cual incide un flujo luminoso el cual genera una Iluminancia (E), y determinado el índice de reflectancia (p) a partir de la tabla anterior, es posible calcular la Luminancia reflejada (L_R), de la siguiente forma:

$$\text{Luminancia reflejada } (L_R) = \text{Iluminancia } (E) \times \text{Índice de reflectancia } (p) \quad \mathbf{4.9}$$

4.2 Conceptos funcionales

Los conceptos funcionales refieren a las capacidades de sujeto que percibe la luz emitida desde una fuente y sus diferentes interacciones con los objetos en su entorno.

Principalmente, la vista es la encargada de percibir y evaluar subjetivamente la luz en el entorno. La luz del exterior que incide sobre la retina, suele tener diferentes amplitudes las cuales ayudan a generar la luminosidad aparente de un objeto.

Otro concepto funcional que está muy relacionado con la vista es el de rendimiento visual, el cual es el término utilizado para describir la velocidad con que funciona el ojo, así como el nivel de precisión con que puede ser llevada a cabo una tarea de carácter visual. El valor del rendimiento visual depende en cierta medida de la iluminancia (E) de un objeto o de un espacio, además de ellos otros factores que también condicionan el rendimiento (Villazón, Pinzón, Sánchez, & Rodríguez, 2018).

La percepción visual es la capacidad que tiene el ojo de realizar una tarea, dicha tarea se desarrolla en un campo específico el cual es el campo visual humano. Dicho campo visual no es del todo uniforme en todos los humanos. Teniendo en cuenta que la visión humana es binocular, se podría concluir que dicho campo sería aproximadamente de 180° sobre el plano horizontal. Cada uno de los ojos cubre aproximadamente 150° . De este modo algunas tareas visuales pueden ser realizadas por uno o ambos ojos al mismo tiempo (Villazón, Pinzón, Sánchez, & Rodríguez, 2018).

Partiendo de los conceptos de rendimiento y percepción visual, lo cuales se encuentran estrechamente relacionados con la calidad e intensidad luminosa del entorno del sujeto y que incide sobre el objeto visualizado, es importante mencionar algunas características de las fuentes lumínicas que los afectan. Una de esas características es la cromática, la cual está determinada por la temperatura de color y por su capacidad de discriminación cromática la cual puede afectar el color de los objetos una vez son expuestos a una fuente de luz. Las fuentes artificiales que tienen luz blanca están divididas en tres grupos de acuerdo a su temperatura de color o como también es conocido aspecto cromático, la unidad de medida son los grados Kelvin (K), las cuales se describen en la tabla 2 (Villazón, Pinzón, Sánchez, & Rodríguez, 2018).

Tabla 2. Variación de la impresión con el aspecto cromático y la luminancia.

Aspecto Cromático de la luz			
Iluminancia [lux]	CÁLIDO	INTERMEDIO	FRÍO
	≤ 3300 K	3300 K - 5000 K	≥ 5000 K
500	Acogedor	Frío	Neutro
500 - 1000	↑↓	↑↓	↑↓
1000 – 2000	Estimulante	Neutro	Acogedor
2000 – 3000	↑↓	↑↓	↑↓
3000	No natural	Acogedor	Estimulante

Fuente: VILLAZÓN Rafael y otros, Luz/materia: estrategias proyectuales para la iluminación de espacios arquitectónicos, Ediciones UNIANDÉS, p. 51

5. Medición y evaluación de las condiciones iniciales de iluminación

El sistema de alumbrado original estaba conformado por cuatro luminarias ubicadas cerca a cada esquina del área deportiva. Al hacer el diagnóstico inicial fue evidente necesidad de tener una mejor iluminancia del área, por lo cual fue necesario realizar varias inspecciones y mediciones con el fin de determinar el punto de partida para mejorar el sistema original ya instalado, las condiciones de la instalación eléctrica y la operación del mismo.

Por otra parte, fue necesario dimensionar el área deportiva y sus alrededores para usar la información en el modelado parcial de dicha área con herramientas CAD y así poder hacer las simulaciones necesarias durante el proceso de diseño.

5.1 Medidas del espacio deportivo

La medición de distancias sobre el área de juego dio como resultado un espacio deportivo de 15 metros de ancho por 28 metros de largo demarcado para la práctica del baloncesto y del microfútbol. Las zonas aledañas son irregulares y están rodeadas por las estructuras de los bloques 3, 5, 6, 8, la biblioteca y colinda con la cancha de voleibol hacia el norte, tal como se puede apreciar en la figura 1.

5.2 Niveles de iluminancia del espacio deportivo

Para determinar los niveles luminancia horizontal que se alcanzaban con la instalación inicial, se dividió el área deportiva en diferentes secciones y en cada una de las secciones se midió la intensidad lumínica máxima con el fin de determinar la eficiencia

y la uniformidad de dicha instalación. Durante este proceso, se le dio mucho énfasis a el área de la cancha que es donde se realizaran las practicas tanto deportivas con culturales, que realiza la comunidad universitaria.

Figura 8. Plano del espacio deportivo



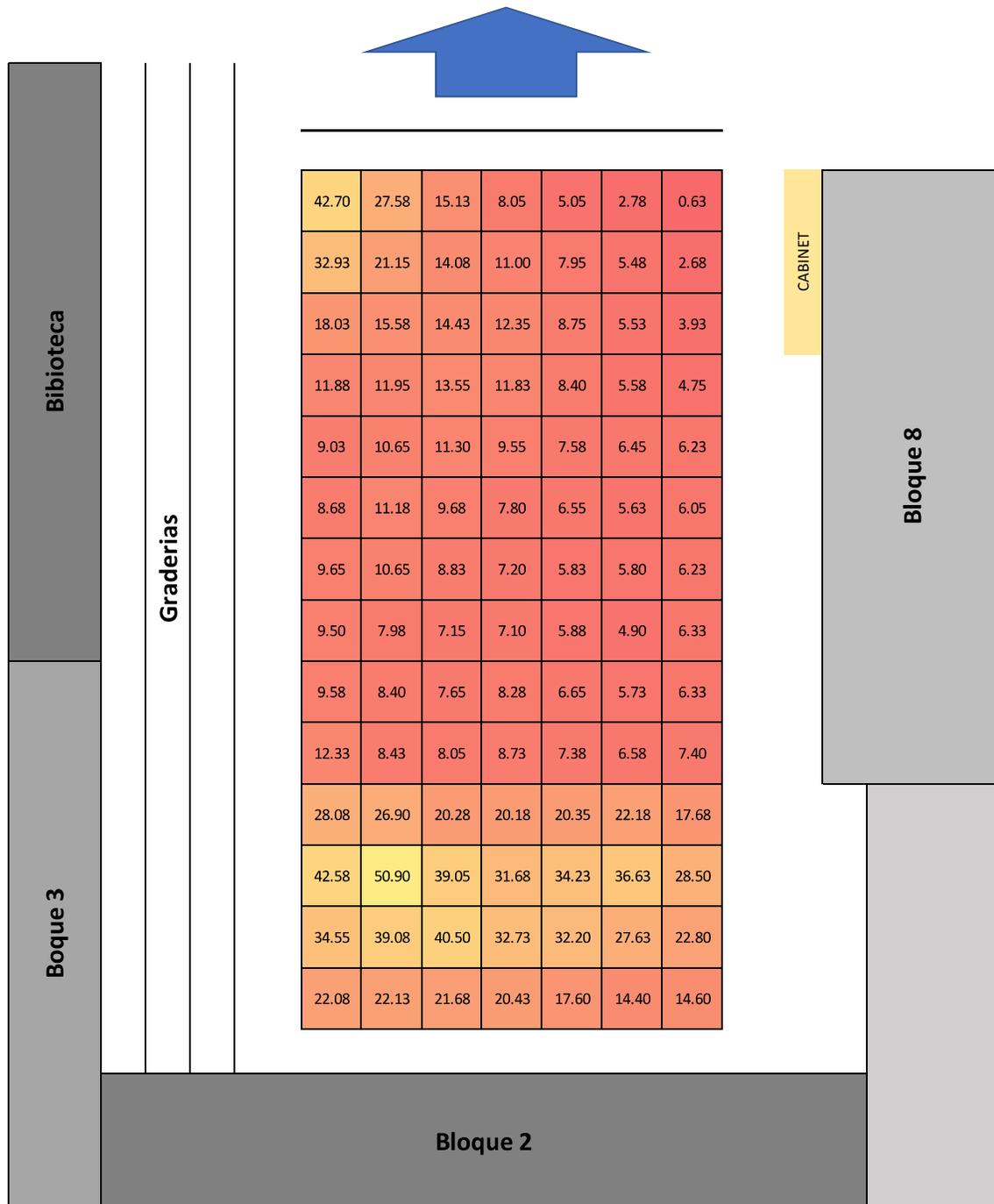
Fuente: Propia

La medición del nivel de iluminancia en luxes, del sistema original del campo deportivo se realizó con el Luxómetro ERASMUS EL-20. Como resultado se obtuvieron niveles de iluminancia por debajo del nivel recreativo de 50 a 60 luxes; en cuanto a la uniformidad lumínica en las diferentes zonas, fue posible determinar que la relación era bastante alta, lo cual hace que se creen sombras y no permite la apreciación correcta de las distancias y los colores.

En la figura 9 se puede apreciar los valores lumínicos obtenidos, donde es evidente la deficiencia que existe con el alumbrado que originalmente estaba instalado en el área de interés del proyecto. Las lámparas usadas en el sistema actual son de vapor de mercurio de alta presión, caracterizadas por tener una vida útil muy larga, pero requieren de un manejo adecuado por el mercurio que usa para generar la luz. Tienen como desventaja que no tienen sistema de encendido inmediato, por lo cual requieren

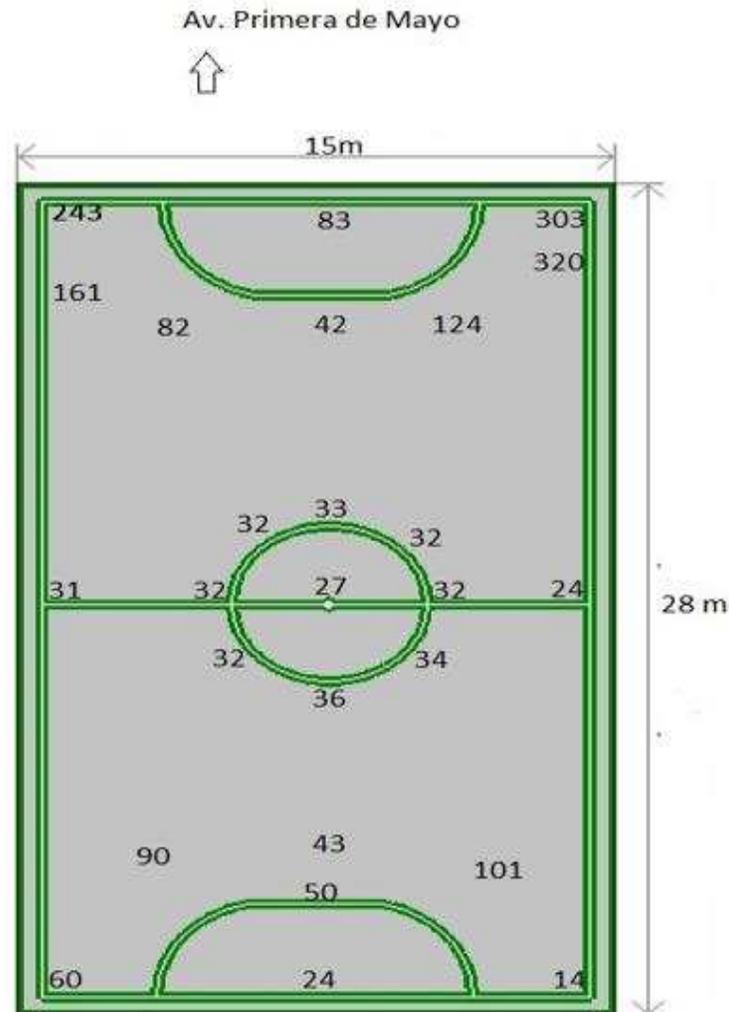
de unos minutos para que la luz se suministre a plenitud partiendo de un color azul verdoso hasta llegar a una tonalidad blanca, con una potencia de 200 vatios.

Figura 9. Matriz de las mediciones obtenidas con el sistema de alumbrado original
Avenida Primera de Mayo



Fuente: Propia

Figura 10. Matriz de datos obtenidos con las nuevas luminarias LED



Fuente: propia.

Posteriormente, una descarga eléctrica afectó a las luminarias originales por lo cual la parte administrativa de la UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO sede sur tomó la decisión de cambiar las luminarias. Las nuevas luminarias instaladas son de tecnología LED, cada una de 200 vatios. En una inspección realizada al trabajo realizado por la empresa contratada, se evidencia que únicamente se reemplazaron las lámparas, pero el resto del sistema (circuito, dispositivos de control, empalmes) no fueron corregidos y los nuevos empalmes fueron realizados con cinta aislante aun cuando estos se encuentran expuestos a la intemperie, tal como se aprecia en la

figura 11. La norma NTC 2050, en el numeral 110-14, indica los tipos de conexiones y empalmes permitidos (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1998).

Figura 11. Evidencia de empalmes en cinta en la instalación de las nuevas lámparas LED



Fuente: Propia.

En lo que respecta a la iluminancia, es evidente una mejora debido al tipo de tecnología y a la potencia de las luminarias instaladas (ver figura 12), pero se entiende que, a simple vista, es una evaluación subjetiva; para confirmar que realmente cumple con la normativa establecida en el RETILAP fue necesario realizar las mediciones a lo largo y ancho del área deportiva.

Al realizar las mediciones con el Luxómetro ERASMUS EL-20, fue evidente que la actualización del alumbrado cumple con los parámetros de iluminancia horizontal en lugares muy cercanos a los postes, pero al alejarse de estos los valores decrecen al punto de obtener lecturas de 24 luxes, por lo que se determinó que la uniformidad no cumplía con los requerimientos mínimos establecidos en la norma (ver figura 12).

Figura 12. Percepción subjetiva de la iluminancia con lámparas LED



Fuente: Propia.

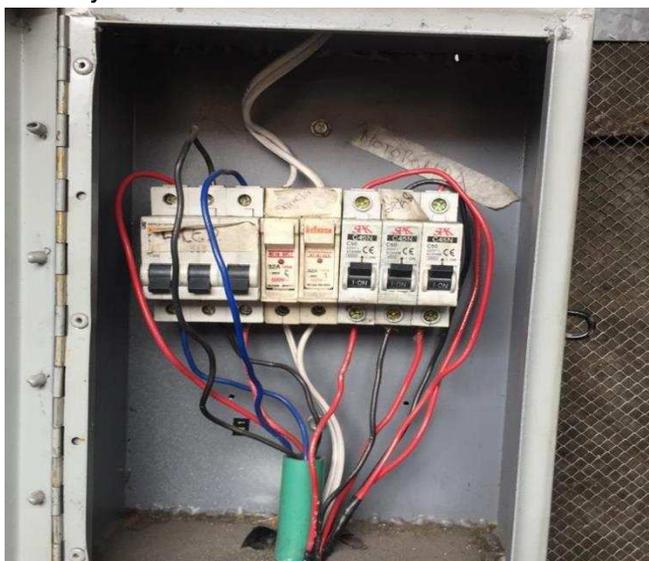
5.3 Instalación eléctrica del sistema de alumbrado original

Dentro de los hallazgos encontrados durante la inspección inicial al sistema de alumbrado original, se encontró que el circuito estaba conectado a una caja identificada como CONTROL DE ARRANQUE DEL VENTILADOR, en la cual también se encuentra conectado el compresor de aire para el uso en los consultorios odontológicos ubicados en el Bloque 8 de la sede sur de la UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO. Debido a este hecho, dicho sistema se ve afectado cada vez que el compresor enciende, y en otras ocasiones el breaker de la caja se abre debido a sobrecarga o desbalanceo de las fases (ver figura 13). La maniobra de encendido y apagado del alumbrado se hace de forma directa manipulando un breaker tripolar.

Por otra parte, y teniendo en cuenta que es muy importante, la instalación no tenía ninguna identificación por código de colores de las fases de entrada del sistema eléctrico, como se establece en la NTC 2050 numeral 215-8, ni es evidente una

correcta puesta a tierra del sistema de distribución y control de dicha instalación (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1998).

Figura 13. Estado de la caja de distribución de sistema de iluminación y compresor



Fuente: Propia.

