



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**EVALUACIÓN EN EL DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL COMPLEJO
DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS DEL MUNICIPIO DE CÁCERES,
ANTIOQUIA**

AUTOR: ALBERTO JUNIOR RICARDO CARRILLO

DIRECTOR: M.Sc EDINSON ANDRÉS CAICEDO PEÑARANDA

CODIRECTOR: JUAN FERNANDO MARTÍNEZ CONTRERAS

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA

2022

**EVALUACIÓN EN EL DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO PARA EL COMPLEJO
DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS DEL MUNICIPIO DE CÁCERES,
ANTIOQUIA**

AUTOR: ALBERTO JUNIOR RICARDO CARRILLO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO
ELÉCTRICO**

DIRECTOR: M.Sc EDINSON ANDRÉS CAICEDO PEÑARANDA

CODIRECTOR: JUAN FERNANDO MARTÍNEZ CONTRERAS

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
PAMPLONA N. DE S. – COLOMBIA
2022**

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios por permitirme estar en este mundo, por darme sabiduría para llevar a cabo este proyecto, en segundo a mis padres María del Rosario Carrillo y Alberto Manuel Ricardo por su apoyo incondicional durante todo este proceso tan importante para mí vida a mis hermanas, hermano y demás familiares.

Dedico también este trabajo a mis profesores del programa de ingeniería eléctrica de la Universidad de Pamplona quienes tuvieron esa gran disposición de compartir sus conocimientos que contribuyeron en mi formación profesional y personal.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios todo poderoso a mi familia por ese apoyo emocional tan necesario durante este proceso, a los profesores de ingeniería eléctrica por sus enseñanzas y motivación en especial al profesor Edinson Andrés Caicedo Peñaranda por la asesoría durante la realización de este trabajo.

Agradecimiento a la Alcaldía de Cáceres, Antioquia por abrirme las puertas de su entidad para realizar mis prácticas profesionales y poder implementar lo aprendido durante mi formación profesional. Asimismo, al Ingeniero Juan y su secretaria Yesica López por su colaboración y apoyo durante todo este proceso.

A mis compañeros de universidad que me brindaron su apoyo y motivación para seguir adelante y dar cumplimiento a este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	13
PRESENTACIÓN.....	14
CAPITULO 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	15
1.1. RESEÑA HISTÓRICA (MUNICIPIO DE CÁCERES, 2020).....	15
1.2. ASPECTOS CORPORATIVOS	15
1.2.1. MISIÓN	15
1.2.2. VISIÓN	15
1.3.1. FUNCIONES ESPECÍFICAS (ALCALDÍA DE CÁCERES, 2020)	16
CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	17
2.2. JUSTIFICACIÓN.....	17
2.4. OBJETIVOS	18
2.4.2. OBJETIVO GENERAL	18
2.4.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2.4.4. ACOTACIONES	18
CAPÍTULO 3. DESARROLLO	19
3.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	19
3.1.2. ILUMINACIÓN DE ESCENARIOS DEPORTIVOS	19

3.1.3. MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS	19
3.1.4. COLOCACIÓN DE LOS POSTES DE SOPORTE PARA LOS PROYECTORES DE ALUMBRADO DE LOS ESCENARIOS DEPORTIVOS	20
3.1.5 NIVELES CERAUNICOS DE LA GEOGRAFÍA COLOMBIA	22
METODOLOGÍA.....	24
CAPÍTULO 4. REVISIÓN DEL DISEÑO.....	25
4.1. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL PROYECTO EN EL COMPLEJO DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS	25
4.2. PLANOS ELÉCTRICOS DEL COMPLEJO DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS	25
CAPITULO 5. ESTUDIO DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE RETILAP Y RETIE	34
5.2. ALIMENTACIÓN BAJA TENSIÓN DEL CIRCUITO	36
5.2.1. REQUISITOS GENERALES PARA LAS INSTALACIONES DE USO FINAL.....	36
5.3 CUMPLIMIENTO DEL RETILAP.	52
CAPÍTULO 6. SOLUCIONES A LAS IRREGULARIDADES PRESENTES EN EL DISEÑO DE ILUMINACIÓN E INSTALACIONES ELÉCTRICAS	56
CAPÍTULO 7. IMPACTOS DEL PROYECTO	64
7.1. IMPACTOS ESPERADOS DEL PROYECTO	64
7.2. IMPACTO SOCIAL.....	64
7.2.1 IMPACTO ECONÓMICO	64
7.2.2IMPACTO AMBIENTAL.....	64
RESULTADOS	65

RECOMENDACIONES	66
CONCLUSIONES	67
REFERENCIAS.....	68

LISTA DE TABLA

TABLA 1.	NIVELES DE ILUMINANCIA HORIZONTAL POR TIPO DE JUEGO Y NIVEL DE COMPETENCIA.....	19
TABLA 2.	DENSIDAD DE DESCARGA A TIERRA PARA ALGUNAS CIUDADES DE COLOMBIA	23
TABLA 3.	CUADRO DE CARGAS DEL COMPLEJO DEPORTIVO VICTOR MANUEL MORELOS.....	28
TABLA 4.	REQUISITOS ESPECÍFICOS DE LA SUBESTACIÓN TIPO POSTE (RETIE, 2013).....	34
TABLA 5.	ACOMETIDA (RETIE, 2013)	36
TABLA 6.	REGULACIÓN DE TENSIÓN.....	37
TABLA 7.	PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES DE USO FINAL (RETIE, 2013)	38
TABLA 8.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTO DIRECTO O PROTECCIÓN BÁSICA (RETIE, 2013)	38
TABLA 9.	MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA CONTACTO INDIRECTO O PROTECCIÓN POR FALLA (RETIE, 2013)	39
TABLA 10.	PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES (RETIE, 2013).....	40
TABLA 11.	DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE, 2013)	41
TABLA 12.	COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO	46
TABLA 13.	CÁLCULO DE CORRIENTE MÁXIMA DE CORTO CIRCUITO	47
TABLA 14.	CÁLCULOS DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA	48
TABLA 15.	CÁLCULO ECONÓMICO CONDUCTORES.....	50
TABLA 16.	DATOS DEL CONDUCTOR.....	51

TABLA 17.	FACTOR DE CORRECCIÓN	56
TABLA 18.	CARACTERÍSTICAS DEL COMPLEJO DEPORTIVO	58
TABLA 19.	DEFINICIÓN Y CÁLCULOS DE ÁREAS EFECTIVAS	59
TABLA 20.	DEFINICIÓN DE PARÁMETROS INHERENTES A LA ESTRUCTURA.....	59
TABLA 21.	DEFINICIÓN Y DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EVENTOS PELIGROSOS.	60
TABLA 22.	DEFINICIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE DAÑO EN CADA EVENTO PELIGROSO.	60
TABLA 23.	DEFINICIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE PERDIDAS POR DAÑOS.....	61
TABLA 24.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL RIESGO	61
TABLA 25.	RIESGO DE PÉRDIDA DEL SERVICIO PÚBLICO	62
TABLA 26.	RIESGO DE PÉRDIDA DE PATRIMONIO CULTURAL	63
TABLA 27.	R3 - RIESGO DE PERDIDA PATRIMONIO CULTURAL	63