Como se puede apreciar en la figura anterior, la instalación eléctrica no cumple con los parámetros mínimos de seguridad tanto para el circuito como para el operario. Es evidente que varios de los conductores han sufrido cortes por el contacto directo con la caja y es muy posible que se haya producido corto circuitos en esos puntos. En lo que respecta a circuito del alumbrado, el cual está identificado como LUCES, se confirma que los conductores se encuentran protegidos por tubería de PVC, pero no cuenta con a seguridad necesaria establecida en la NTC 2050 numeral 410-28 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1998).

Adicionalmente, se realizó la inspección de la caja de distribución principal de donde se conecta el circuito que alimenta el compresor y las luces. Se pudo evidenciar que, a parte de los circuitos mencionados, también se encuentra conectado un circuito para una motobomba (ver figura 14).

Figura 14. Caja de distribución principal



Fuente: Propia

5.4 Parámetros para el nuevo diseño

Para determinar los parámetros del nuevo diseño, se le solicitó al departamento de Bienestar Estudiantil cuál es el objeto final del área en la que se desarrollaría el proyecto. En respuesta a nuestra solicitud, se recibió un oficio donde se indicaban que en el área en cuestión se desarrollan actividades tanto deportivas como recreativas y culturales (Ver Anexo A).

Con base en la respuesta dada, se verificó en el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, en lo que respecta a los requisitos lumínicos mínimos establecidos para ese tipo de espacio, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

1. El área esté o no cubierta.

2. Las dimensiones de las áreas circundantes de la cancha.
3. La iluminancia horizontal necesaria para un campo deportivo determinado depende de:
 - a. El nivel de competencia previsto para la cancha (recreativa, entrenamiento, torneos o profesional).
 - b. El tipo de juego, que a su vez determina la velocidad y tamaño de la pelota, el movimiento de los deportistas y la distancia entre éstos y la pelota durante el juego.

De acuerdo RETILAP, para espacios deportivos se establece una medida mínima de iluminancia horizontal en luxes y la relación de uniformidad, la cual se debe aplicar dependiendo de la calidad del escenario, el costo del proyecto, el uso real en torneos, competencias o entrenamientos (Ministerio de Minas y Energía, 2009). Estos parámetros están listados en la tabla 3.

Tabla 3. Niveles de iluminancia horizontal por tipo de juego y nivel de competencia

Deporte	Nivel de juego [lux]			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: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP. p. 186

Como el área está destinada mayormente a la práctica de microfútbol y de baloncesto, de forma recreativa o de entrenamiento, se estableció como parámetro mínimo iluminancia horizontal de 100 luxes para toda el área de la cancha y áreas circundantes no mayores a un metro desde las líneas demarcadas para las bandas laterales y en cada uno de los arcos.

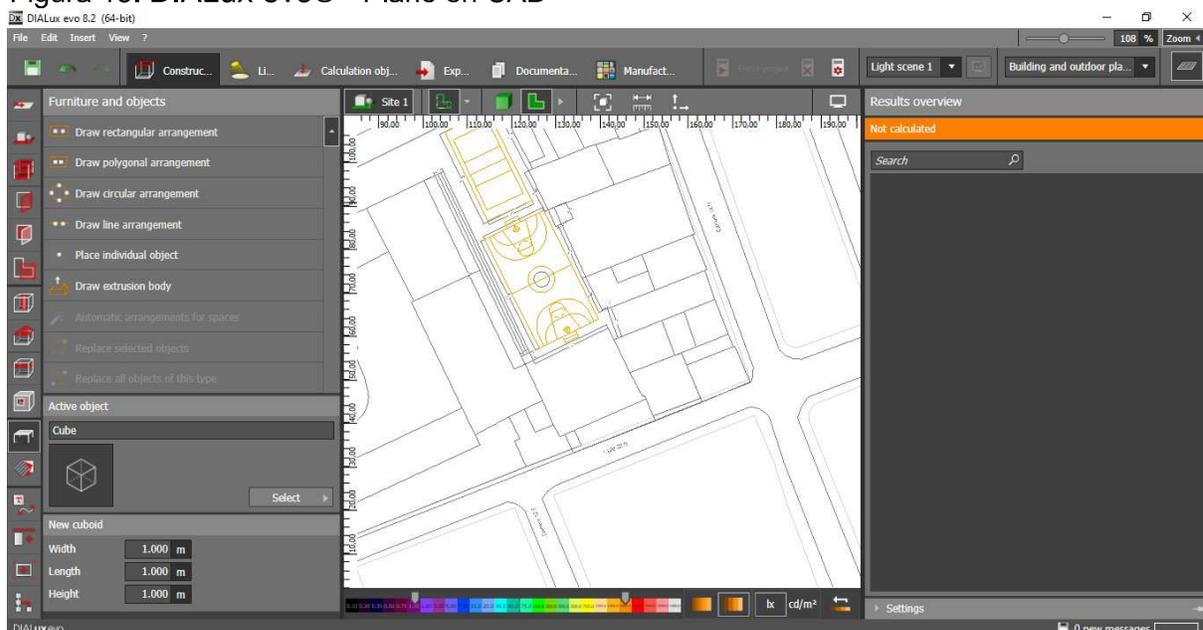
Por otra parte, la instalación eléctrica debe cumplir a cabalidad con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), en el cual se establece los requisitos que deben cumplir los materiales, equipos e instalaciones, así como la obligatoriedad de evaluar los riesgos de origen eléctrico y tomar las medidas necesarias para evitar que tales riesgos se materialicen en incidentes o accidentes; el conocer y acatar tales requisitos será la mejor opción de aprovechar las ventajas de la electricidad, sin que esta cause daños a las personas ni a las instalaciones (Ministerio de Minas y Energía, 2015).

En el circuito eléctrico del sistema de iluminación original se encontraron varias anomalías que van en contra de los objetivos del RETIE, por lo cual se determinó implementar un circuito nuevo que cumpla con todos los requerimientos establecidos, además de facilitar la operación del encendido y apagado del nuevo sistema de iluminación.

6. Diseño del nuevo sistema de iluminación

Partiendo de las mediciones realizadas al área deportiva, mencionadas en capítulo 6, fue posible realizar un plano de dicha área con ayuda de software CAD, el cual fue utilizado en el software de simulación DIALux evo®, y así poder determinar la cantidad de luminarias a utilizar, la mejor disposición alrededor del área deportiva y la potencia necesaria de cada una de éstas, con el fin de cumplir con los parámetros establecidos por la norma RETILAP (ver figura 15).

Figura 15. DIALux evo® - Plano en CAD



Fuente: Propia.

6.1 Diseño y simulación del nuevo sistema de iluminación

Teniendo definida el área representada en un plano CAD, se procedió a realizar la simulación en el software, teniendo como parámetro inicial el nivel de iluminancia horizontal requerido de 100 lux, variando la cantidad de luminarias y la ubicación de cada una de éstas, utilizando las características de lámparas LED de 200 vatios.

6.1.1 Parámetros de la simulación

Para una simulación exitosa, no solamente es necesario establecer las luminarias a utilizar, la cantidad y la disposición, sino que también se requieren otros parámetros matemáticos y de mantenimiento para que los resultados de la simulación se aproximen lo más posible a la realidad. En la tabla 4 se listan los parámetros generales seleccionados para la simulación.

En la tabla 5, se puede observar los resultados consolidados de la simulación respecto a los valores de iluminancia obtenidos (ver figura 16).

Tabla 4. Parámetros generales para la simulación

Parámetros generales	
Algoritmo de cálculo	Parte indirecta media
Altura de la superficie de valoración	0.00 m
Altura (Centro fotométrico)	5.99 m
Factor de mantenimiento	0.80
Flujo luminoso total de lámparas	144006 lm
Potencia Total	1266 W
Potencia total por superficie (420 m ²)	3.014 W/m ²

Fuente: Propia.

El software DIALux utiliza varios métodos para realizar los cálculos de iluminación entre ellos el de radiosity, el cual aplica el método de elementos finitos para resolver escenas donde hay superficies que reflejan la luz de forma difusa. También es posible utilizar el "adaptive

meshing", con el cual se asegura que las superficies no se dividen estáticamente dentro de rejillas fijas, sino que se dividen muy finamente donde surgen grandes diferencias en la iluminancia. En referencia al Algoritmo de cálculo, parte indirecta media, el software realiza los cálculos basados en incidencias directas sobre la superficie analizada y determina la cantidad de incidencia indirectas, y con parte de estas últimas realiza cálculos adicionales para determinar las iluminancias medias en los diferentes puntos de muestreo.

Altura de la superficie de valoración indica la altura a la cual se va a realizar el cálculo, al cual se debe garantizar el nivel de iluminación de 100 lux; para este caso se realiza a nivel del suelo.

El centro fotométrico indica la altura a la cual se deben ubicar las lámparas, respecto a la superficie a iluminar.

El factor de mantenimiento es un valor usado para el cálculo de la luminancia e iluminancia después de un período dado y en circunstancias preestablecidas por el fabricante de la luminaria y las condiciones ambientales estándares.

Tabla 5. Resultados de iluminancia

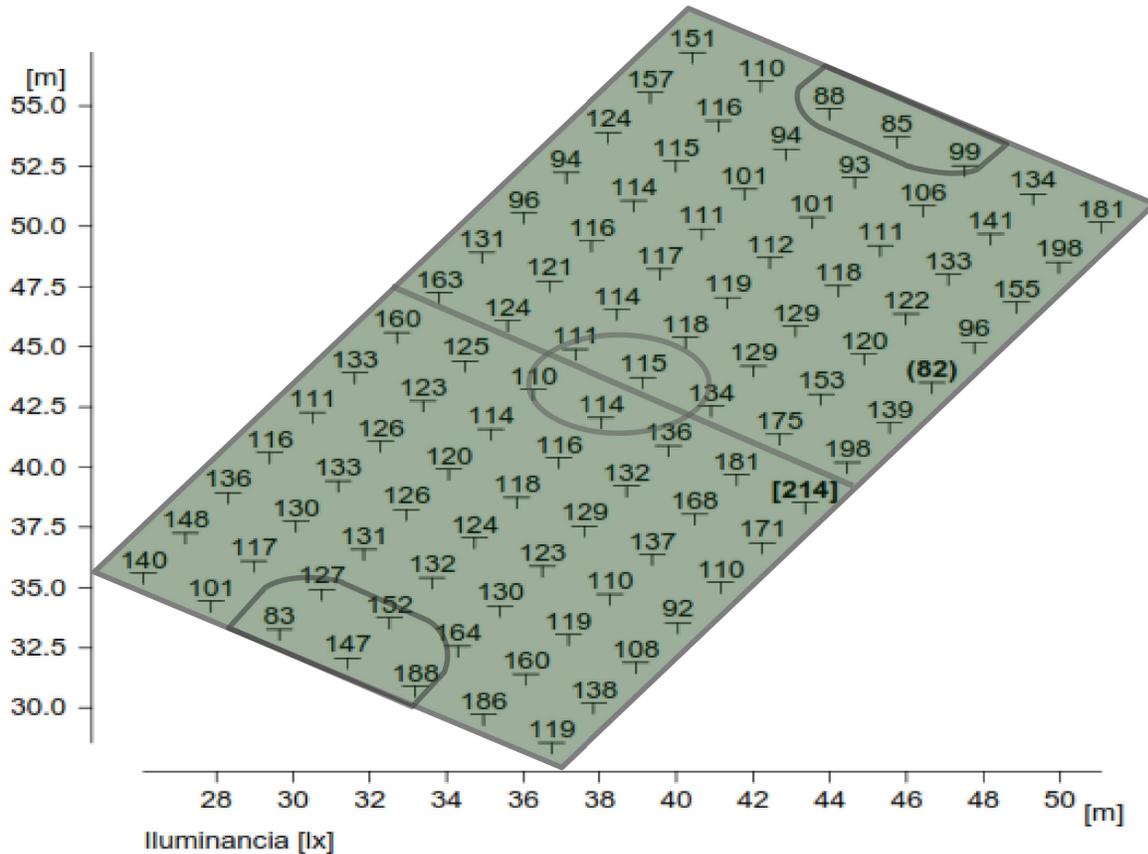
Iluminancia		
Iluminancia media	E_m	128 lx
Iluminancia mínima	$E_{mín}$	82 lx
Iluminancia máxima	$E_{máx}$	214 lx
Uniformidad U_o	$E_{mín}/E_m$	1.91:3
Uniformidad U_d	$E_{mín}/E_{máx}$	1.15:3

Fuente: Propia

El factor de uniformidad de iluminancia general (U_o) se refiere a la relación que existe entre la luminancia mínima y la luminancia promedio sobre la superficie analizada y el factor de

uniformidad de distribución (U_d) se refiere a la relación que hay entre la iluminancia mínima y la máxima sobre dicha superficie.

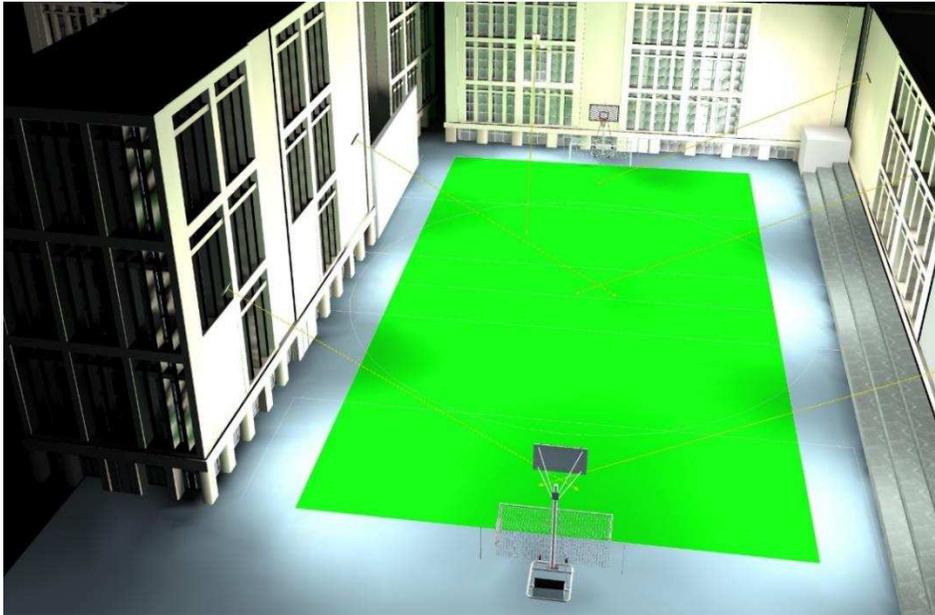
Figura 16. Iluminancia calculada por la simulación en el área deportiva



Fuente: Propia

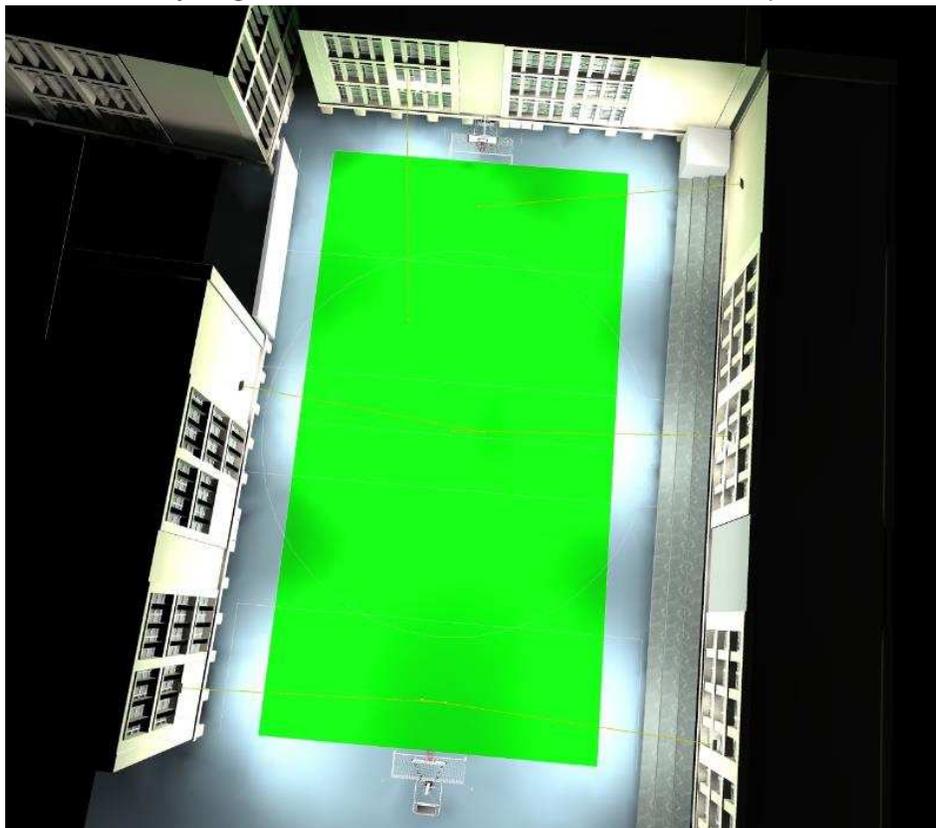
Las figuras 17 y 18 ilustran como estarían dispuestas las seis (6) luminarias y los ángulos de incidencia de cada una de estas para optimizar la uniformidad de la iluminancia horizontal.