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1.	ORGANIGRAMA.....	16
FIGURA 2.	MANERA DE DETERMINAR LA ALTURA DEL POSTE EN RELACIÓN CON EL CAMPO DE JUEGO	20
FIGURA 3.	DISPOSICIÓN COMÚN PARA LA UBICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DE ILUMINACIÓN PARA UNA CANCHA DE FÚTBOL.....	21
FIGURA 4.	. MAPA DE ISO-NIVELES CERAUNICOS PARA COLOMBIA (ÁREA DE 30 KM X 30 KM) - 1999	22
FIGURA 5.	CONVENCIONES DE LOS PLANOS ELÉCTRICOS.....	25
FIGURA 6.	PLANOS ARQUITECTÓNICOS DEL COMPLEJO DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS	26
FIGURA 7.	PLANOS DE CIRCUITO ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN DE LOS BAÑOS, OFICINA Y BODEGAS DEL COMPLEJO DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS.....	27
FIGURA 8.	PLANOS DE CIRCUITO DE ELÉCTRICO DE TOMAS CORRIENTE DE LOS BAÑOS, OFICINA Y BODEGAS DEL COMPLEJO DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS.	27
FIGURA 9.	ESQUEMÁTICO DE CONEXIÓN TABLERO DE DISTRIBUCIÓN AL TABLERO DE ILUMINACIÓN DE LA CANCHA DEL COMPLEJO DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS.....	28
FIGURA 10.	GABINETE DE CONTROL DE ILUMINACIÓN DE LA CANCHA DEL COMPLEJO DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS.	29
FIGURA 11.	POSTES DE SOPORTE DE LAS LUMINARIAS DE LA CANCHA DEL COMPLEJO DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS.	30
FIGURA 12.	DIAGRAMA UNIFILAR DEL DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS.....	31
FIGURA 13.	MONTAJE DEL TRANSFORMADOR VISTA LATERAL.	32

FIGURA 14.	ACOMETIDA PARA EL COMPLEJO DEPORTIVO.....	33
FIGURA 15.	CUMPLIMIENTO DEL RETILAP.....	52
FIGURA 16.	SUPERFICIE DE ILUMINACIÓN EN ISOLÍNEAS.	53
FIGURA 17.	SUPERFICIE DE ILUMINACIÓN EN 3D CON LOS PROYECTORES.....	54
FIGURA 18.	ANIMACIÓN DE LA ILUMINACIÓN EN 3D.	54
FIGURA 19.	SUPERFICIE DE ILUMINACIÓN GAMA DE GRISES.	55

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es evaluar el diseño del sistema de iluminación e instalación eléctrica del proyecto Estadio Víctor Manuel Morelos desarrollado por la Secretaría de Planeación de la Alcaldía municipal de Cáceres, Antioquia para detectar posibles fallas por medio del estudio, como primera medida se hace una revisión y descripción del complejo deportivo con la finalidad de conocer a detalle de cómo está estructurado posteriormente se procede a la verificación del diseño del proyecto, basado en la normativa eléctrica vigente RETIE y RETILAP, con una tabla se hace la verificación de si cumple o no cumple con el reglamento, para así poder manifestar las inconsistencias de dicho proyecto y se formulan soluciones a las irregularidades presente para garantizar seguridad, productividad y confiabilidad en el proyecto.

Palabras claves: Sistema, Iluminación, instalación, eléctrica, Verificación, RETIE, RETILAP.

ABSTRACT

The main objective of this work is to evaluate the design of the lighting system and electrical installation of the Víctor Manuel Morelos Stadium project developed by the Planning Secretariat of the Municipal Mayor's Office of Cáceres, Antioquia to detect possible failures through the study, as a first measure makes a review and description of the sports complex in order to know in detail how it is structured, then proceeds to verify the design of the project, based on the current electrical regulations RETIE and RETILAP, with a table to verify if it complies or does not comply with the regulations, in order to be able to manifest the inconsistencies of said project and solutions are formulated to the irregularities present to guarantee safety, productivity and reliability in the project.

Keywords: System, Lighting, installation, electrical, Verification, RETIE, RETILAP.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo se centra en la evaluación del sistema de iluminación e instalaciones eléctricas del proyecto Víctor Manuel Morelos del municipio de Cáceres, Antioquia. Se destacan seis cuestiones; Por un lado, se describe la entidad donde se realizó las prácticas empresariales la cual fue en la Alcaldía Municipal de Cáceres, Antioquia. Seguidamente, se presenta la fundamentación teórica que permite conceptualizar los temas a tratar durante la realización del trabajo y la metodología empleada para dar cumplimiento a los objetivos.

Posteriormente, se describe la problemática a estudiar de acuerdo al diseño del proyecto presentado por la Secretaría de Planeación de la entidad mencionada; a continuación, se hace una breve descripción del proyecto Estadio Víctor Manuel Morelos donde se muestra los planos eléctricos y se detalla los circuitos eléctricos de iluminación, toma corriente, el lugar de instalación de los proyectores y sus postes de soportes, cajillas de inspección, acometidas, tablero de distribución y el diagrama de la subestación tipo poste con un transformador monofásico con capacidad de 15 KVA.

En el siguiente capítulo, se hace la verificación del diseño mediante unas tablas que permite describir de una manera minuciosa si se está dando cumplimiento a cada párrafo de los artículos que se aplican en las instalaciones de los escenarios deportivos en base a los reglamentos RETIE y RETILAP.

Por último, se realizan cálculos con el fin de argumentar las inconsistencias presentadas en el diseño del proyecto, se emiten juicio de las no conformidades, sus posibles soluciones y recomendaciones.

CAPITULO 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1. RESEÑA HISTÓRICA (Municipio de Cáceres, 2020)

El municipio de Cáceres, ubicado en el departamento de Antioquia, es una unidad administrativa local encabezada por un alcalde. Fue fundada en 1576 por el gobernador Gaspar de Rodas en un lugar llamado "La Matanza". Su centro de población cambió varias veces, y en 1588 Francisco Redondo fijó definitivamente la cabecera del municipio donde ahora se encuentra, sobre la margen oriental del río Cauca, en una fértil y extensa llanura. El pueblo consistía en unas pocas chozas con techo de paja. El municipio se estableció finalmente en 1903.

Forma parte del fraccionamiento del Bajo Cauca, ubicado en la parte norte de la región de Antioquia, es considerada como la capital católica, se encuentra a 266 kilómetros de Medellín, ubicada a 100 m.s.n.m. y su temperatura varía entre 28° y 36°C. Limita al norte con el departamento de Córdoba y el municipio de Caucasia, al este con Caucasia y Zaragoza, al sur con Anorí y Taraza, y al oeste con Taraza y el departamento de Córdoba. Con 1.996 kilómetros cuadrados, es el municipio más grande de la subregión del Bajo Cauca.