Figura 17. Distribución y ángulos de incidencia de las luminarias - Lateral



Fuente: Propia

Figura 18. Distribución y ángulos de incidencia de las luminarias - Superior

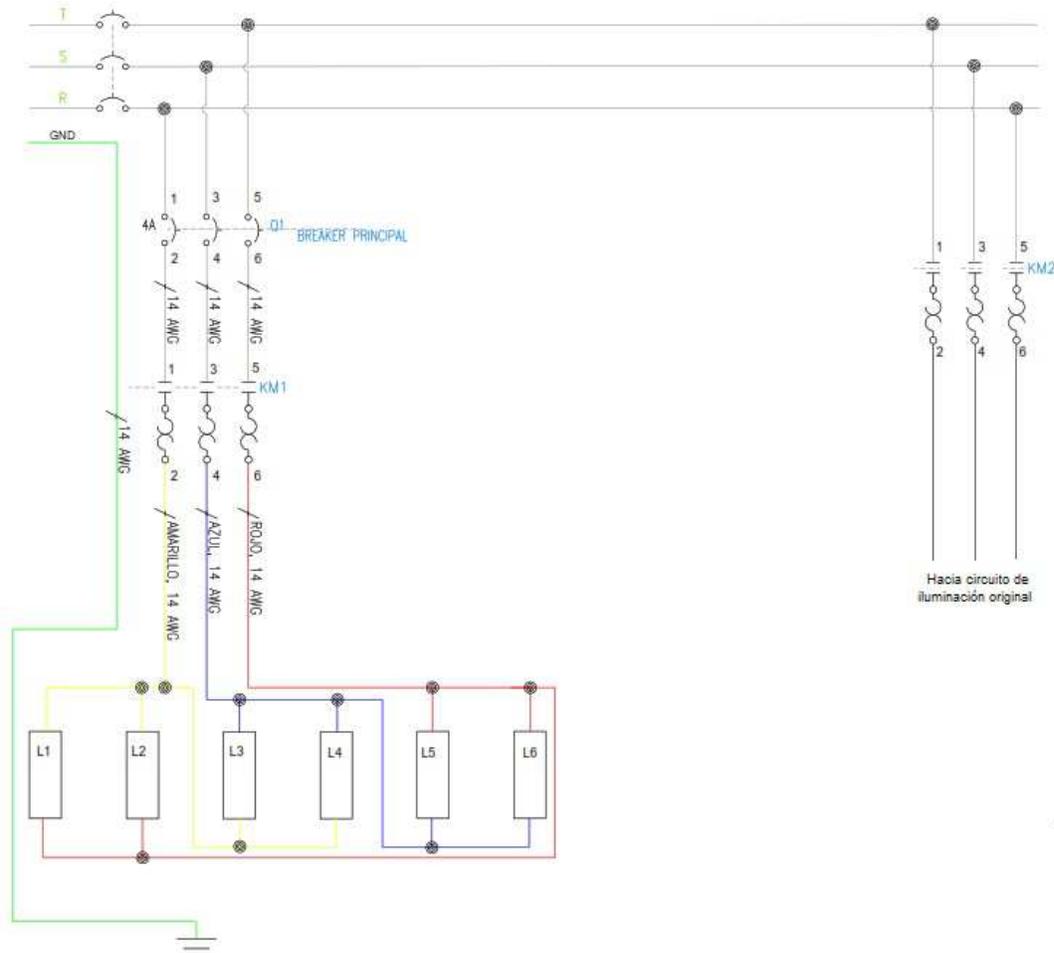


Fuente: Propia

6.2 Circuito eléctrico

Tal y como se vio en la sección anterior, el software DIALux evo® permitió determinar las luminarias necesarias para satisfacer la necesidad de iluminancia del campo deportivo dando como resultado la utilización de seis luminarias SYLVANIA® Jeta Pro de 200 vatios, y partiendo de estos parámetros se realizó el diseño del sistema eléctrico que alimente dichas luminarias.

Figura 19. Diagrama circuito luminarias

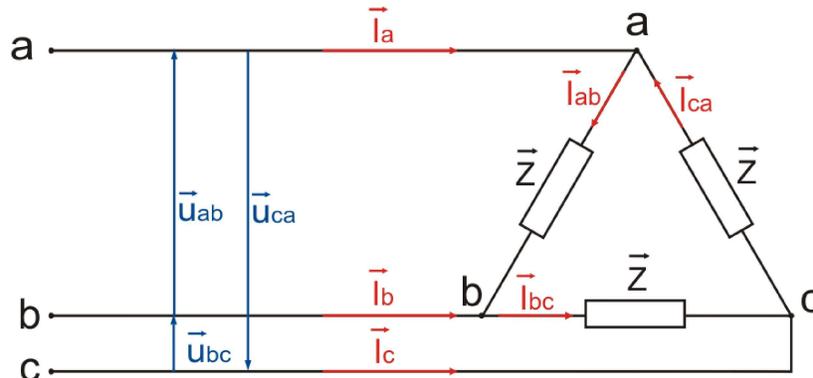


Fuente: Propia

La potencia total calculada por la simulación es de 1266 vatios, para un total de seis (6) luminarias LED de 211 vatios cada una y el voltaje de alimentación para el sistema

es trifásico de 208 voltios línea-línea. Se utilizaron las tres fases y se realizó balanceo entre fases conectando dos (2) luminarias entre fases, de forma que las cargas queden en Delta (ver figura 20).

Figura 20. Conexión en Delta para cargas simétricas



Fuente: http://www.proyecto987.es/pictures/receptores_estrella_equilibrado_2.PNG

Teniendo en cuenta que cada carga ubicada en cada uno de los ramales estará conformada por dos (2) luminarias de 211 vatios (valor calculado por la simulación), se tendrían en cada ramal una carga de $P_Z = 422W$. El factor de potencia de cada lámpara LED, según la ficha técnica, es de 0,9 (ver Anexo B). Entonces, para determinar la corriente:

$$P_{Z1} = P_{Z2} = P_{Z3} = 422W \quad 7.1$$

Como $P_Z = V \times I_Z \times FP$, entonces

$$I_F = I_Z = \frac{422 W}{208 V \times 0.9} = 2.2542 A \quad 7.2$$

Como se vio en la ecuación 7.1, las cargas están balanceadas, entonces las corrientes $I_{Z1} = I_{Z2} = I_{Z3}$, por lo cual se puede calcular la corriente de fase, partiendo de resultado obtenido, así:

7.3

$$I_L = I_Z \times \sqrt{3} = 2.2542 \times \sqrt{3} = 3.9043 \text{ A}$$

Con el resultado obtenido de la operación anterior y aplicando el factor de seguridad establecido en la norma, se obtuvo el requerimiento de la carga y a su vez se seleccionó el breaker de protección y los dispositivos de control.

$$I_{L.Correctado} = I_L \times 1.25 = 3.9043 \times 1.25 = 4.8804 \text{ A} \quad \mathbf{7.4}$$

Con este resultado se seleccionó la protección termomagnética de 6 amperios, la cual es la capacidad comercial disponible más cercana a la carga calculada.

A continuación, se detalla el análisis del circuito a implementar. Se tiene como dato inicial 422 vatios para cada ramal y un factor de potencia de 0.9 proporcionado por el fabricante.

Como

$$\cos \theta = \frac{P}{S} \quad \mathbf{7.5}$$

Donde P = Potencia activa se mide en Watios

S = Potencia Aparente se mide en VA

$\cos \varphi$ = Factor de Potencia = 0.9.

Se halló la potencia aparente S ,

$$S = \frac{422 \text{ W}}{0.9} = 468.89 \text{ VA}$$

Con estos datos obtenidos se puede determinar la potencia reactiva así:

$$\sin \theta = \frac{Q}{S} \quad \mathbf{7.6}$$

Partiendo del $FP = 0.9 = \cos \theta$

$$\theta = \cos^{-1} 0.9 = 25.84193^\circ$$

Entonces,

7.7

$$Q = S \times \sin 25.84193^\circ = 204.3838 \text{ VAR}$$

Con el valor obtenido de Q se procedió a determinar la impedancia partiendo de la fórmula:

$$Z = \frac{V \angle \theta_V}{I \angle \theta_I} = \frac{208V \angle 0^\circ}{2.2542 \angle 25.84193^\circ} = 92.26933\Omega \angle -25.84193^\circ \quad \mathbf{7.8}$$

La cual es la impedancia que se presenta en cada ramal del circuito.

6.2.1 Dimensionamiento de los conductores

Teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en la norma RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2015) y la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1998), y a su vez, el dato de la corriente calculada en la ecuación 7.4, es posible determinar, para efectos del diseño, el tamaño del conductor como se explica a continuación:

Caída de tensión

Según se establece en la NTC 2050 numeral 215-2 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1998), para sistemas de iluminación, es permisible una caída de tensión máxima del 3% del voltaje nominal. Ahora bien, teniendo en cuenta que la distancia mayor desde el gabinete de interconexión y control es de aproximadamente

80 metros, se puede calcular que la caída de tensión máxima, con el conductor 14AWG; partiendo de los valores de la resistencia y la reactancia disponibles en la Tabla 9 de la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1998), se puede determinar la carga Z_{Eficaz} para el conductor seleccionado, así:

$$Z_{Eficaz} = R \cdot FP + X_L \cdot \text{sen } \theta \quad \mathbf{7.9}$$

donde

$$\cos \theta = FP = 0.9 \Rightarrow \theta = \cos^{-1} FP = 25.84193^\circ \quad \mathbf{7.10}$$

Entonces, reemplazando los valores de R y X_L , de la Tabla 9 de la NTC 2050 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 1998), en la ecuación 7.9, se obtiene:

$$Z_{Eficaz} = 10.17 \Omega/km \cdot 0.9 + 0.190 \Omega/km \cdot \text{sen } 25.84^\circ = 9.2358 \Omega/km \quad \mathbf{7.11}$$

Ahora, con los datos obtenidos de corriente en la ecuación 7.4 y la carga eficaz en la ecuación 7.7, es posible determinar la caída de tensión:

$$\Delta V_{3\phi} = Z_{Eficaz} \cdot l \cdot I_R \cdot \sqrt{3} = 9.2358 \Omega/km \cdot 0.08km \cdot 4.8804 A \cdot \sqrt{3} = 6.24V \quad \mathbf{7.12}$$

$$\%Regulación = \frac{\Delta V_{3\phi}}{V} \cdot 100\% = \frac{6.24V}{208V} \cdot 100\% = 3.00\% \quad \mathbf{7.13}$$

Con el resultado obtenido de regulación se comprueba que la caída de tensión no sobrepasa el 3% que establece la norma.

6.3 Circuito de control

Ya que como objetivo del diseño era hacer un sistema de iluminación que cumpliera con toda la normatividad vigente, enfocado en la seguridad tanto para los equipos como para los usuarios, se decidió hacer un circuito de control que permita que la maniobra y uso del nuevo sistema de iluminación fuera lo más fácil y seguro para los estudiantes.

El circuito de control tendrá un control de fácil acceso para el encendido y apagado, además que tendrá dispositivos que evitaren el uso del sistema de iluminación durante el día.

Adicionalmente, se incorporará un circuito de control de encendido y apagado para el circuito de alumbrado ya existente, con el fin de hacer más seguro la operación de dicho circuito si la necesidad de acceder al área de los compresores ni al tablero de distribución eléctrica dentro de este último. El diagrama del circuito de control se puede observar en la figura 21.

Teniendo en cuenta que la corriente de 4.8804 amperios demandada por el circuito de potencia, se determina utilizar el contactor Schneider LC1D09M7, el cual tiene una capacidad de 9 amperios a 220 voltios, siendo el de menor capacidad disponible en el mercado. Adicional a esto su bobina de control funciona, igualmente, a 220 voltios, con una potencia máxima de funcionamiento de 70 voltamperios.

$$I = \frac{S}{V} = \frac{70}{220} = 318 \text{ mA}$$

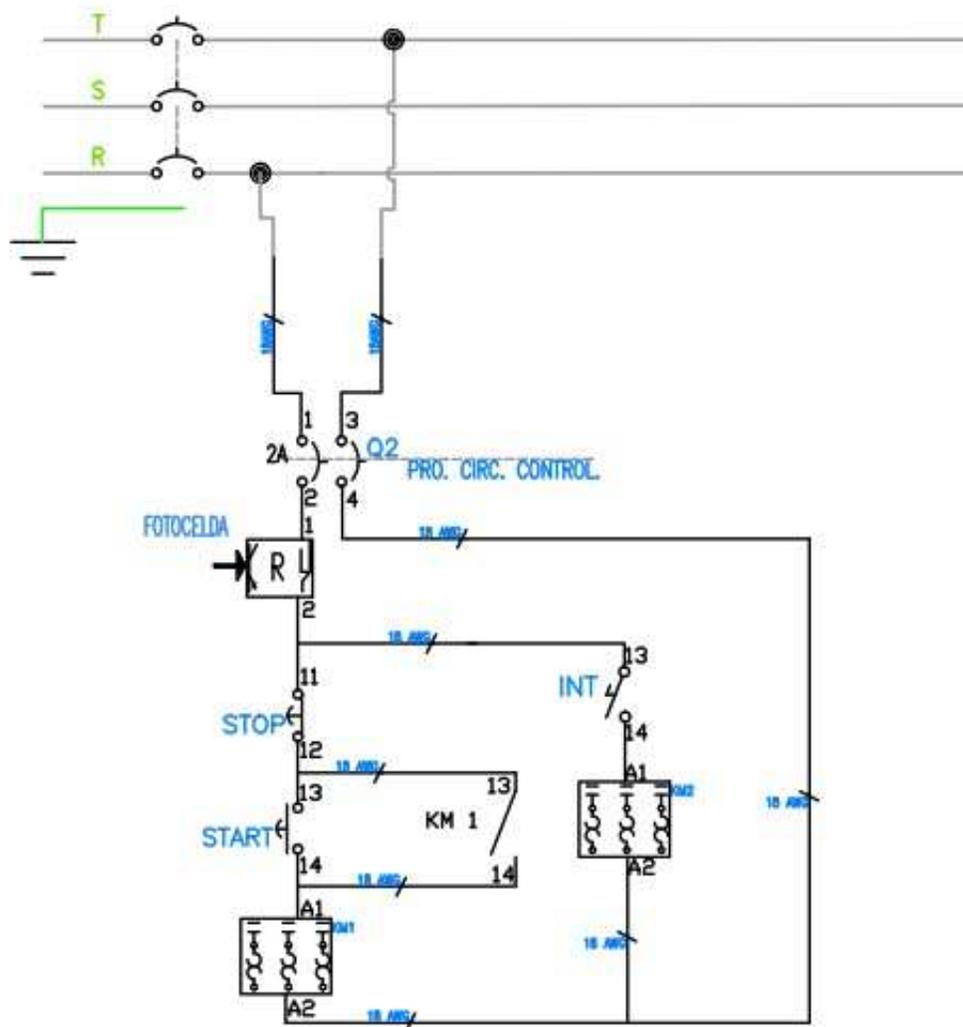
El circuito de control utiliza 2 contactores por lo tanto la corriente máxima es de 636 miliamperios.

$$I_{\text{Corregida}} = I \times 1.25 = 636 \text{ mA} \times 1.25 = 795 \text{ mA}$$

Por lo tanto, se seleccionó un breaker bipolar de 1 amperio, marca Schneider de referencia A9F74201.

Respecto al cableado de control se utilizaría cable 18AWG tipo vehicular el cual soporta hasta 10 amperios, y por su flexibilidad es ideal para señales de control.

Figura 21. Diagrama circuito de control



Fuente: Propia

7. Resultados y análisis

De acuerdo a las mediciones realizadas con el sistema de luminarias haluro metálico, y las de tecnología led las cuales fueron instaladas después de la descarga eléctrica por lluvias fuertes, resulta posible estimar una serie de resultados mediante los cuales de manera objetiva es posible dar un análisis general antes y después del diseño propuesto en aspectos tanto de ámbito eléctrico como de iluminación arquitectónica. El área total del escenario recreo-deportivo es de 420 m². Sobre este escenario fueron realizadas un total de 98 mediciones de iluminancia con el ánimo de estimar un promedio general de todo el espacio deportivo. Estas mediciones fueron realizadas aproximadamente a las 9 pm de la noche.