1.2. ASPECTOS CORPORATIVOS

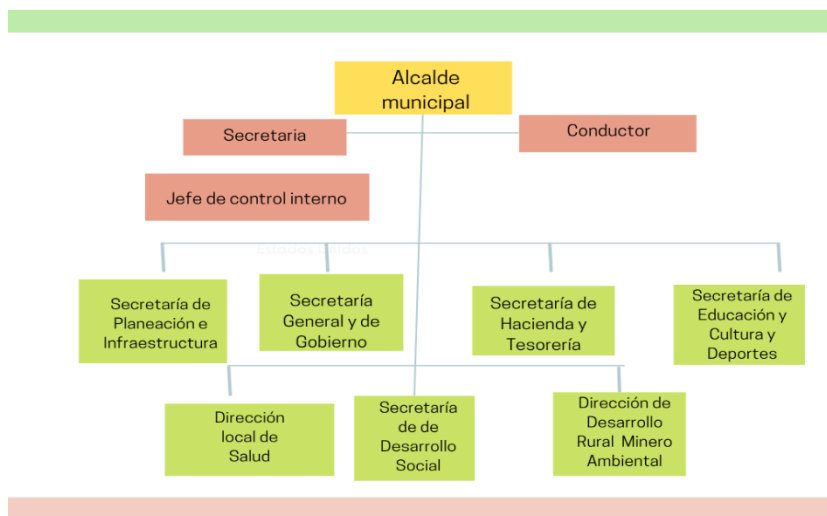
1.2.1. MISIÓN

Municipio de Cáceres, Departamento de Antioquia, como unidad territorial; Mediante la planificación del desarrollo económico, social, ambiental y territorial, crea las condiciones necesarias para la prestación oportuna de los servicios públicos y sociales mediante la gestión eficaz de los recursos, promueve la participación de los ciudadanos en la gestión pública, la estructuración de las instituciones, el cumplimiento de los servicios constitucionales. derechos y deberes, y pacífica. Convivencia de los cacereños para mejorar la calidad de vida (Alcaldía de Cáceres, 2021).

1.2.2. VISIÓN

En el año 2023, el municipio de Cáceres será un territorio reconocido a nivel local y nacional como municipio líder en los procesos de integración social, logrando medidas que respondan a sus realidades sociales, políticas y económicas a través de un desarrollo inclusivo, sostenible y participativo y la transparencia en la administración pública impulsada por los esfuerzos intersectoriales para ayudar a cerrar la brecha urbano-rural (Alcaldía de Cáceres, 2021).

Figura 1. ORGANIGRAMA



Fuente: Elaboración propia: (Alcaldía de Cáceres, 2021)

1.3. FUNCIONES DE LA SECRETARÍA DE LA PLANEACIÓN

La Secretaría de Planeación es responsable directa ante el alcalde de la formulación de la política institucional y la aprobación de los planes, programas y proyectos para la ampliación y mejora de los servicios públicos en la construcción de viviendas con el apoyo de dependencias y organismos especializados, los cuales deberán ser presentados. inclusión en el plan de desarrollo y programa de inversión del municipio (Alcaldía de Cáceres, 2020).

1.3.1. FUNCIONES ESPECÍFICAS (Alcaldía de Cáceres, 2020)

1. Dirigir y coordinar la elaboración de planes y programas de desarrollo urbano.
2. Prepara y someter a consideración del alcalde o la junta de planeación municipal, los planes y programas presentados para el desarrollo del Municipio.
3. Recolectar la información necesaria para determinar el estado actual y los proyectos que se realicen o puedan realizar en relación con la infraestructura existente en cada una de las comunidades del Municipio.
4. Adelantar estudios de factibilidad técnica y financiera acerca de los proyectos de construcción o mejoras de planteles escolares, establecimientos de salud o casetas, centros de atención al anciano, escenarios deportivos, etc., tanto en la zona rural como en la zona urbana.
5. Fijar políticas y adoptar planes generales relacionados con la Secretaría y garantizar el cumplimiento de los términos y condiciones establecidos para su ejecución.

CAPÍTULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La instalación del sistema de iluminación en un campo deportivo es de gran importancia para la comunidad ya que permite realizar de manera idónea actividades deportivas, sociales y culturales dentro de los horarios nocturnos. El municipio de Cáceres, Antioquia cuenta con una infraestructura deportiva de un campo de fútbol, pero no tiene un sistema de iluminación ni instalaciones eléctricas.

La administración municipal a través de la secretaría de planeación desarrolla un proyecto llamado Estadio Víctor Manuel Morelos que tiene como finalidad la construcción del sistema de iluminación e instalación eléctrica de dicho complejo deportivo.

En la actualidad se pueden encontrar proyectos que no cumplen con la normatividad eléctrica vigente; Por lo tanto, se hace necesario realizar evaluación técnica del proyecto Víctor Manuel Morelos para garantizar el cumplimiento de la normativa eléctrica RETIE y RETILAP y proyectar el buen funcionamiento del sistema de iluminación e instalaciones eléctricas y que se garantice dentro del diseño del proyecto el buen servicio de energización, la preservación de la vida de las personas, animal y la protección del medio ambiente entre otros, teniendo en cuenta que una falla en la instalación eléctrica puede acarrear daños materiales y pérdidas humanas.

2.2. JUSTIFICACIÓN

El estadio Víctor Manuel Morelos está ubicado en el barrio La Magdalena del municipio de Cáceres, Antioquia, su infraestructura no cuenta con su respectivo sistema de iluminación en el campo de juego, lo cual dificulta la realización de diferentes actividades ya sean deportivas o no. La Secretaría de Planeación de la Alcaldía de Cáceres, Antioquia desarrolla un proyecto llamado Estadio Víctor Manuel Morelos en el que busca diseñar e instalar el sistema de iluminación en el estadio.

En el presente trabajo, se decide evaluar el diseño del proyecto en base a la normatividad vigente del Reglamento Técnico de Instalación Eléctrica (RETIE) donde se estudia el cumplimiento de los parámetros importantes en el diseño de la instalaciones eléctricas para garantizar que los equipos y materiales proyectados a utilizar en la instalación para generar energía eléctrica en el estadio cumplan con los objetivos de la protección de la vida de las personas, animales, preservación del medio ambiente y la prevención de prácticas que puedan provocar errores en los usuarios entre otros y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) donde se estudia la verificación y que el tipo de iluminación a utilizar en la instalación en el estadio Víctor Manuel Morelos a tienda a la protección de la vida de los usuarios y que la energización del estadio sea seguro para que se eviten accidentes por deficiencia en la iluminación.

Esta investigación será de referente para la Secretaría de Planeación de la administración municipal de Cáceres, Antioquia al evaluar el proyecto ya que, al establecer un seguimiento, control, detectar posibles irregularidades, trabajar para mejorarlas para dar viabilidad al proyecto y lograr dar cumplimiento a los objetivos.

2.4. OBJETIVOS

2.4.2. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el diseño propuesto en el sistema de iluminación en el complejo deportivo Víctor Manuel Morelos del Municipio de Cáceres, Antioquia.

2.4.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar el diseño de las instalaciones eléctricas del proyecto en el complejo deportivo Víctor Manuel Morelos del Municipio de Cáceres, Antioquia.
- Verificar el cumplimiento de la normativa vigente RETILAP y RETIE en el diseño de la instalación eléctrica e iluminación en el complejo deportivo Víctor Manuel Morelos del Municipio de Cáceres, Antioquia.
- Formular posibles soluciones a las irregularidades presentes en el diseño de iluminación e instalaciones eléctricas teniendo en cuenta las normas técnicas eléctricas vigentes (RETIE y RETILAP) para aumentar el nivel de seguridad, confiabilidad y eficiencia en el proyecto.

2.4.4. ACOTACIONES

La evaluación se realizará bajo el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) Y Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público (RETILAP).

CAPÍTULO 3. DESARROLLO

3.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los conceptos que se mencionan a continuación, permiten conocer la teoría base que sirvieron de apoyo para la realización de este trabajo.

3.1.2. ILUMINACIÓN DE ESCENARIOS DEPORTIVOS

3.1.2.1. Iluminancia horizontal

En el espacio a iluminar el cual en este trabajo es un escenario deportivo. La iluminancia horizontal cumple un papel fundamental porque es la que fija el nivel de luz en un campo de deportivo, siendo esta la que permite la visualización en los deportistas que se encuentra dentro del terreno de juego. Por ejemplo, para el uso de los elementos deportivos como un balón es de gran importancia tener un alto nivel de iluminancia horizontal ya que esta permite crear las condiciones de contraste adecuado con el fondo. La iluminancia horizontal es la responsable de la mayor parte de iluminancia del campo de juego, porque esta fija como se adapta el ojo del jugador que está dentro del terreno (RETILAP, 2009).

Tabla 1. Niveles de iluminancia horizontal por tipo de juego y nivel de competencia

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

Fuente: Tabla 560.3.1(Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, 2009)

La iluminancia que se necesita para un escenario deportivo está sujeta al nivel de competencia y al tipo de juego ya sea a nivel recreativo, entrenamiento, torneos o profesión. En Colombia la iluminación de escenarios deportivos se establece bajo unos criterios los cuales están reglamentado por el RETILAP, donde se determinan su mínimo o su máximo de luxes, las características del escenario, el costo del proyecto, el uso real ya sea en torneos, competencias, entrenamientos o recreación, como se puede observar en la tabla 1. en donde se muestra el tipo de deporte, la cantidad niveles de iluminancia horizontal dependiendo del deporte y su categoría de competencia (RETILAP, 2009).

3.1.3. MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS

“Seguidamente se presentan las definiciones de las magnitudes de más relevancia que se usaron para la verificación del diseño de iluminación del proyecto tomadas del RETILAP”.

3.1.3.1 Fotometría: Es la que permite medir la intensidad de la luz. (RETILAP, 2009).

3.1.3.2. Flujo luminoso (Φ): “Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el lúmen (lm)” (RETILAP, 2009).

3.1.3.3. Intensidad luminosa de una fuente puntal de luz en una dirección dada (L): La cantidad de flujo de luz en cada unidad angular sólida en esa dirección. Por lo tanto, este flujo de luz en una superficie pequeña, centrada y normal a su dirección, se divide por el ángulo sólido (en estereorradianes) subtendido por la superficie de la fuente I . La intensidad de la luz se puede expresar en velas (cd) o lúmenes por estereorradián (lm/sr) (RETILAP, 2009).

3.1.3.4. Iluminancia (E): “Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx)” (RETILAP, 2009).

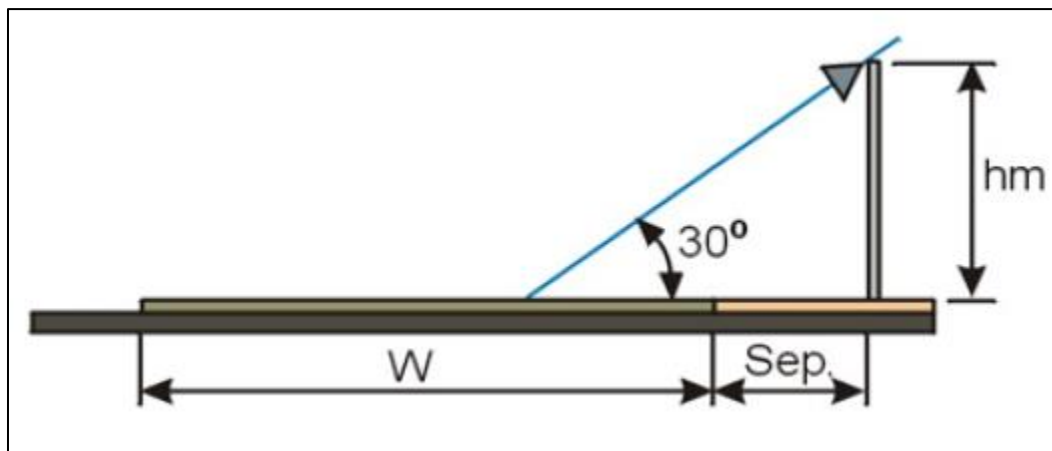
3.1.3.4. Luminancia (L): En un punto ubicado en una dirección de la superficie se interpreta como la relación entre la intensidad de la luz generada por el elemento de superficie que rodea el punto en una dirección determinada y el plano perpendicular al elemento de superficie. dirección dada. La unidad de iluminancia es candela por metro cuadrado. (cd/m²). Bajo el concepto de intensidad luminosa (RETILAP, 2009).

3.1.3.5. Eficiencia de una luminaria: “Relación de flujo luminoso, en lúmenes, emitido por una luminaria y el emitido por la bombilla o bombillas usadas en su interior” (RETILAP, 2009).

3.1.4. COLOCACIÓN DE LOS POSTES DE SOPORTE PARA LOS PROYECTORES DE ALUMBRADO DE LOS ESCENARIOS DEPORTIVOS

Cuando se pretende iluminar escenarios deportivos, se han probado estructuras de soportes con colocaciones comunes que han mostrado excelentes resultados. Los mástiles o soporte para iluminación de escenarios deportivos exteriores de uso público, se localizan en forma lateral al terreno de juego o en los vértices del terreno. La distancia mínima de separación de la base del poste y el terreno de juego depende en gran medida de la calidad del escenario (RETILAP, 2009).

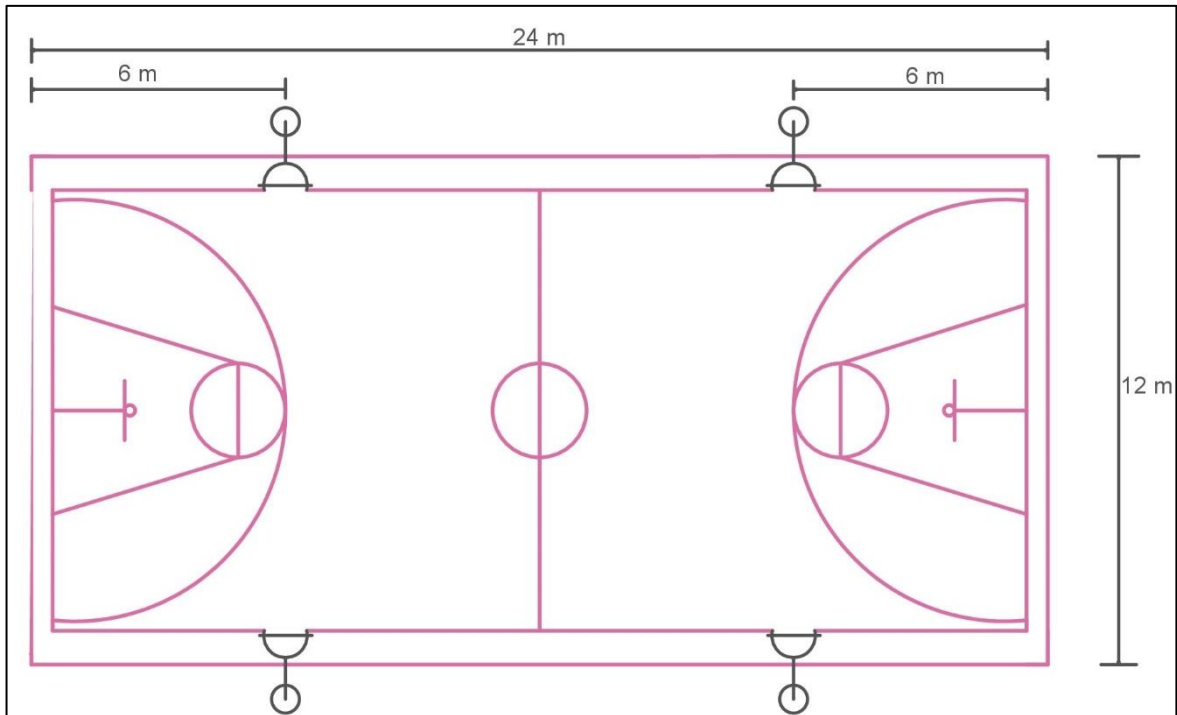
Figura 2. Manera de determinar la altura del poste en relación con el campo de juego



Fuente: (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, 2009) *Figura 560.3.3 a.*

Pero el lugar donde instalen los mástiles incide de forma significativa en su altura libre para el montaje de las lámparas. La figura 2. muestra como calcular la altura del poste, se proyecta en el diseño el haz de luz desde la cima del poste y se dirige en un ángulo de 30° bajo la horizontal, justo al frente. El haz debe llegar al plano del terreno de juego a 1/3 de su ancho (RETILAP, 2009).