7.1 Escenario Inicial

Luminarias Instaladas: 4 luminarias de Haluro metálico de cuarzo con lámpara exterior transparente. Los datos y características específicas de este tipo de lampara se pueden verificar en el Anexo C.

Mediciones realizadas por metros cuadrados $\frac{420 \text{ m}^2}{98 \text{ mediciones}}$, lo que es medición cada 4.3m².

Promedio iluminancia sobre el área total:

$$\frac{1446.92 \text{ Lux}}{98 \text{ mediciones}} = 14.76 \text{ Lux}$$

Iluminancia por luminaria de acuerdo a hoja técnica de las lámparas haluro metálico es de 32000 Lm.

RESULTADOS:

$$\text{Flujo luminoso total instalado: } 4 \text{ luminarias} = 128000 \text{ Lm}$$

$$\text{Eficiencia lumínica} = 32000 \text{ Lm}/385\text{watt} = 83.14 \text{ Lm/watt}$$

Ángulo sólido estimado (120 Grados); Convirtiendo 120 grados a estereorradianes así:

$$2\pi (1 - \cos (\theta/2)) = Sr$$

$$2\pi (1 - \cos (120/2)) = Sr$$

$$2\pi (0.5) = 3.14 Sr$$

A partir del flujo luminoso en lúmenes que puede suministrar cada luminaria de haluro metálico. Es decir (32000 lúmenes), y del ángulo sólido por medio del cual se desplaza dicho flujo (3.14 Sr) resulta posible determinar la Intensidad luminosa de la siguiente manera:

$$\text{Intensidad Luminosa (I)} = (32000 \text{ Lm}/3.14 \text{ Sr}) = 10200 \text{ Cd.}$$

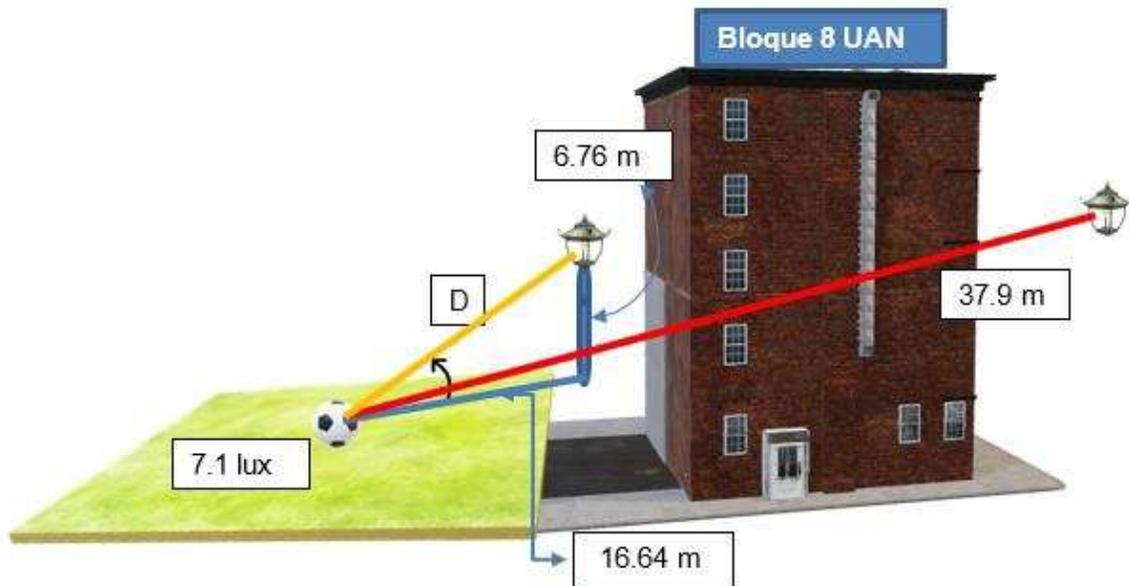
$$\text{Iluminancia (E)} = \text{Intensidad Luminosa} / D^2$$

$$\text{Distancia teórica } D = \sqrt{\frac{10200 \text{ Cd}}{7.1 \text{ Lux}}} = 37.9 \text{ m}$$

$$\text{Distancia Real} = 16.64^2 + 6.76^2 = D^2$$

$$\text{Distancia Real} = 17.96 \text{ m} = D$$

Figura 22. Iluminancia estimada de las lámparas de Haluro Metálico



Fuente: Propia.

ANÁLISIS:

La eficiencia lumínica de una luminaria de haluro metálico, aun cuando ofrece un mayor valor de flujo luminoso (32000 lm), desaprovecha de sobremanera esta propiedad al tener un ángulo sólido mayor al de las luminarias led, lo cual reduce de forma significativa su intensidad lumínica.

Aun cuando el flujo luminoso es mayor en la luminaria de haluro metálico, es importante mencionar en términos económicos que el consumo de potencia de esta luminaria está muy por encima de las luminarias LED con una eficiencia energética de 83.14 lm/watt frente a los 113 lm/watt de una luminaria LED. (Luminaria LED es 36% más eficiente).

A pesar de que la luminaria en teoría tiene la capacidad de entregar 10200 Candelas, tras realizarse los cálculos pertinentes de Iluminancia fue posible descubrir que en el punto central de la cancha la medición de iluminancia horizontal medida fue de 7.1 Lux; Es decir es como si la luminaria no se encontrase realmente a 16.64 m (D) de distancia, sino a una distancia mucho más lejana (37.9 m).

El ubicar los postes de luz tan cerca de la cancha produce que dos de las 4 esquinas de la cancha presenten los niveles más altos de iluminancia al estar casi justo encima a estas áreas. No obstante, si se formara un triángulo rectángulo con una altura estimada del poste (5.6 m) x 1.5 m de base (distancia a la esquina), la distancia, desde la fuente lumínica hasta el punto de referencia, obtenida tendría un valor de (5.8m). para esta esquina una luminaria de Haluro metálico de 10200 candelas debería estar suministrando una Iluminancia de:

$$\text{Iluminancia } (E) = \text{Intensidad Luminosa} / D^2$$

$$\text{Iluminancia } (E) = 10200\text{Cd} / (5.8\text{m})^2 = 303 \text{ Lux}$$

Partiendo del resultado anterior, y considerando los valores de la figura 9 en los que los valores máximos de iluminancia se encuentran en las dos esquinas más iluminadas, no superan los 50 Lux, es posible concluir que estas luminarias no estaban ni siquiera al 50 % de su capacidad, posiblemente tras haber superado el nivel de horas de vida útil (20000 horas), y otros factores que generan desgaste constante como el polvo y el agua.

En términos ambientales las luminarias de Haluro metálico debido a su contenido de mercurio, argón y haluros metálicos, representan un mayor y más frecuente riesgo ecológico puesto que su disposición se debe hacer a las 30 mil horas antes de que lo haría una luminaria LED.

7.2 Escenario actual

Luminarias Instaladas: 4 luminarias de LED 250 Watts (No hay ficha técnica disponible).

Para mediados de febrero se informa por parte de la UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO, que una descarga eléctrica por fuerte tormenta averió por completo las 4 luminarias de Haluro Metálico, por lo cual, y desconociendo los avances del presente proyecto, fueron sustituidas por 4 luminarias LED.

Los cálculos estimados, junto con los resultados y análisis solo fueron posibles gracias al levantamiento de los planos arquitectónicos por medio de fotografías satelitales, y de 26 medidas de iluminancia en puntos estratégicos del escenario deportivo considerando que solo podría ingresar a la universidad un estudiante una sola vez, por un periodo no mayor a 1 hora de acuerdo a las normas de bioseguridad establecidas por la Universidad.

Mediciones realizadas por metros cuadrados $\frac{420 \text{ m}^2}{26 \text{ mediciones}} = 1$ medición cada 16.15 m², en puntos fijos del escenario.

Promedio iluminancia sobre el área total: 2085 Lux / 26 mediciones = 80.20 Lux

RESULTADOS:

Flujo luminoso total instalado: 4 luminarias = 96000 Lm

Eficiencia lumínica = 24000 Lm/250 watt = 96 Lm/watt

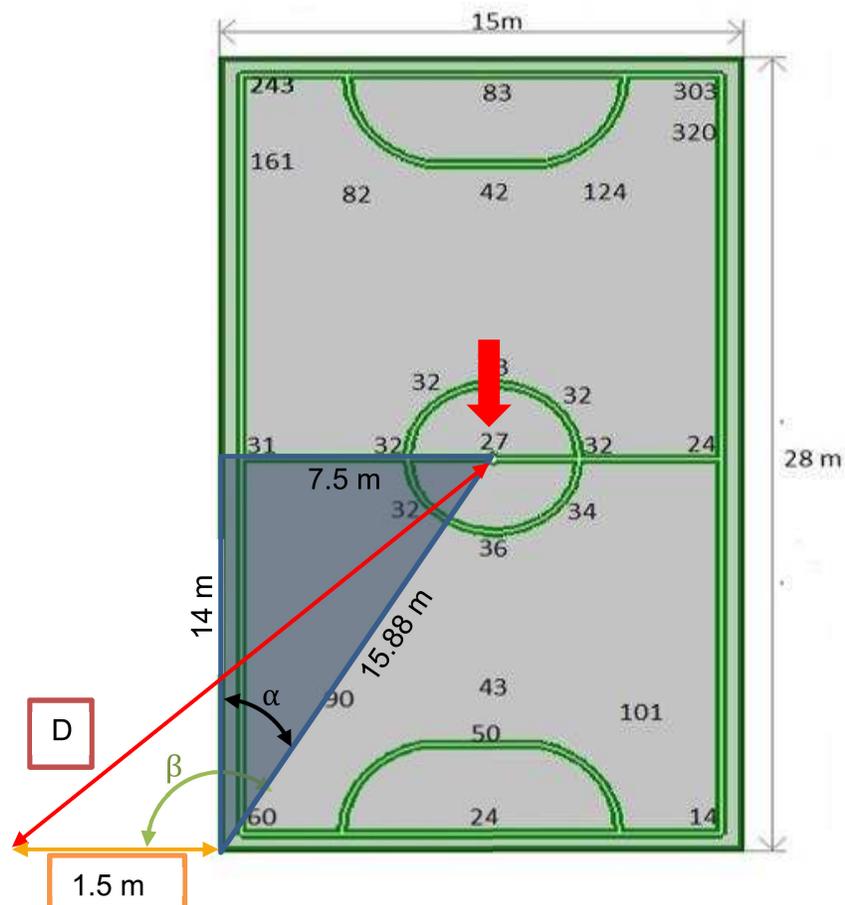
Ángulo sólido estimado (90 Grados); Convirtiendo 90 grados a estereorradianes así:

$$2\pi (1 - \cos (\theta/2)) = Sr$$

$$2\pi (1 - \cos (90/2)) = Sr$$

$$2\pi (0.293) = 1.84 Sr$$

Figura 23. Estimación del ángulo de incidencia con luminaria LED de 250W



Fuente: Propia

A partir del teorema del coseno es posible estimar la distancia existente entre la luminaria LED y el punto central del escenario sobre el cual se toma una medición de Iluminancia de 27 Lux.

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{7.5m}{14m} = 28.18^\circ$$

$$\beta = \alpha + 90^\circ = 28.18^\circ + 90^\circ = 118.18^\circ$$

$$D^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cos \beta = (15.88m)^2 + (1.5m)^2 - 2(15.88m)(1.5m) \cos 118^\circ$$

$$D = 16.64m$$

A partir de esta información podemos estimar cual debería realmente ser el nivel de iluminancia en el punto central de la cancha el cual actualmente es de 27 lux. Es importante aclarar que este valor está aún muy por debajo de lo que la norma establece para este tipo de escenario recreo-deportivo (100 Lux).

$$\text{Intensidad Luminosa (I)} = (24000 \text{ Lm}/1.84 \text{ Sr}) = 13043 \text{ Cd.}$$

$$\text{Iluminancia (E)} = \text{Intensidad Luminosa} / D^2$$

$$\text{Iluminancia (E)} = 13043 \text{ Cd} / (16.64m)^2$$

$$\text{Iluminancia (E)} = 47.10 \text{ Lux}$$

La iluminancia de 47.10 lux es la que debería existir en el centro del escenario con el ángulo de incidencia estimado.

ANÁLISIS:

El actual sistema de iluminación con luminarias LED genera por cada una de ellas un flujo luminoso de 24000 Lm. Sin embargo, es posible apreciar que debido a que su ángulo sólido resulta ser menor, 1.84Sr, la intensidad luminosa se incrementa inclusive con un valor superior al de la luminaria de Haluro metálico, es decir, 13043Cd.

Aun cuando el flujo luminoso es menor en las luminarias tipo LED, es notorio que los valores de iluminancia siempre estuvieron por encima del diseño anteriormente instalado. Aun así, el promedio general (80.2 Lux) también estuvo por debajo de los 100 lux reglamentarios.

El enfoque de las luminarias no fue óptimo puesto que en los lugares centrales del escenario es evidente que la dispersión no alcanzó a superar los 40 Lux a nivel horizontal.

Un buen diseño no siempre está garantizado por tener la mayor cantidad de luminarias, con los más altos niveles de flujo luminoso, si su consumo en vatios está muy por encima del promedio. Por ello la determinación de unos buenos ángulos de incidencia, la altura correcta y su respectiva ubicación espacial son factores iguales o inclusive más importantes.

En el punto medio del escenario el nivel medido fue de 27 Lux. Sin embargo, de acuerdo a los cálculos con una sola luminaria el valor debería ser aproximadamente de 47 Lux. A partir de esto podemos concluir que los ángulos de incidencia sobre el plano horizontal beneficiaron las esquinas sacrificando por completo los puntos centrales.

7.3 Diseño Iluminación propuesto

6 luminarias LED Jeta Pro 200 Watts/ SYLVANIA®. Los datos y características específicas de este tipo de lámpara se pueden verificar en el Anexo B.

Mediante el software DIALux evo®, se realizó la selección de las luminarias, la cantidad, la posición y los ángulos de incidencia para maximizar la homogeneidad en términos de iluminancia; se presentan a continuación los resultados obtenidos:

Valores calculados por metro cuadrado: $\frac{420 \text{ m}^2}{98 \text{ valores calculados}} = 1 \text{ valor calculado cada } 4.3\text{m}^2$.

Promedio iluminancia sobre el área total: $12586 \text{ Lux} / 98 \text{ valores calculados} = 128 \text{ Lux}$

Iluminancia por luminaria de acuerdo a hoja técnica 24000 Lm.

RESULTADOS:

Flujo luminoso total: 6 luminarias = 144000 Lm

Eficiencia lumínica propuesta = 24000 Lm/200 watt = 120 Lm/watt

Ángulo sólido estimado (90 Grados); Convirtiendo 90 grados a estereorradianes así:

$$2\pi (1 - \cos (\theta/2)) = Sr$$

$$2\pi (1 - \cos (90/2)) = Sr$$

$$2\pi (0.293) = 1.84 Sr$$

Altura estimada de diseño= 6.0m

A partir del ángulo sólido y el flujo luminoso es posible determinar la intensidad luminosa que genera cada luminaria así:

$$\text{Intensidad Luminosa (I)} = (24000 \text{ Lm}/1.84 \text{ Sr}) = 13043 \text{ Cd.}$$

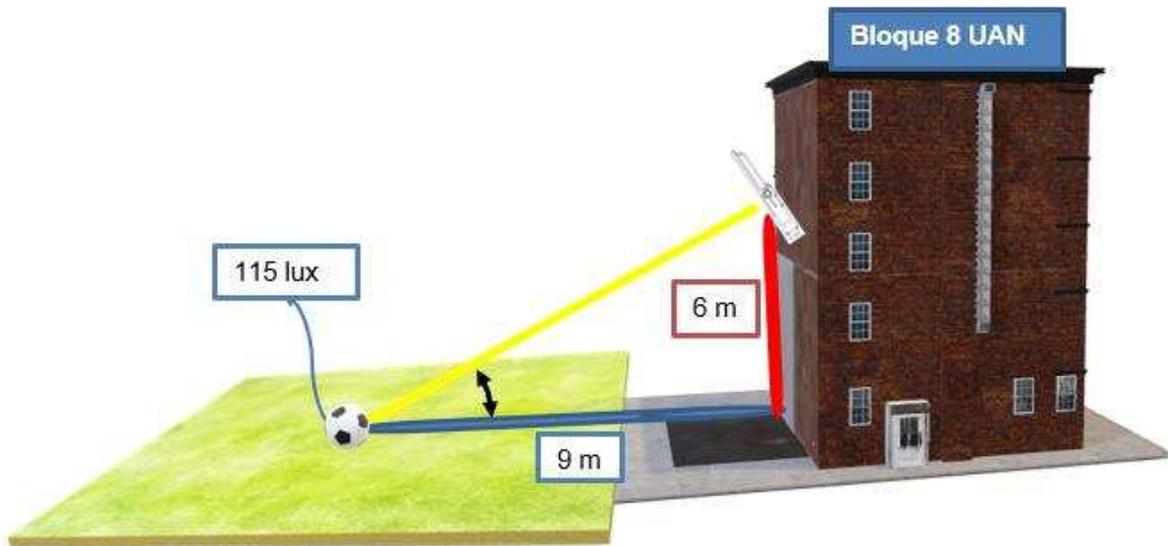
$$D = \sqrt{(6m)^2 + (9m)^2} = 10.81m$$

$$Iluminancia (E) = Intensidad Luminosa / D^2$$

$$Iluminancia (E) = \frac{13043Cd}{(10.81m)^2} = 111.61 Lux$$

Mediante el siguiente cálculo y utilizando la posición de la luminaria # 2 de los planos de AutoCAD (ver plano No. PLCF-SUR-A00, en el Anexo E), a modo de ejemplo, resulta posible calcular cual debería ser el ángulo de inclinación que debería tener sobre la horizontal esta luminaria para satisfacer los 115 lux de iluminancia en la parte central del escenario recreo-deportivo.

Figura 24. Estimación ángulo de incidencia para alcanzar 115Lux en el centro del escenario.



Fuente: Propia.

El ángulo de inclinación estimado, al cual debería ser inclinada la luminaria #2 para satisfacer los niveles de iluminancia en el centro del escenario con un valor estimado de 115 Lux es:

$$\tan^{-1} \frac{6m}{9m} = 33.7^\circ$$

ANÁLISIS:

1. Es posible observar que, aunque la luminaria actualmente instalada es de tecnología LED, y ofrece el mismo valor de flujo luminoso que el que se propone en este diseño, ésta emplea 50 vatios más para lograr los mismos niveles lumínicos. Eficiencia lumínica Instalada = 96 Lm/watt; Eficiencia lumínica propuesta = 120 Lm/watt. Con este sistema de luminarias propuesto se está siendo un 25 % más eficientes.
2. Es evidente que por norma el actual sistema de iluminación no cumple los 100 lux exigidos puesto que tiene un promedio de 82 Lux en toda el área. Con solo agregar dos luminarias más en este diseño y de menor consumo energético, se está alcanzando un nivel de iluminación por encima de los 100 Lux logrando un promedio de 128 Lux en toda el área de 420m².
3. Mediante el sistema de iluminación propuesto se consiguió que la caída de tensión, de acuerdo a la norma NTC 2050 numeral 215-2 no tuviese un porcentaje superior al 3 % reglamentado.
4. Este nuevo diseño evita el encendido innecesario de las luminarias, puesto que fue propuesto un sistema de encendido controlado por fotocelda.
5. Este diseño ya contara con sus respectivos planos de control y potencia; sumado a ello, evitará que el personal encargado del encendido requiera ingresar al cuarto de compresores a encenderlo pues dicha tarea podrá ser realizada externamente.
6. Aun cuando el flujo luminoso es mayor en la luminaria de haluro metálico, es importante mencionar en términos económicos que el consumo de potencia de esta luminaria está muy por encima de las luminarias LED con una eficiencia energética de 83.14 Lm/watt frente a los 113 Lm/watt de una luminaria LED. (Luminaria Led es 36% más eficiente).

8. Plan de ejecución para la instalación del nuevo diseño

Para la implementación del nuevo diseño de iluminación de la cancha de microfútbol/basketbol, se estableció un plan de ejecución, en el cual se describe, en detalle, las tareas y los alcances de cada una de las etapas de la obra, incluyendo los costos asociados.

8.1 Descripción de la Instalación y red de alimentación

Mediante el diseño de iluminación presentado; se tiene adicionalmente por objeto describir cada una de las etapas que serían necesarias para su futura implementación; Además de ello los costos asociados tales como: Materiales y cantidades, costo de recurso humano, renta de equipos para alturas, señalización, herramientas de corte, doblaje, empalme entre otras.

Potencia calculada: 1.2 Kilowatts

Luminarias: 6 Jeta Pro de 200 watts tecnología LED.

8.2 CONDICIONES COMERCIALES

PAGO 100 % ANTICIPADO

El valor de alquiler de los equipos para trabajo en alturas y herramientas de instalación eléctrica por un periodo de 2 días calendario; A partir del día 3 se generará factura día adicional por \$45.000 COP más IVA.

8.2.1 Transporte del Equipo

- El transporte del equipo no está incluido, si este es requerido tiene un costo adicional de \$110.000 el trayecto de envío y \$110.000 el trayecto recogiendo de nuevo los equipos de trabajo.
- El cargue y descargue del equipo en obra Y/o compañía en donde se ha de realizar la entrega y recogida no está incluido en el valor cotizado, este deberá ser realizado por el personal de la compañía (Universidad Antonio Nariño Sede Sur). El conductor de la empresa será el encargado de hacer entrega y recibimiento de equipos en buenas condiciones contra inventario en la puerta del vehículo.
- El cliente debe informar con un mínimo de (2) días de anticipación la devolución del equipo, el cual deberá ser entregado limpio y en el mismo estado en el que fue recibido.

8.2.2 Entrega del Equipo

- Una vez sea confirmado por parte del prestador de servicios el pago por parte del solicitante y la documentación exigida se programará la entrega de los equipos.
- Todos los componentes del equipo para trabajo en alturas se entregan inventariados y debidamente Re misionados.

8.2.3 Devolución del Equipo

- El equipo debe ser devuelto en las mismas condiciones en las cuales fue entregado, libre de cualquier material como pintura, cemento, pegantes etc. El no cumplir cualquiera de estas condiciones imposibilitara recibir el equipo hasta que sea limpiado y vuelto a las condiciones iniciales de entrega.
- El daño parcial, total o extravió de cualquiera de los equipos o elementos de trabajo alquilados, se facturarán a precio de venta vigente.

8.2.4 Documentación exigida persona jurídica (UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO SEDE SUR)

- RUT (Actualizado con la responsabilidad 35 del CREE- mayo 2013)
- Copia de la cedula de ciudadanía del representante legal
- Cámara de comercio no mayor a 30 días de expedición
- Contrato de arrendamiento, pagaré y carta de autorización firmado por el representante legal.
- Orden de compra por el servicio de alquiler, especificando si se tomará el transporte o se recogerá en nuestras instalaciones.
- Formato de creación de clientes firmado por el representante legal.

8.3 Etapa 1: Obras Civiles y de seguridad en el trabajo. Ministerio de Trabajo (Resolución 1409 / 23 julio 2012)

Las obras mencionadas a continuación deberán ser puestas en acción previo montaje:

- Delimitación del área de trabajo de caída mediante cuerdas, cables, vallas, cadenas, cintas, reatas, bandas, conos, balizas, o banderas, de cualquier tipo de material, de color amarillo y negro combinados.
- Delimitación de zona segura para personal externo a la obra aprobada por QHSE.
- Señalización del área como acción preventiva la cual incluye avisos informativos con letras, símbolos gráficos de peligro, caída de personas y/o objetos.
- Verificación de certificados de alturas y Aportes a salud y ARL.
- Verificación visual de todos los equipos de anclaje vertical, líneas de vida & EPI (Elementos de protección individual).
- Verificación de plataformas con barandales y escaleras de acuerdo a la resolución.
- Análisis de riesgo (Matriz) realizada por el coordinador de trabajo en alturas o el responsable del programa de salud ocupacional denominado actualmente

Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST de la empresa contratista.

- Identificar condiciones peligrosas que puedan afectar al trabajador en el momento de una caída, tales como áreas con obstáculos, bordes peligrosos, elementos salientes, puntiagudos, sistemas energizados, máquinas en movimiento, entre otros
- Definir controles de acceso a personal directo de la obra y personal externo a fin de evitar cualquier incidente o accidente.
- Diligenciamiento de permiso de trabajo diario, aprobado por la autoridad competente de la Universidad Antonio Nariño.

8.3.1 Resumen Etapa 1 (SEGURIDAD EN EL ÁREA DE TRABAJO)

Instalación y verificación controles de seguridad

Etapa de verificación por el respectivo ente de control, mediante la cual deberá garantizar que todos los implementos de trabajo, seguridad, marcación de zona segura, permisos de trabajo entre otros. El personal requerido para ésta y las subsiguientes etapas, se encuentra listado en la tabla 6.

Tabla 6. Personal requerido para la Etapa 1

Personal Involucrado	Tareas	Horas Hombre	Altura [m]	Costo Total COP
2 QHSE	Permisos de trabajo	30	N/A	\$ 360.000
2 operadores	Instalación de Conos	36	N/A	\$ 216.000
	Escaleras Telescópicas	36	10 a 15	\$ 120.000
1 técnico Electricista	Revisión Equipos /Instalación	36	N/A	\$ 288.000
TOTAL				\$ 984.000

Fuente: Propia.

8.3.2 Resumen Etapa 2 (INSTALACIÓN LUMINARIAS Y TAREAS ADICIONALES)

Descripción operativa

Para llevar a cabo la instalación de la segunda etapa, de acuerdo a la normatividad es estrictamente necesaria la supervisión directa del personal de seguridad QHSE; Además de ello el técnico electricista y su ayudante deberán portar correctamente todos los elementos de protección individuales durante todo el tiempo que demande la instalación, y tener vigentes sus certificaciones para trabajo en alturas, EPS, ARL, kit para trabajo en alturas, escaleras telescópicas y la debida demarcación del área de trabajo.

La lista de los elementos y materiales necesarios para la instalación del nuevo diseño se puede observar en la tabla 7. Dichos artículos se pueden observar con más detalle en la tabla 8. Es esencial para este proceso conocer, de acuerdo a los planos, la ubicación de cada una de las luminarias (ver Anexo D).

Se dará inicio a la instalación comenzando desde la luminaria más lejana al punto de distribución energético, para finalmente llegar hasta el circuito que albergará el tablero de control. Se recomienda usar chazo plástico de 5/16" y tornillos 10x1-1/2", para fijar las cajas IP65 tipo Rawelt 5800 para tubo de 1/2". Para fijar los tubos, se utilizarán grapas de doble ojo.

Las cajas deben ser de tres (3) salidas con tapa ciega, la entrada de los tubos deberá dejarse con terminación en rosca (Pin) de 1/2", la salida del cable a la lámpara se debe hacer con prensa estopa de 1/2", el empalme interno se requiere ser con Scotchlok (conector de platina), para cables calibre 14 hasta el 18, tres por caja de paso. Las lámparas se fijan con chazo 3/8" x 1-7/8" a la pared.

Tabla 7. Materiales requeridos para la instalación del nuevo diseño

Artículo	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Reflector LED Sylvania® Jeta Pro 200W	6	\$ 576.500	\$ 3.459.000
Bloque de distribución 4x7	1	\$ 50.000	\$ 50.000
Breaker tripolar	1	\$ 70.000	\$ 70.000
Breaker tripolar 6A	1	\$ 80.000	\$ 80.000
Breaker bipolar 2A	1	\$ 165.000	\$ 165.000
Contactador 9A 220V	1	\$ 80.000	\$ 80.000
Contactador 20A 220V	1	\$ 270.000	\$ 270.000
Fotocelda 220V	1	\$ 25.000	\$ 25.000
Cofre 40x30x20	1	\$ 80.000	\$ 80.000
Cofre 60x50x25	1	\$ 195.000	\$ 195.000
Tubos	35	\$ 7.800	\$ 273.000
Uniones	46	\$ 1.000	\$ 46.000
Terminales	16	\$ 2.500	\$ 40.000
Grapas	110	\$ 1.500	\$ 165.000
Chazos	250	\$ 200	\$ 50.000
Chazo expansible	12	\$ 2.000	\$ 24.000
Caja 5800 Tipo Rawelt	7	\$ 10.000	\$ 70.000
Tapa Ciega Caja Tipo Rawelt	7	\$ 5.000	\$ 35.000
Prensa Estopa	8	\$ 1.000	\$ 8.000
Scotcholk	30	\$ 1.500	\$ 45.000
Conduletas	6	\$ 10.000	\$ 60.000
Canastilla	1	\$ 100.000	\$ 100.000
100 m de Obra 300 m de cable 14 AWG Centelsa 100 m de desnudo calibre 14 100m de cable 18AWG	1	\$ 480.000	\$ 480.000
TOTAL			\$ 5.870.000

Fuente: Propia.

Los tubos deberán trasegar de acuerdo a la demarcación establecida según el plano (ver Anexo D). Para tal propósito, se recomienda usar dobladora para hacer figuras oxi, lo cual facilitara pasar el tubo por los obstáculos que encuentre a su paso. Algunas secciones demandarán el uso de conduletas, las cuales permitirán pasar por las esquinas de difícil acceso y simultáneamente reajustar la altura del tubo de ser necesario. Los tubos se deben acoplar con uniones EMT de ½". Se sugiere poner tres (3) grapas por tubo.

En la zona de paso que separa los bloques 5 y 6 de la Universidad Antonio Nariño, se hace estrictamente necesario el uso de canastilla tipo escalera mediante la cual se garantizara de acuerdo a norma el desplazamiento del Conduit de forma más segura dado su excelente soporte mecánico.

Finalmente, se recomienda realizar paso del cableado respetando el código de colores, para posteriormente aterrizar las cajas de paso. Cabe mencionar que, la distancia de cableado puede variar levemente, dependiendo de los cambios que se requieran durante la instalación.

Es indispensable, de acuerdo al área de trabajo y la cantidad de personal involucrado, definir jornadas laborales de entre 8 y 12 horas.

El tiempo de instalación estimado es de 36 horas, a partir del momento en que todos los elementos de trabajo hayan sido dispuestos correctamente de acuerdo a las indicaciones del QHSE. El valor de la hora para oficial instalador es de \$8.000 pesos/hora y del ayudante calificado es de \$ 6.000 pesos/hora. La cuadrilla de instalación debe tener certificación de alturas y debidos equipos de suspensión con las respectivas inspecciones al día, además de las herramientas de mano.

Tabla 8. Detalles de los materiales a utilizar en la instalación

	Chazo plástico de 5/16 pulgadas y tornillos 10x1-1/2 pulgadas.
	Cajas IP65 tipo Rawelt 5800 de 3 salidas
	Tapa ciega para caja tipo Rawelt 5800
	Prensa estopa para las salidas de las lámparas de 1/2 pulgada
	Termina EMT de 1/2 pulgada
	Chazo de 3/8 pulgada
	Scotchlok (conector de platina), para cables calibre 14 hasta el 18
	Tubo EMT de 1/2 pulgada
	Grapa de doble ala para tubo de 1/2 pulgada
	Conduletas de 1/2 pulgada
	Canastilla pasa-cables tipo escalera

Fuente: Propia.

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

Con el trabajo realizado en el presente proyecto, se le entrega a la UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO todo el diseño de un sistema de iluminación capaz de entregar un promedio de 128 Lx de iluminancia promedio distribuidos en los 420 m² que constituyen este escenario recreo-deportivo.

Este nuevo diseño cumple con las normas RETIE para la instalación eléctrica en exteriores, y la norma RETILAP en lo que respecta a los niveles óptimos de iluminancia superando los valores de iluminancia exigido para un escenario recreo-deportivo (100 Lux).

La eficiencia de este sistema demuestra que con la correcta implementación espacial de las luminarias LED, los ángulos de incidencia apropiados y la selección de equipos con inclusive menor flujo luminoso, se pueden alcanzar valores de iluminancia aún más elevados y uniformes.

En términos ambientales las luminarias de Haluro metálico debido a su contenido de mercurio, argón y haluros metálicos, representan un mayor y más frecuente riesgo ecológico puesto que su disposición se debe hacer 30000 mil horas antes que lo que lo haría una luminaria LED.

Mediante el sistema de fotocelda propuesto, se evitará el consumo de energía de forma innecesaria puesto que comandara el encendido del sistema lumínico, si solo si los niveles de luminiscencia son muy bajos.

Por medio del presente proyecto, se deja un modelo acorde a todas las necesidades que un escenario recreo-deportivo así demande; junto con un robusto uso de

conceptos lumínicos y eléctricos que puedan servir en adelante para futuros proyectos de iluminación dentro de la Universidad.

A partir de los planos es posible ajustar trigonómicamente los ángulos de cada una de las luminarias conforme el ejemplo realizado en el capítulo de resultados y análisis de este modo se podrá evitar el ajuste de la matriz de iluminancia por medio de prueba y error.