Figura 3. Disposición común para la ubicación de la estructura de soporte de iluminación para una cancha de fútbol.



Fuente: (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP, 2009) Figura 560.3.3 b.

En la figura 3 se ilustra el esquema como se recomienda en que se disponga los cuatro postes de 18 20 m de altura libre a ambos lados del campo. La principal ventaja de esta disposición es que esta ubicación no obstruye la vista de las gradas a los lados del campo. Otra solución es utilizar postes con una altura libre de 16 m, dos a cada lado del campo, distribuidos simétricamente. La ventaja de este sistema es que es más económico que el anterior, pero la desventaja es que puede provocar deslumbramientos a los jugadores, especialmente al portero, debido a la orientación de los proyectores para conseguir una buena uniformidad. (RETILAP, 2009).

Las alturas de los mástiles de soporte de los reflectores para la iluminación de la cancha se pueden determinar con esta ecuación:

$$h_m = \left[\frac{w}{3} + Sep \right] * Tan(30^\circ) \text{ Fuente: (RETILAP, 2009).}$$

Donde:

h_m = Altura de montaje mínima de los proyectores

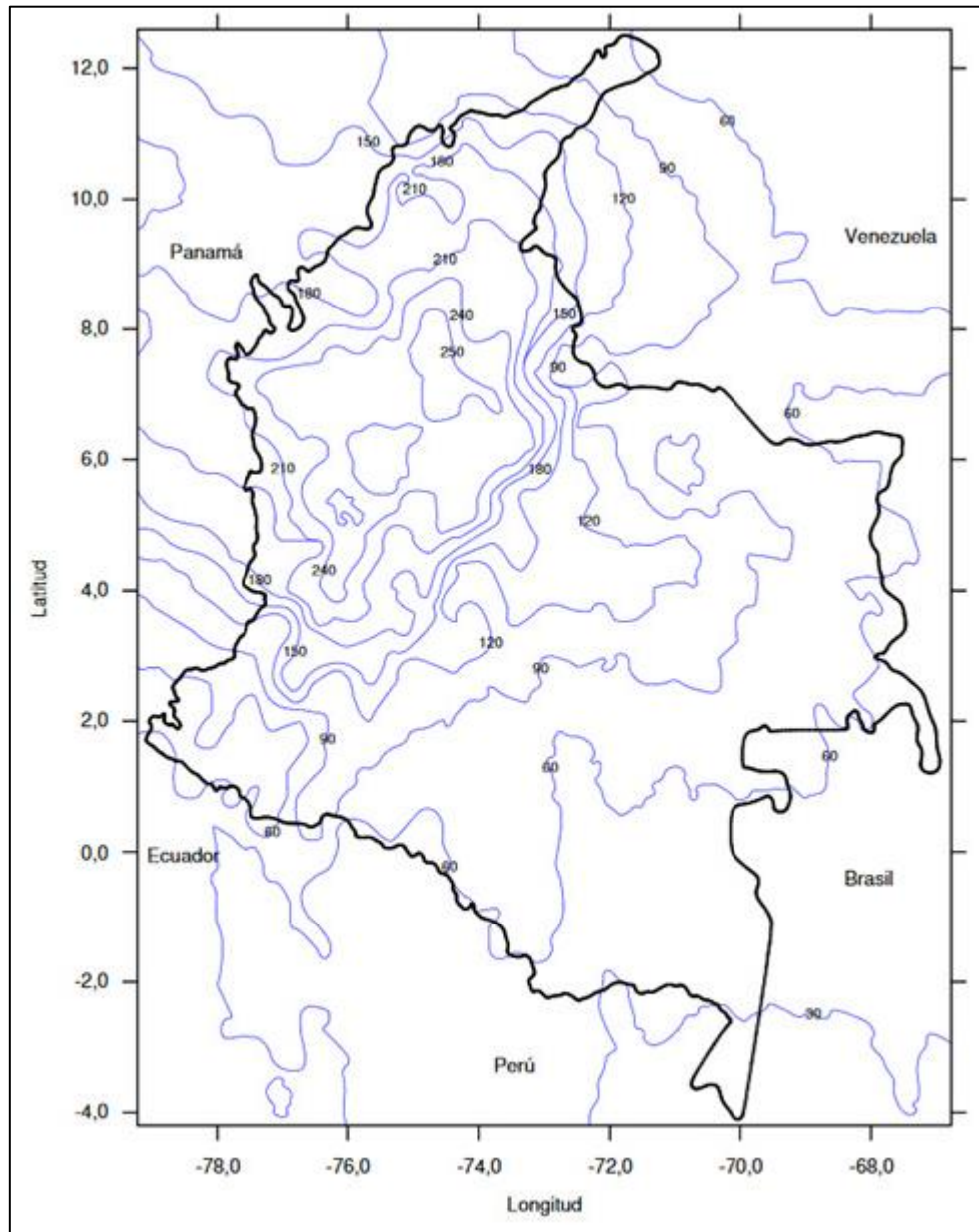
w = Ancho del campo deportivo

Sep = Separación entre el campo deportivo y la base de los postes

Estos cálculos garantizan el bajo nivel de deslumbramiento a los jugadores.

3.1.5 Niveles ceraunicos de la geografía Colombia

Figura 4. . Mapa de ISO-Niveles ceraunicos para Colombia (Área de 30 km x 30 km) - 1999



Fuente:(NTC 4552-1, 2008)

Los niveles ceraunicos es valor fue calculado en esa área de 30km x 30Km dando como resultados zonas entre 11 días y 289 días de tormentas durante el año. La figura divide el cambio de estos valores en función de la geografía Colombia para la época del 1999.

En la tabla 2 se muestra los niveles de descargas a tierra DDT de algunas ciudades de Colombia los datos fueron calculados a nivel regional en un área de 30Km X 30Km.