Tras los cálculos realizados se confirmó que las luminarias de Haluro metálico habrían alcanzado un alto nivel de deterioro puesto que los niveles de iluminancia que entregaba, era como si estuviera a una distancia casi 6 veces mayor de la que realmente estaba ubicada.

El presente diseño tiene en cuenta toda la normatividad vigente para evitar incidentes con las personas que manipulan el sistema de iluminación y/o daños a la infraestructura por contacto eléctrico, mediante el uso de protecciones debidamente calculadas y teniendo en cuenta que es un espacio ubicado a la intemperie.

9.2 Recomendaciones

De los trabajos e indagaciones realizadas en el transcurso de presente proyecto, surgieron las siguientes recomendaciones:

1. La instalación de la iluminación original del área recreo-deportiva de la UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO sede sur debe ser modificada para cumplir con los lineamientos establecidos en la norma RETIE.
2. Debe realizarse un balanceo de fases del tablero que alimenta el cuarto de compresores y la iluminación.
3. El diseño del nuevo sistema de iluminación de la cancha de microfútbol puede ser replicado e implementado para la cancha de vóleybol.

4. Teniendo en cuenta las nuevas tecnologías de iluminación LED, la UNIVERSIDAD debe considerar adoptar dichas tecnologías para un uso más eficiente de la energía además de aplicar los parámetros de intensidad lumínica establecidos en el RETILAP para los diferentes entornos académicos de sus instalaciones.

5. Ya con la capacidad de iluminación del área recreo-deportiva, se le recomienda a la UNIVERSIDAD hacer mayor uso de dicha área, no solamente con actividades deportivas de microfútbol y/o basquetbol, sino que traslade todas las actividades culturales (toques, tuna, cuenteros, etc.) a esta zona lo que permitirá la descongestión del corredor del bloque 2 y más estudiantes podrán disfrutar de dichos eventos y de una forma más cómoda.

A. Anexo: Respuesta por parte de Bienestar Estudiantil sobre el objeto final y uso de área deportiva

De: **Gloria Rojas** <director.sur@uan.edu.co>
Date: lun., 4 may. 2020 a las 14:52
Subject: Re: Solicitud Carta Anexo Proyecto (DISEÑO
ILUMINACIÓN ESCENARIO RECREATIVO)
To: EDISON DARIO BERNAL BLANCO <ebernal33@uan.edu.co>,
<caavendano@uab.edu.co>, Andres Guillermo Molano Jimenez
<decano.fimeb@uan.edu.co>

Apreciado estudiante Dairo reciba un cordial saludo.

Por favor disculpeme la demora en la respuesta de este correo.

Les ratificó que el polideportivo de la sede Sur, actualmente es un espacio que lo utilizan las diferentes facultades y área de bienestar en las características de: recreativo, deportivo y cultural.

Muchas Gracias

Gloria M. Rojas
Director Sede Sur
Vicerrectoría Administrativa

Universidad Antonio Nariño
Cll 22 Sur # 12 D 81 Bogotá, Colombia
Cel: 3102264278
Tel: +57 3152980 ext: 1501
www.uan.edu.co

B. Anexo: Hoja de especificaciones técnicas de la lámpara LED SYLVANIA® Jeta Pro

LED Reflector

LED REFLECTOR JETA PRO 200W CW

P28049



Luminaria LED tipo reflector para interiores o exteriores, diseño delgado y liviano con driver integrado en la luminaria. Instalación sobrepuesto con soporte metálico. Proyección uniforme de la luz, reduce los costos de consumo de energía y mantenimiento.

CARACTERÍSTICAS

Diseño delgado, moderno y robusto, resistente a la humedad
Chasis en aluminio extruido

APLICACIONES

Iluminación exterior decorativa, fachadas, jardines.
Iluminación de senderos y áreas de circulación en exteriores



DATOS ÓPTICOS

Temperatura de color	5000 K (CW)
Flujo luminoso	24000 lm
Ángulo de apertura	90°
Tipo de distribución	Directa simétrica
Reproducción de color (IRC)	>70
Vida útil	50000 h L70
Eficacia	120 lm/W

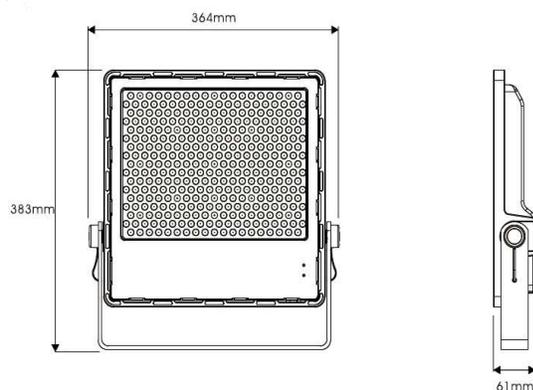
DATOS FÍSICOS

Acabado	Gris
Grado de protección IP	IP66 / IK08
Dimensiones (LxWxH)	364x383x61 mm
Tipo de montaje	Sobreponer
Chasis	Aluminio extruido
Óptica	Semiespecular
Temperatura de operación Ta	-20°C ~ +45°C

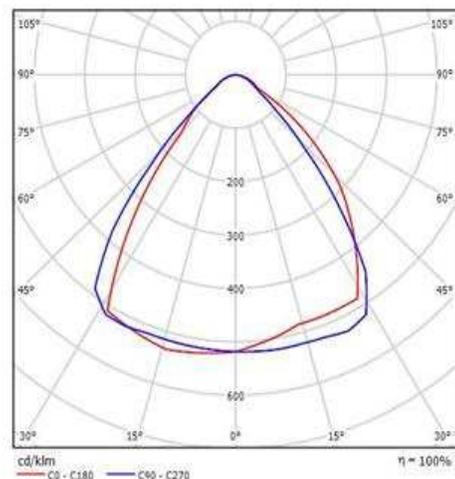
DATOS ELÉCTRICOS

Potencia de entrada	200 W
Tensión de operación	100-277 V 50/60 Hz
Corriente de entrada	1.01 A @ 220 V
Factor de potencia	0.9
Distorsión armónica (THD)	<20%
Tipo de driver	Independiente CC
Atenuable	NO

DIMENSIONES



FOTOMETRÍA



C. Anexo: Hoja de especificaciones técnicas de la lampara de Haluro Metálico PHILIPS®

PHILIPS

Lighting



MASTER HPI-T Plus

HPI-T Plus 400W/645 E40 1SL/12

Lámparas de haluro metálico de cuarzo con lamparita exterior transparente

Datos del producto

Funcionamiento de emergencia	
Base de casquillo	E40 [E40]
Fallos vida útil hasta 5% (nom.)	5000 h
Vida útil para fallas del 10 % (nominal)	7500 h
Fallos vida útil hasta 20% (nom.)	11000 h
Fallos vida útil hasta 50% (nom.)	20000 h
Rendimiento inicial (conforme con IEC)	
Código de color	645 [CCT de 4,500 K]
Flujo lumínico (nominal) (mín.)	30000 lm
Flujo lumínico (nominal) (nom.)	32000 lm
Designación de color	Blanco frío (CW)
Flujo lumínico 10.000 horas (nom.)	70 %
Flujo lumínico durante 2.000 horas (mín.)	75 %
Flujo lumínico durante 2.000 horas (mín.)	90 %
Flujo lumínico de 20.000 horas	60 %
Flujo lumínico 5.000 horas (máx.)	65 %
Flujo lumínico 5.000 horas (nom.)	80 %
Coordenada X de cromacidad (nom.)	361
Coordenada Y de cromacidad (nom.)	372
Temperatura de color correlacionada (nominal)	4500 K
Eficacia lumínica (promedio) (nominal)	83 lm/W
Índice de reproducción de color (Nom)	65
Mecánicos y de carcasa	
Potencia (nominal)	385 W

Calentamiento de corriente de lámpara (máx.)	6 A
Corriente de lámpara (EM) (nom.)	3,4 A
Voltaje de suministro de encendido (máx.)	198 V
Voltaje de suministro de encendido (mín.)	198 V
Tiempo de encendido (máx.)	10 s
Voltaje (máx.)	135 V
Voltaje (mín.)	115 V
Voltaje (nom.)	125 V

Controles y regulación

Con regulación de intensidad	No
------------------------------	----

Datos técnicos de la luz

Acabado de la lámpara	Clara
-----------------------	-------

Aprobación y aplicación

Etiqueta de eficiencia energética (EEL)	A
Contenido de mercurio (Hg) (nominal)	29,5 mg
Consumo energético kWh/1000 h	424 kWh

Requisitos de diseño de luminaria

Temperatura de lámpara (máx.)	600 °C
Temperatura de base de casquillo (máx.)	250 °C

Datos de producto

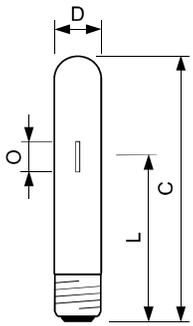
Código de producto completo	871829167613300
-----------------------------	-----------------

MASTER HPI-T Plus

Nombre del producto del pedido	HPI-T Plus 400W/645 E40 1SL/12
EAN/UPC - Producto	8718291676133
Código de pedido	928481600095
Cantidad por paquete	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	12

N.º de material (12NC)	928481600095
Peso neto (pieza)	0,155 kg

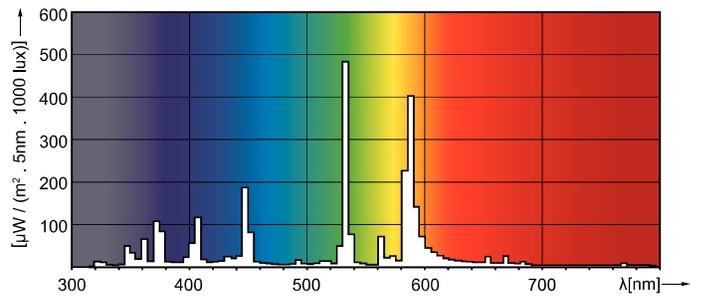
Plano de dimensiones



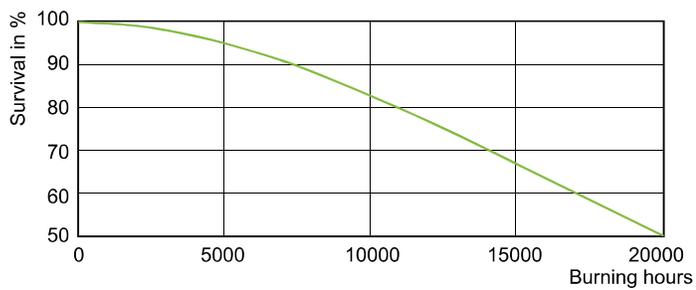
HPI-T Plus 400W/645 E40

Product	D (max)	O	L	C (max)
HPI-T Plus 400W/645 E40 1SL/12	47 mm	30,5 mm	168 mm	286 mm

Datos fotométricos



Lifetime



D. Anexo: Especificaciones técnicas del conductor de baja tensión

Cables TTU

600V y 2000V 75°C



Construcción

- 1 Conductor de cobre suave cableado.
- 2 Aislamiento en Polietileno (PE), resistente a la abrasión, al calor y la humedad.
- 3 Chaqueta exterior en PVC retardante a la llama, resistente a la abrasión, al calor y la humedad.

Características

Temperatura de operación: 75°C.

Tensión de operación: 600V ó 2000V.

Color de chaqueta: Negro.

Aplicaciones

Los cables TTU **CENTELSA** son usados en instalaciones industriales, sistemas de distribución e iluminación. Instalación en sitios secos, húmedos o mojados y en canalizaciones.

Apto para enterrado directo en calibres 8 AWG y mayores, en lugares donde no exista tráfico pesado.

Especificaciones

Los cables TTU **CENTELSA** cumplen con el RETIE, con las normas ASTM aplicables, con ICEA S-95-658 "Standard for power cables rated 2000V or less for the distribution of electrical energy" y con NTC 1099-1 cables de potencia de 2000V o menos para distribución de energía eléctrica.

Opcionales

- Conductor en aluminio.
- Aislamiento en Polietileno Reticulado (XLPE) para 90°C.
- Libre de halógenos y baja emisión de humos.

Certificaciones

Nota: Todos nuestros productos están certificados y cumplen con el RETIE. Para mayor información, comuníquese con el departamento de calidad de **CENTELSA** o escriba un correo a mercadeo.centelsa@centelsa.com.co



RETIE

1. Conductor			TTU 600 V				TTU 2000 V				Resistencia DC a 20°C	Capacidad de Corriente (*)
Calibre	No Hilos	Diámetro	2. Espesor Aislamiento	3. Espesor Chaqueta	Diámetro Exterior	Peso Total Aprox	2. Espesor Aislamiento	3. Espesor Chaqueta	Diámetro Exterior	Peso Total Aprox		
AWG/kcmil		mm	mm	mm	mm	kg/km	mm	mm	mm	kg/km		
14	7	1,79	0,76	0,38	4,23	33	1,14	0,38	5,0	38	8,44	20
12	7	2,26	0,76	0,38	4,70	46	1,14	0,38	5,48	52	5,31	25
10	7	2,85	0,76	0,38	5,29	66	1,14	0,38	6,07	73	3,34	35
8	7	3,59	1,14	0,38	6,81	106	1,40	0,76	8,11	125	2,10	50
6	7	4,53	1,14	0,76	8,51	171	1,40	0,76	9,05	178	1,32	65
4	7	5,71	1,14	0,76	9,69	252	1,40	0,76	10,2	260	0,832	85
2	7	7,20	1,14	0,76	11,2	377	1,40	0,76	11,7	387	0,523	115
1/0	19	8,93	1,40	1,14	14,2	604	1,65	1,14	14,8	615	0,329	150
2/0	19	10,02	1,40	1,14	15,3	742	1,65	1,14	15,8	754	0,261	175
3/0	19	11,25	1,40	1,14	16,6	914	1,65	1,14	17,0	927	0,207	200
4/0	19	12,64	1,40	1,14	18,0	1130	1,65	1,14	18,5	1145	0,164	230
250	37	14,18	1,65	1,14	20,0	1337	1,91	1,65	21,6	1404	0,139	255
350	37	16,78	1,65	1,65	23,7	1883	1,91	1,65	24,2	1901	0,0992	310
500	37	20,05	1,65	1,65	26,9	2618	1,91	1,65	27,5	2639	0,0694	380
750	61	24,59	2,03	1,65	32,2	3863	2,29	1,65	32,8	3888	0,0463	475
1000	61	28,40	2,03	1,65	36,0	5070	2,29	1,65	36,6	5097	0,0347	545

Notas:

Los datos aquí indicados están sujetos a las tolerancias normales de fabricación y pueden ser modificados sin previo aviso.

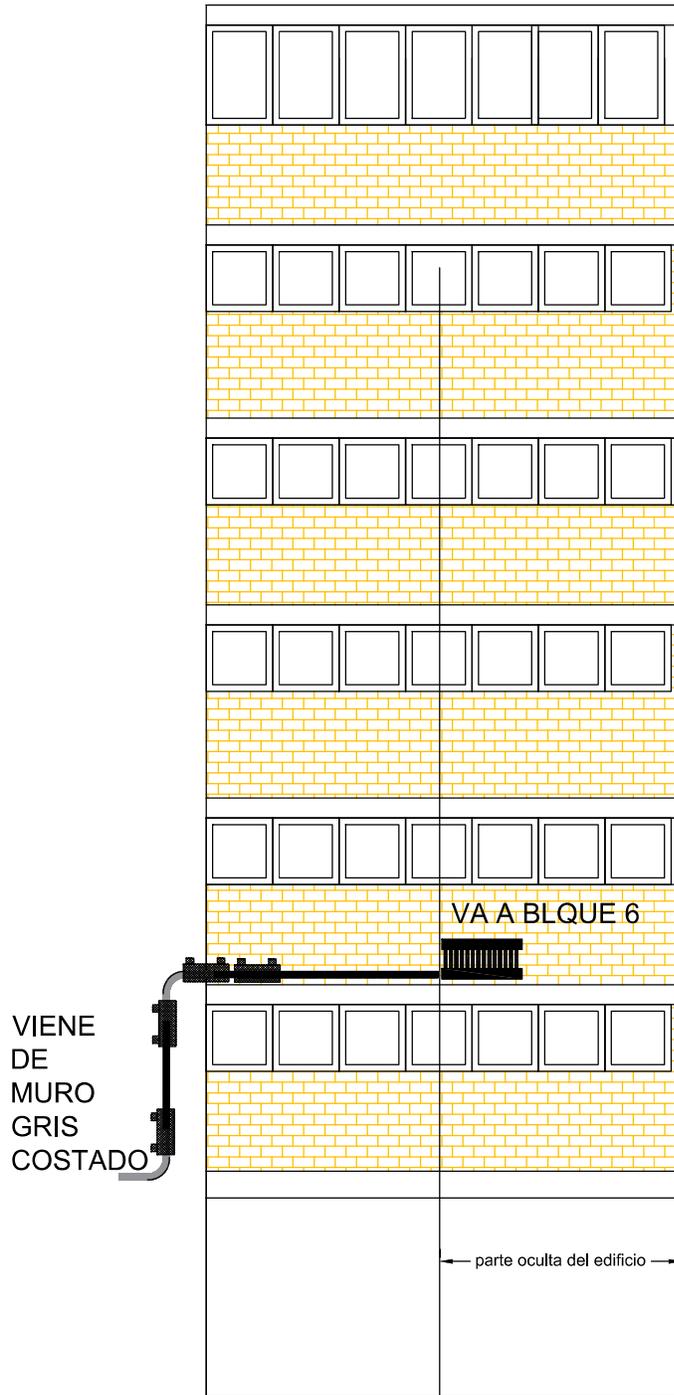
(*) No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o directamente enterrado, temperatura ambiente 30°C, temperatura conductor 75°C, acorde con la tabla 310,16 del NEC y de la NTC 2050.