Tabla 2. Densidad de descarga a tierra para algunas ciudades de Colombia

Ciudad	Latitud	Longitud	Densidad promedio
Barranquilla	10,9	-74,8	1
Cartagena	10,5	-75,5	2
Corozal	9,3	-75,3	3
El Banco	9,1	-74,4	10
Magangué	9,3	-74,8	5
Montería	8,8	-75,9	2
Quibdó	5,7	-76,6	9
Santa Marta	11,1	-74,2	2
Tumaco	1,8	-78,8	1
Turbo	8,1	-76,7	5
Valledupar	10,4	-7,33	2
Riohacha	11,5	-72,9	2
Armenia	4,5	-75,8	2
Barranca	7,0	-73,8	7
Bogotá	4,7	-74,2	1
Bucaramanga	7,1	-73,1	1
Cali	3,6	-76,4	1
Cúcuta	7,9	-72,5	1
Girardot	4,3	-74,8	5
Ibagué	4,4	-75,2	2
Ipiales	0,8	-77,6	1
Manizales	5,0	-75,5	2
Medellín	6,1	-75,4	1
Neiva	3,0	-75,3	1
Ocaña	8,3	-73,4	2
Pasto	14	-77,3	1
Pereira	4,8	-75,7	4
Popayán	2,4	-76,6	1
Remedios	7,0	-74,7	12
Villavicencio	4,2	-73,5	1
Bagre	7,8	-75,2	12
Samaná	5,4	-74,8	9

Fuente: (NTC 4552-1, 2008)

METODOLOGÍA

En esta parte del trabajo se describe los métodos utilizados para realizar el análisis y los cálculos del diseño del proyecto.

- Se realizó la visita de campo en el lugar donde queda ubicado el complejo deportivo estadio Víctor Manuel Morelos con el objetivo de evaluar sus condiciones.
- Se gestionó documentos y permisos necesarios en la secretaria de planeación que se tuvieron en cuenta para realizar la respectiva evaluación del proyecto del diseño de iluminación.
- Recolección de datos técnicos a través del estudio del proyecto diseñado que tiene como finalidad realizar las instalaciones eléctricas, sistema de iluminación en el estadio Víctor Manuel Morelo, adicionalmente se realizó una revisión de las bases de datos de proyectos similares con el fin de realizar extracción de información.
- Se realizó el estudio de cumplimiento del diseño con lo que estipula el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE donde se revisó a detalle los artículos que aplican para este tipo de instalaciones eléctricas.
- Comprobación de que el diseño cumpla con lo que estipula el Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público – RETILAP.
- Emisión de juicio en base a las inconsistencias encontradas en el diseño.
- Se propuso posibles soluciones a las irregularidades presentes en el diseño de iluminación e instalaciones eléctricas teniendo en cuenta las normas técnicas eléctricas vigentes (RETIE y RETILAP).
- Realización de los cálculos de análisis de riesgo del sistema de protección contra rayo basado en NTC 4552-1, NTC 4552-2 y NTC 4552-3.

CAPÍTULO 4. REVISIÓN DEL DISEÑO

4.1. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL PROYECTO EN EL COMPLEJO DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS

El complejo deportivo cuenta con los planos arquitectónico y con los planos eléctricos en el diseño postulado en la incubadora de proyectos de la secretaría de planeación del municipio de Cáceres, por consiguiente, no se hace necesario hacer el levantamiento.

4.2. PLANOS ELÉCTRICOS DEL COMPLEJO DEPORTIVO VÍCTOR MANUEL MORELOS

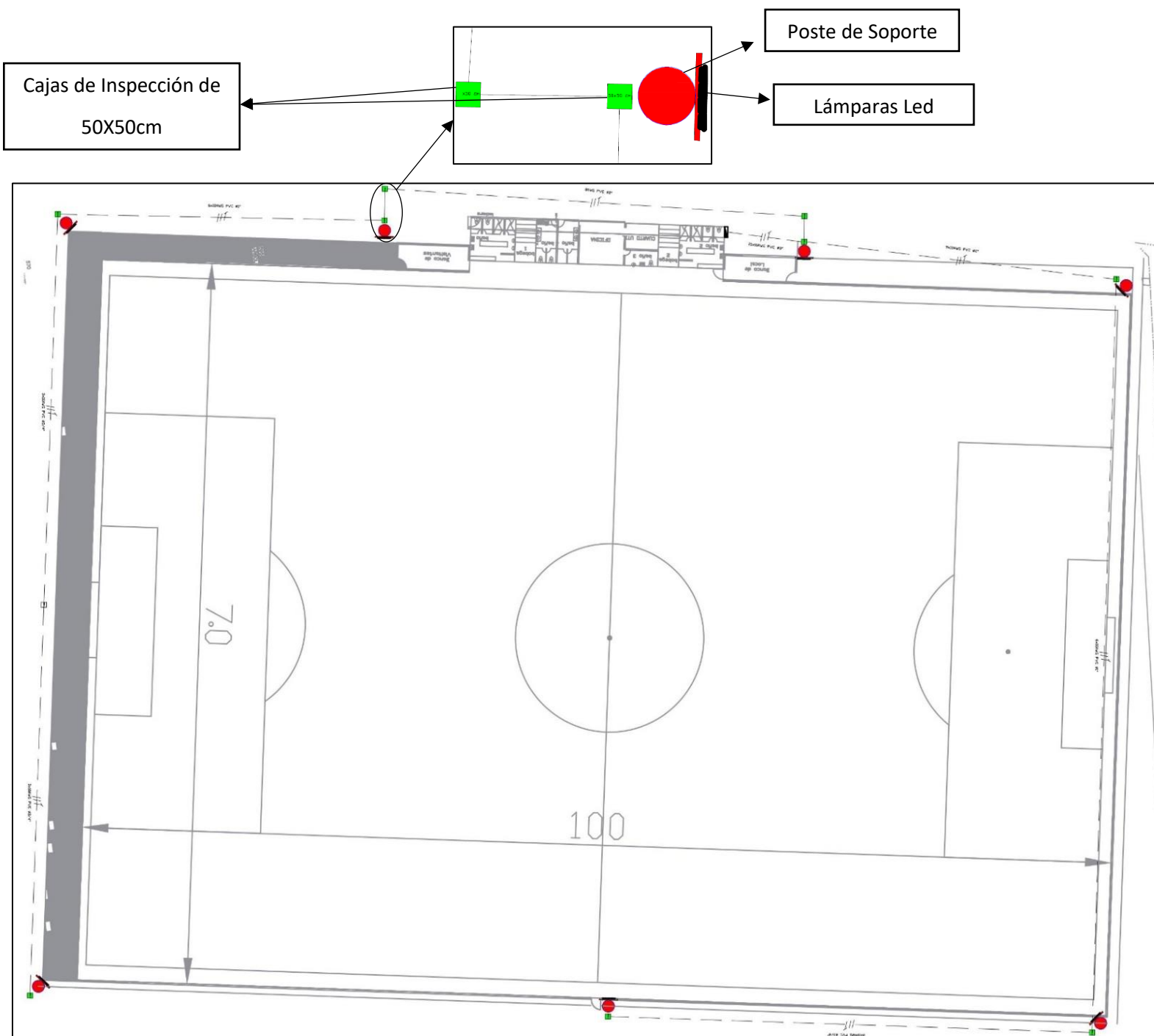
Figura 5. Convenciones de los planos eléctricos

Convenciones	
Simbolo	Detalle
	Luminaria tipo led 2x18w
	Luminaria tipo led 1x18w
	Toma doble 125V 15A
	Luminaria tipo led 400w
	Caja de paso 50x50 cm
	Tablero control de iluminación
	Red de energía conductor de fase
	Red de energía conductor de neutro
	Red de energia conductor de puesta a tierra
	Tubería por piso o muro
	Tubería expuesta EMT
	Iluminación con poste de soporte
	Poste de concreto 12m
	Tablero de Distribución Principal
	Transformador 1 ϕ .
	Línea primaria a 7,6 KV
	Línea primaria a 13,2 KV
	Contador de energía activa y reactiva 1F, 3H, 5(100)A, 240/120V Clase 1

Fuente: (Mercado, 2022)

En la figura 5 se muestran las convenciones utilizadas para la elaboración del plano eléctrico donde se observa los diagramas y su correspondencia.

Figura 6. Planos arquitectónicos del complejo deportivo Víctor Manuel Morelos

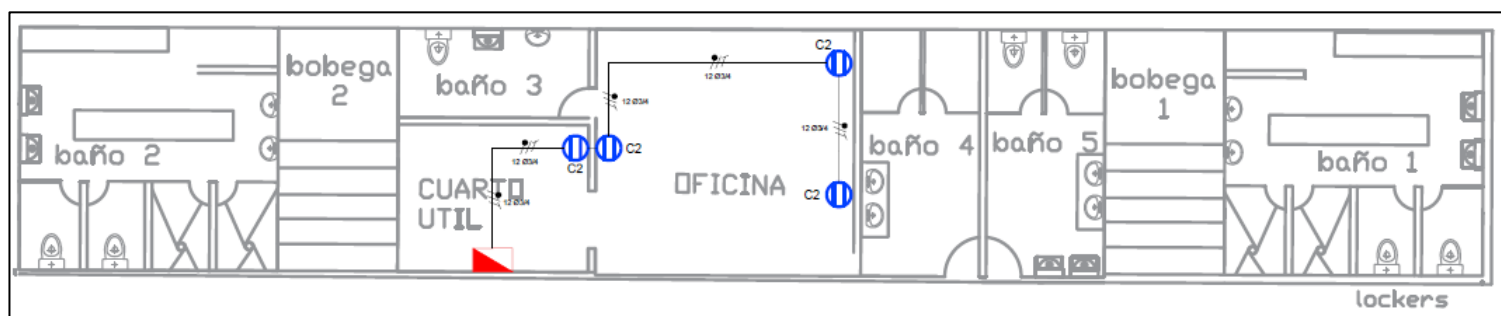


Fuente: (Mercado, 2022)

En la figura 6 se muestra los planos del circuito eléctrico de iluminación de la cancha donde se pretende la construcción de diez cajas de inspección de 50 x 50cm RS3-002, las cuales se muestran en el plano de color verde y la instalación de los siete mástiles distribuido alrededor del campo de juego se denotan con un esquema en el plano de color rojo como se muestra a detalle en la parte superior de la figura 6, la estructura de soporte tiene una altura de 12 metros para cada mástil donde se pretende instalar las 4 lámparas led la iluminación de la cancha.

El complejo deportivo está construido en un área de $7592m^2$, cuenta con 5 baños, una oficina dos bodegas y la cancha de futbol como se muestra en la figura 6 y 7

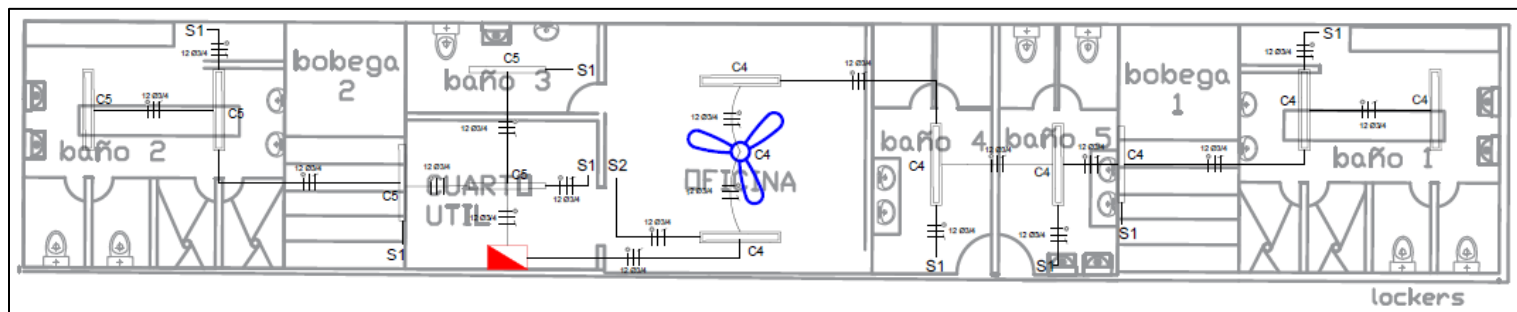
Figura 7. Planos de circuito eléctrico de iluminación de los baños, oficina y bodegas del complejo deportivo Víctor Manuel Morelos



Fuente: (Mercado, 2022)

Se observa en la figura 7 y 8 el diseño de los circuitos eléctricos de iluminación y tomacorrientes de los de los baños, oficina y bodegas del complejo deportivo Víctor Manuel Morelos, donde se detallan la ubicación, la altura de las tomas corrientes y las lámparas.

Figura 8. Planos de circuito de eléctrico de tomas corriente de los baños, oficina y bodegas del complejo deportivo Víctor Manuel Morelos.



Fuente: (Mercado, 2022)

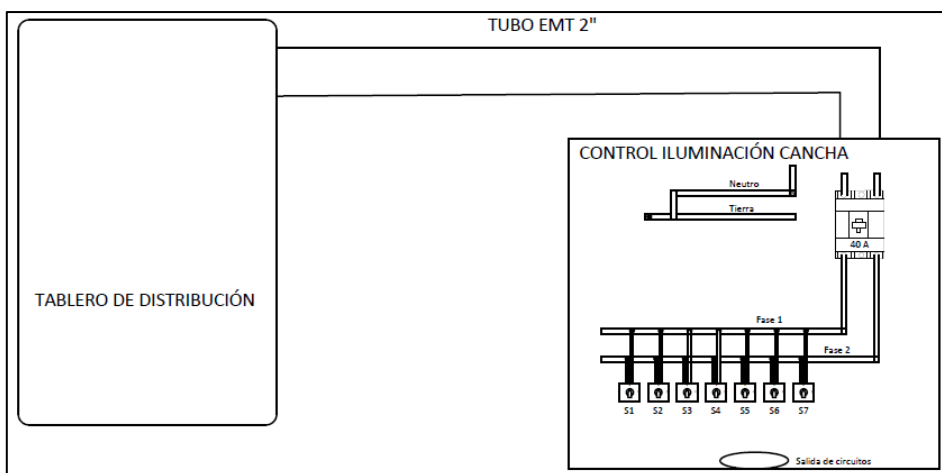
Tabla 3. Cuadro de cargas del complejo deportivo Víctor Manuel Morelos

Cuadro de Cargas Cancha								
Tablero de control monofásico, 1F, 4H, 150Amp., 120/240V								
Circuito	Tomas		Lámparas	Potencia	Calibre	Protección	Tubería	Descripción de la Carga
	110	220						
1-3	-	1	28	11.200W	3No.8	2 x 40A	2"	Iluminación cancha
2	4	-	-	320W	3No.12	1 x 20A	3/4"	Tomas oficina
4	1	-	7	320W	3No.12	1 x 20A	3/4"	Iluminación derecha
5	-	-	5	130W	3No.12	1 x 20A	3/4"	Iluminación izquierda
	5	1	40	11.970W	3No.6	2 x 60A	Ø2"	Total

Fuente: (Mercado, 2022)

En la tabla 3 se muestra el cuadro de carga del complejo deportivo Víctor Manuel Morelos en el cual se enumeran los circuitos con sus cargas, calibre del conductor, ductería, protección y una breve descripción de los tipos de cargas por cada circuito ramal.