Otras configuraciones, calibres y colores no especificados en este catálogo están disponibles bajo pedido.

E. Anexo: Planos y Diagramas



BLOQUE 6



Continúa estructura >>
Ancho no definido

PROYECTO:

Diseño del sistema de iluminación led en cancha de microfútbol - Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica - Bogotá

ESCALA: 1/75

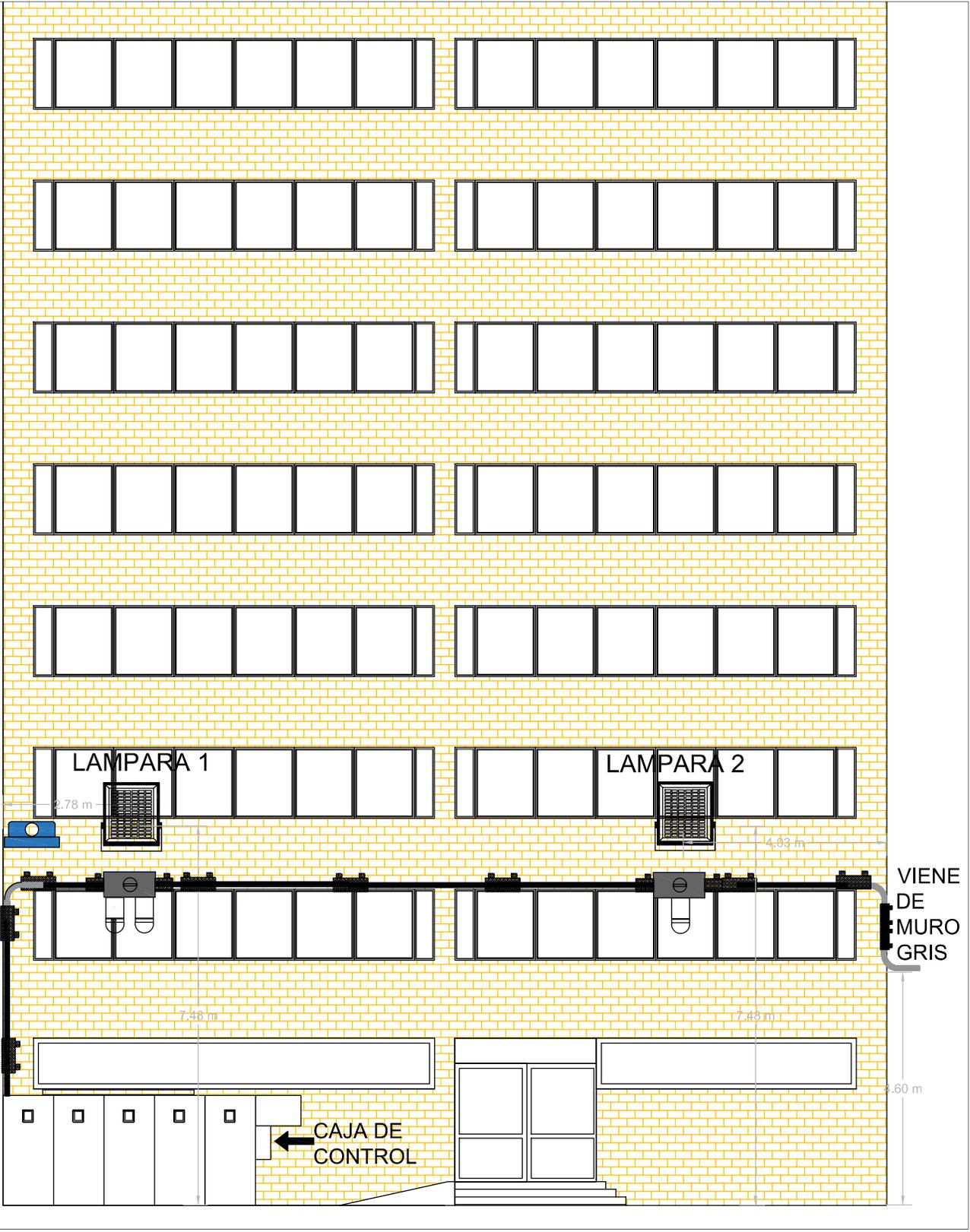
FECHA: 21 / 05 / 2020
DIBUJÓ: David Quiroga
 Maria Quiroga
REVISÓ: Edison Bernal - Neyer Flores
APROBÓ: Carlos Avendaño

LEYENDA:

-  UNION EMT DE 1/2
-  LAMPARAS
-  TUBO EMT DE 1/2
-  FOTOCELDA
-  CANASTILLA PASACABLES ESCALERA
-  TERMINAL EMT DE 1/2
-  CONDULETAS DE 1/2
-  CAJA TIPO RAWELT DE 3 SALIDAS DE 1/2
-  PRENSA ESTOPA PASACABLES



Circuito de Potencia y Control para Iluminación Escenario Deportivo.
PLCF-SUR-A03



PROYECTO:

Diseño del sistema de iluminación led en cancha de microfútbol - Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá
 Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica - Bogotá

ESCALA: 1/75

FECHA: 21 / 05 / 2020

DIBUJÓ: David Quiroga - María Quiroga
REVISÓ: Edison Bernal - Neyer Flores
APROBÓ: Carlos Avendaño

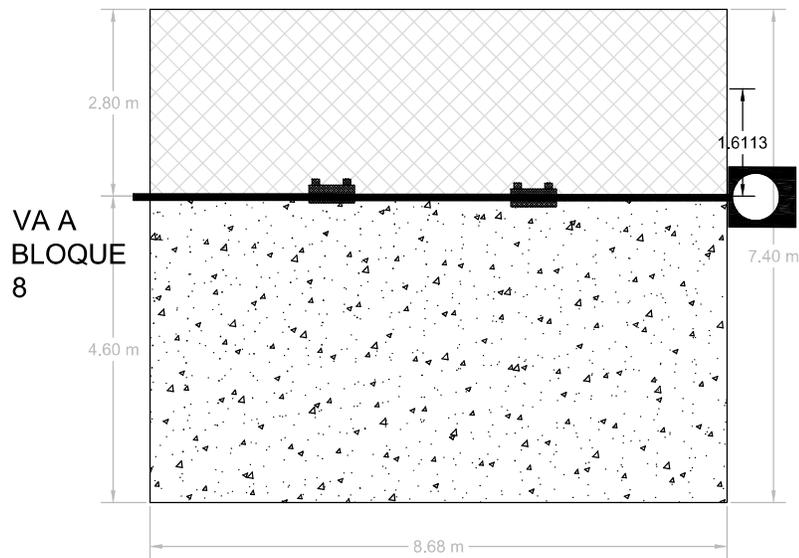
LEYENDA:

-  UNION EMT DE 1/2
-  CANASTILLA PASACABLES ESCALERA
-  LAMPARAS
-  TERMINAL EMT DE 1/2
-  CONDULETAS DE 1/2
-  TUBO EMT DE 1/2
-  CAJA TIPO RAWELT DE 3 SALIDAS DE 1/2
-  FOTOCELDA
-  PRENSA ESTOPA PASACABLES

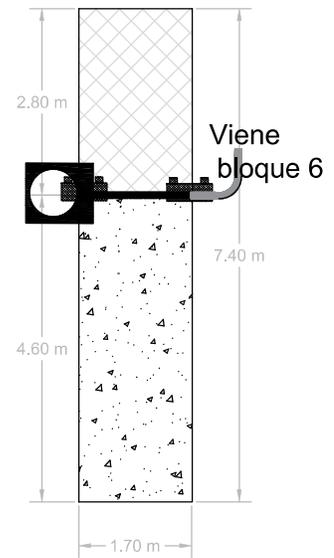


Circuito de Potencia y Control para Iluminación Escenario Deportivo.
 PLCF-SUR-A01

MURO GRIS



MURO GRIS COSTADO



PROYECTO:

Diseño del sistema de iluminación led en cancha de microfútbol - Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá
 Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica - Bogotá

ESCALA: 1/75

FECHA: 21 / 05 / 2020

DIBUJÓ: David Quiroga - María Quiroga
REVISÓ: Edison Bernal - Neyer Flores
APROBÓ: Carlos Avendaño

LEYENDA:

-  UNION EMT DE 1/2
-  LAMPARAS
-  TUBO EMT DE 1/2
-  FOTOCELDA
-  CANASTILLA PASACABLES ESCALERA
-  TERMINAL EMT DE 1/2
-  CONDULETAS DE 1/2
-  CAJA TIPO RAWELT DE 3 SALIDAS DE 1/2
-  PRENSA ESTOPA PASACABLES



Circuito de Potencia y Control para Iluminación Escenario Deportivo.
 PLCF-SUR-A02

Universidad
Antonio Nariño

Facultad de
Ingeniería
Mecánica,
Electrónica y
Biomédica

Bogotá D.C.,
Colombia
2020

PROYECTO

Diseño del sistema
de iluminación led
en cancha de
microfútbol
Universidad
Antonio Nariño
sede sur,
Bogotá

CONTIENE

Circuito de Potencia y
Control para Iluminación
Escenario Deportivo.

FACHADA BLOQUE 5

N° DE DIBUJO
PLCF-SUR-A04

ESCALA
1:50

FECHA
21 / 05 / 2020

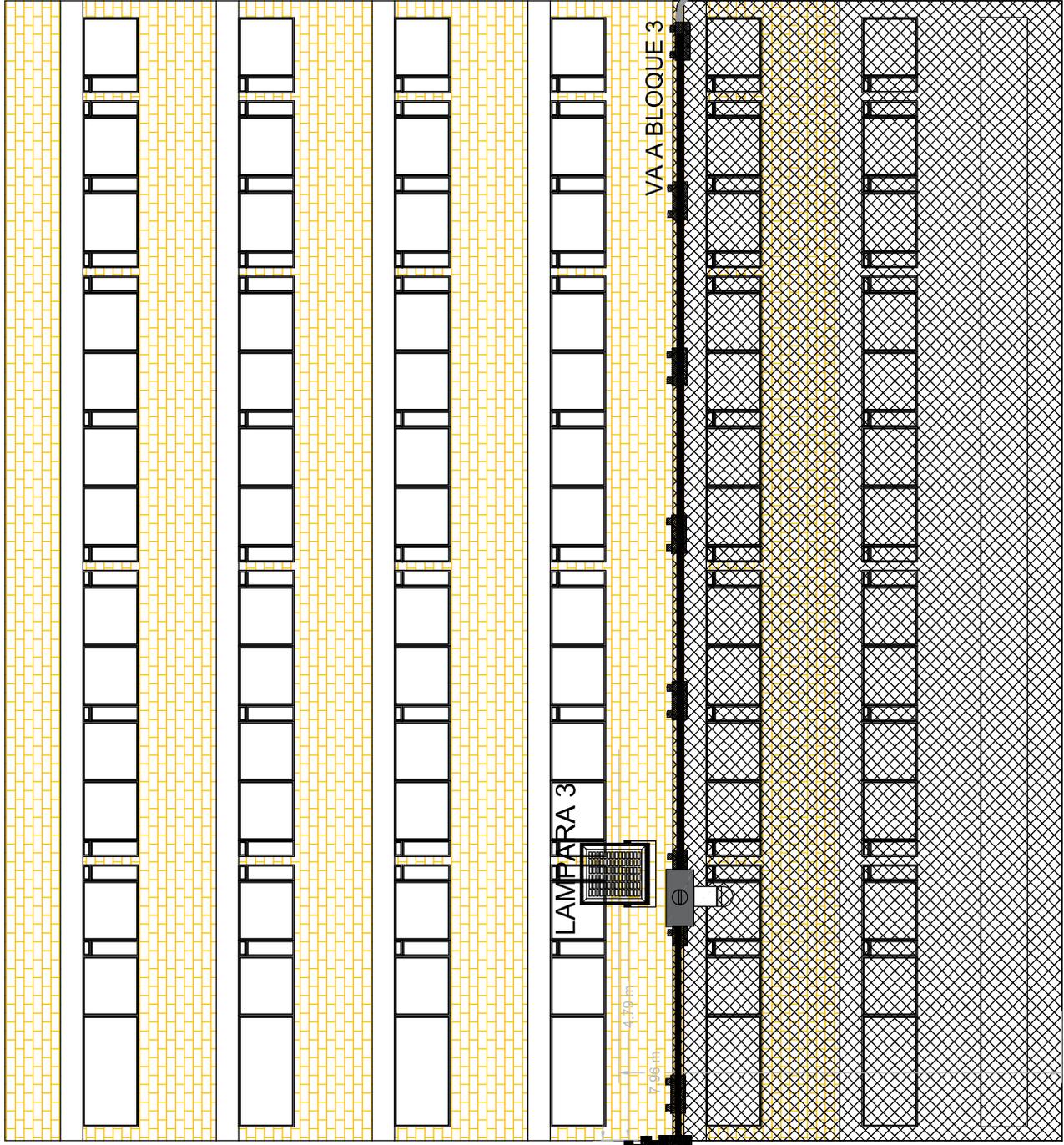
DIBUJANTE
David Quiroga
María Quiroga

VERIFICÓ
Edison Bernal
Nayer Florez

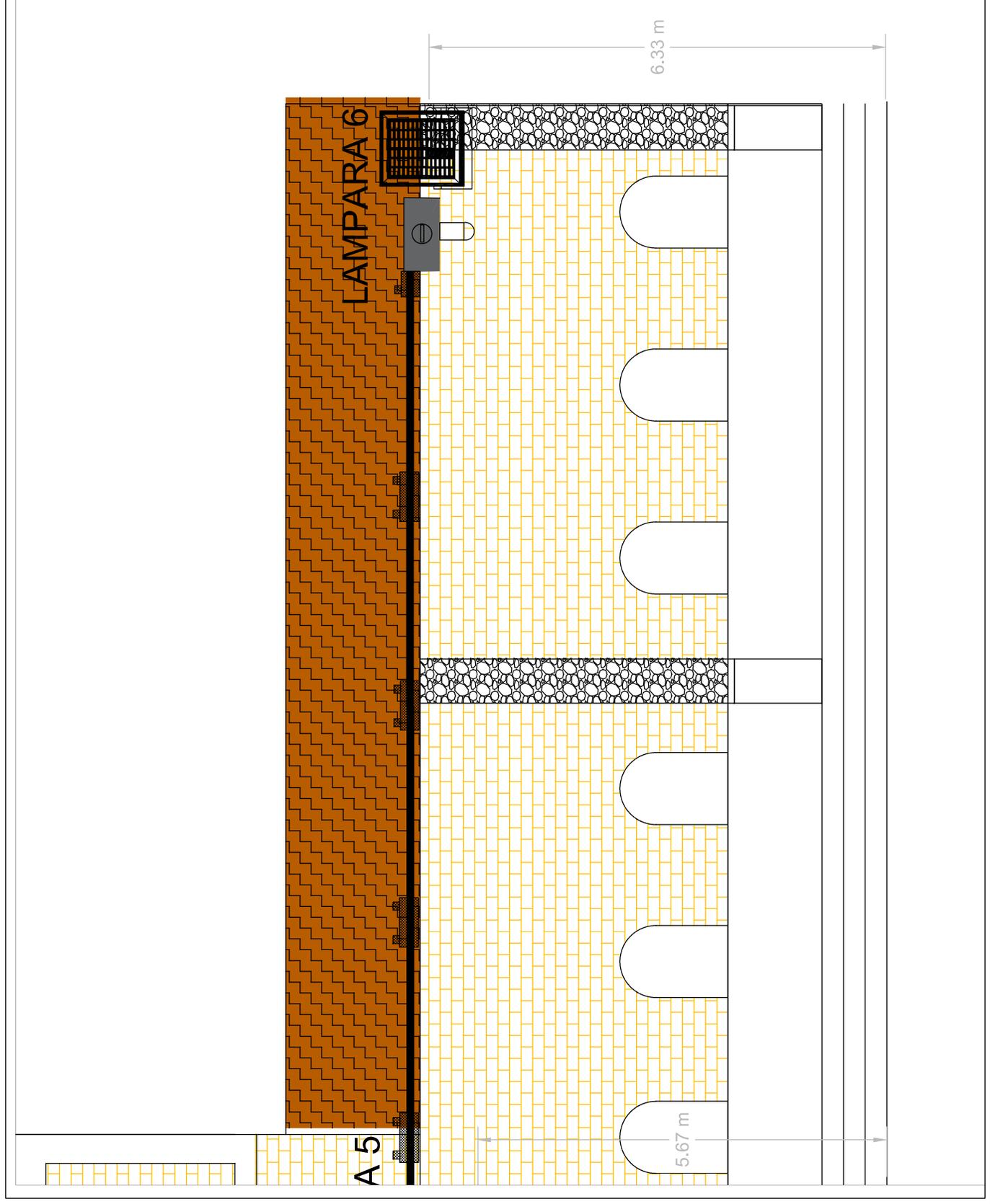
APROBO
ING. Carlos Avendatio

LEYENDA:

- ANILLO DE 1/2"
- LAMPARAS
- TUBO DE 1/2"
- ESCALERA
- CANALERA MANAJABLES ESCALERA
- TERMINAL DE 1/2"
- CONEXIONES DE 1/2"
- CABLEA INFORMÁTICA 1/2" (ALDADO DE 1/2")
- HERRAJERIA MANAJABLES



Altura del edificio asumida de 20 m



Universidad
Antonio Nariño
Facultad de
Ingeniería
Mecánica,
Electrónica y
Biomédica
Bogotá D.C.,
Colombia
2020

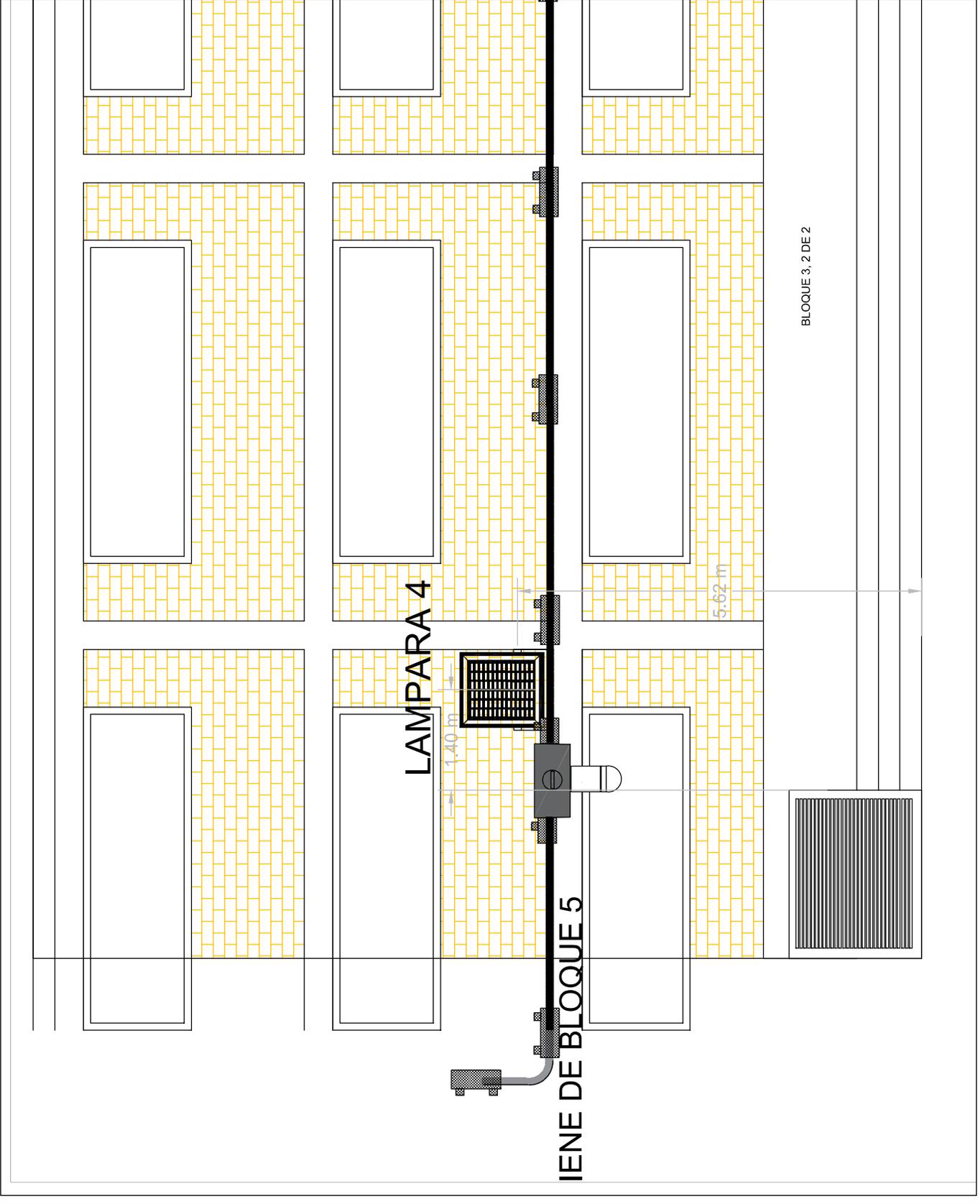
PROYECTO
Diseño del sistema
de iluminación led
en cancha de
microfútbol
Universidad
Antonio Nariño
sede sur,
Bogotá

CONTIENE
Circuito de Potencia y
Control para Iluminación
Espectralmente Deportivo.
FACHADA BLOQUE 3

N° DE DIBUJO
PLCF-SUR-A05
ESCALA
1:50
FECHA
21/05/2020
DIBUJANTE
David Quiroga
María Quiroga
VERIFICÓ
Edison Bernal
Nayer Florez
APROBO
ING. Carlos Avedanio

LEYENDA:

- ANILLO DE 1/2"
- LAMPARAS
- TUBO DE 1/2"
- FOTOCELDA
- CANTERILLAS MANUALES
- ESCALERA
- TERMINAL DE 1/2"
- CONSOLETA DE 1/2"
- ESCALA INFO MANILLAS DE 1/2"
- PUNTALESTRA MANUALES



Universidad
Antonio Nariño

Facultad de
Ingeniería
Mecánica,
Electrónica y
Biomédica

Bogotá D.C,
Colombia
2020

PROYECTO

Diseño del sistema
de iluminación led
en cancha de
microfútbol
Universidad
Antonio Nariño
sede sur,
Bogotá

CONTIENE

Circuito de Potencia y
Control para Iluminación
Espectro Deportivo.

FACHADA BLOQUE 3

N° DE DIBUJO
PLCF-SUR-A06

ESCALA
1:50

FECHA
21 / 05 / 2020

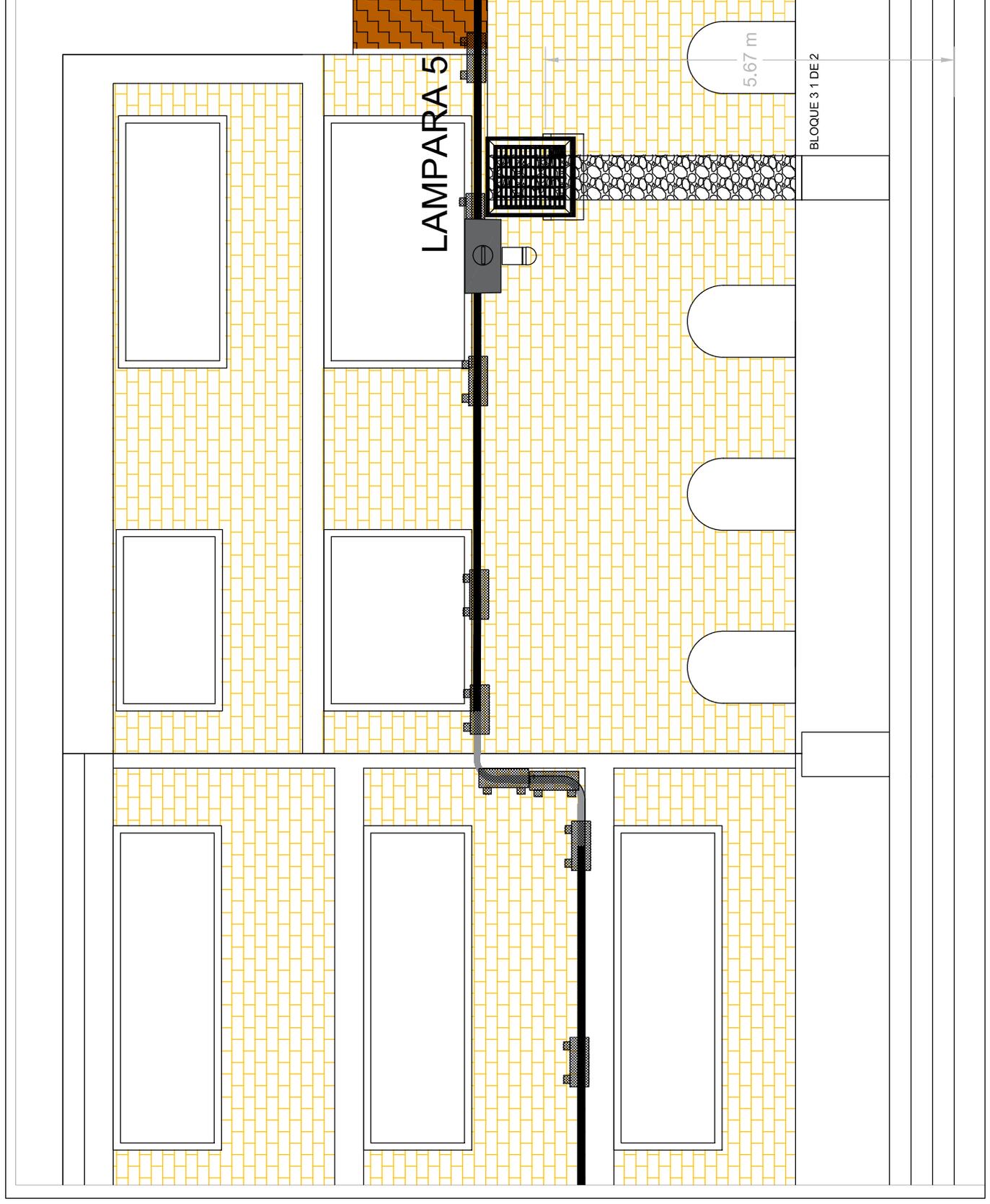
DIBUJANTE
David Quiroga
María Quiroga

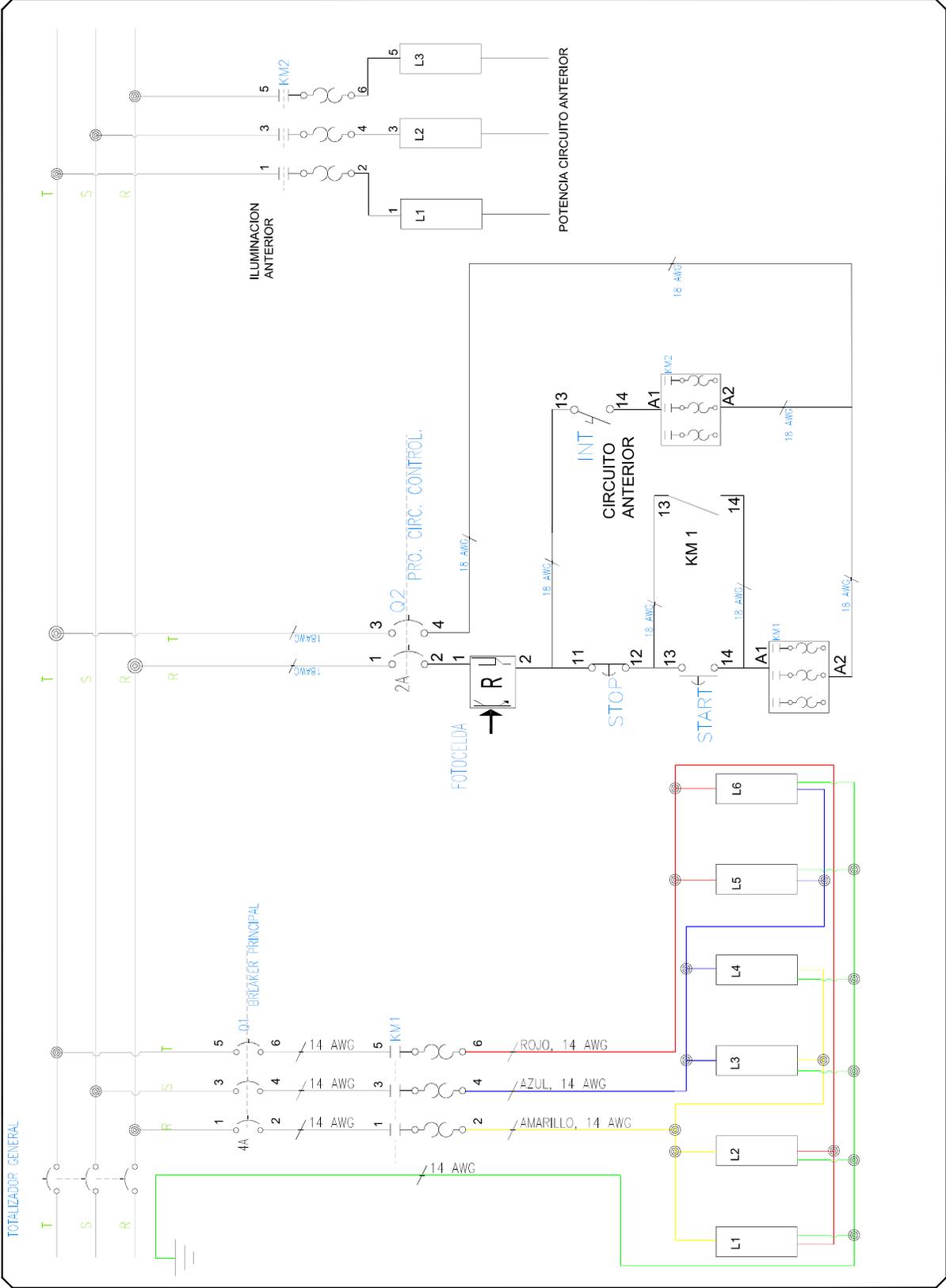
VERIFICÓ
Edison Bernal
Nayer Florez

APROBO
ING. Carlos Avendato

LEYENDA:

- LÁMINA DE 1/2
- LAMPARAS
- TUBO DE 1/2
- FOTOCELDA
- ESCALAFÓN
- CANALIZACIÓN
- TERMINAL DE 1/2
- CONSOLETA DE 1/2
- ESCALA INFORMAL DE 1/2
- ESCALA DE 1/2
- PREVALESTIPAS





F. Anexo: Normatividad

A continuación, encontrara el listado de las normas que fueron aplicadas en diseño, instalación y puesta en funcionamiento del sistema de iluminación led en cancha de microfútbol Universidad Antonio Nariño sede sur, Bogotá:

RETIE	Reglamento técnico de instalaciones eléctricas
RETILAP	Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público
NTC 2050	Código Eléctrico Colombiano

Bibliografía

- Ganslandt, R., & Hofmann, H. (1992). *Handbook of lighting design*. Lüdenscheid, Alemania: ERCO Leuchten.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1998). *NTC 2050: Código Eléctrico Colombiano*. Bogota D.C.: ICONTEC.
- Ministerio de Minas y Energía. (2009). *Resolución 181331 de agosto 06 de 2009: Anexo general Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Resolución 90708 de agosto 30 de 2013 con sus ajustes: Anexo general del RETIE*. Bogotá D.C.
- van Bommel, W. (2019). *Interior Lighting. Fundamentals, Technology and Application*. Cham, Suiza: Springer.
- Villazón, R., Pinzón, A., Sánchez, A., & Rodríguez, D. (2018). *Luz / Materia. Estrategias proyectuales para la iluminación de espacios arquitectónicos*. Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.