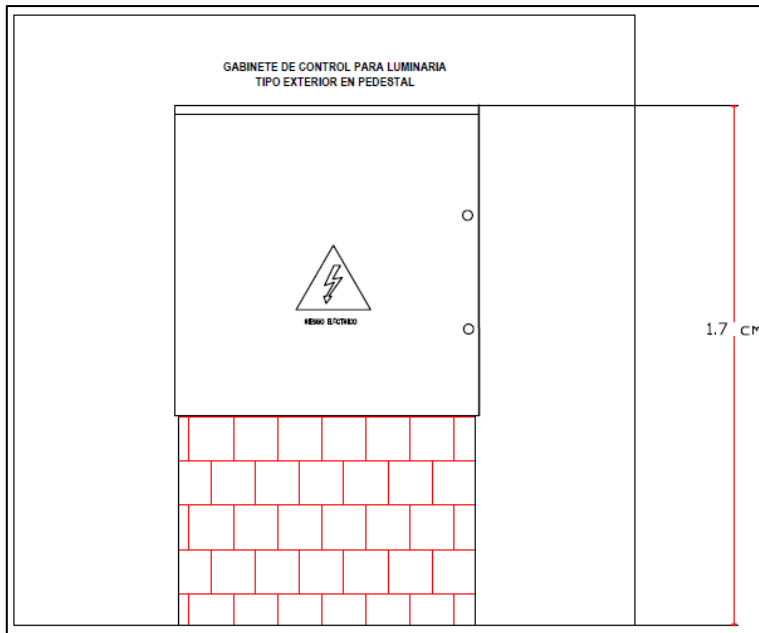
Figura 9. Esquemático de conexión tablero de distribución al tablero de iluminación de la cancha del complejo deportivo Víctor Manuel Morelos.



Fuente: (Mercado, 2022)

Se observa el tablero de distribución y la conexión del circuito ramal de iluminación de la cancha de fútbol en la figura 9, en el tablero de control de iluminación se muestra el totalizador y las 7 derivaciones independientes para cada grupo de proyectores con su respectiva protección contra cortocircuito.

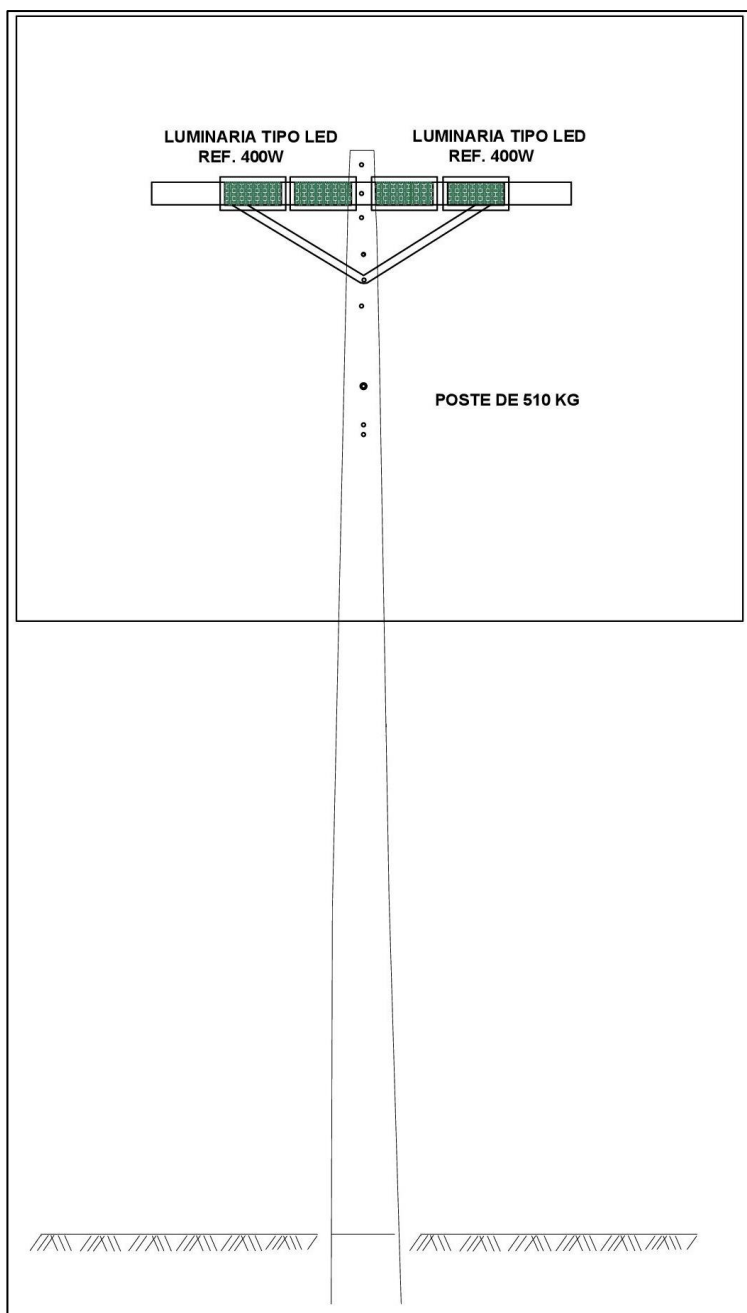
Figura 10. Gabinete de control de iluminación de la cancha del complejo deportivo Víctor Manuel Morelos.



Fuente: (Mercado, 2022)

en la figura 10 se muestra el diseño del gabinete de control para la iluminación tipo exterior en pedestal en el cual se encontrarán alojado las protecciones de la iluminación y el circuito de control de las luminarias tipo led.

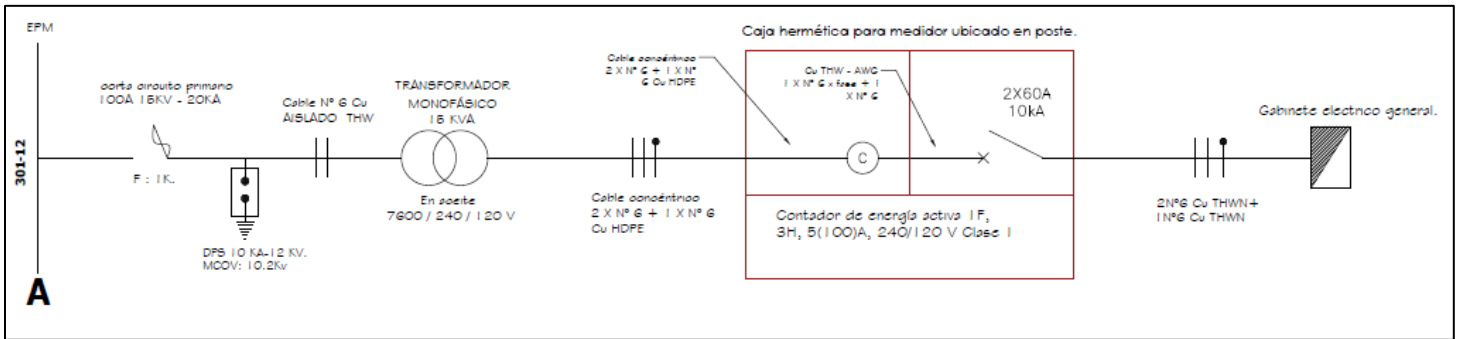
Figura 11. Postes de soporte de las luminarias de la cancha del complejo deportivo Víctor Manuel Morelos.



Fuente: (Mercado, 2022)

En la figura 11 se observa la forma de instalación de los siete mástiles de 12 metros de altura con cuatro reflectores tipo Led de 400W en cada mástil y una caja de derivación en cada uno de ellos.

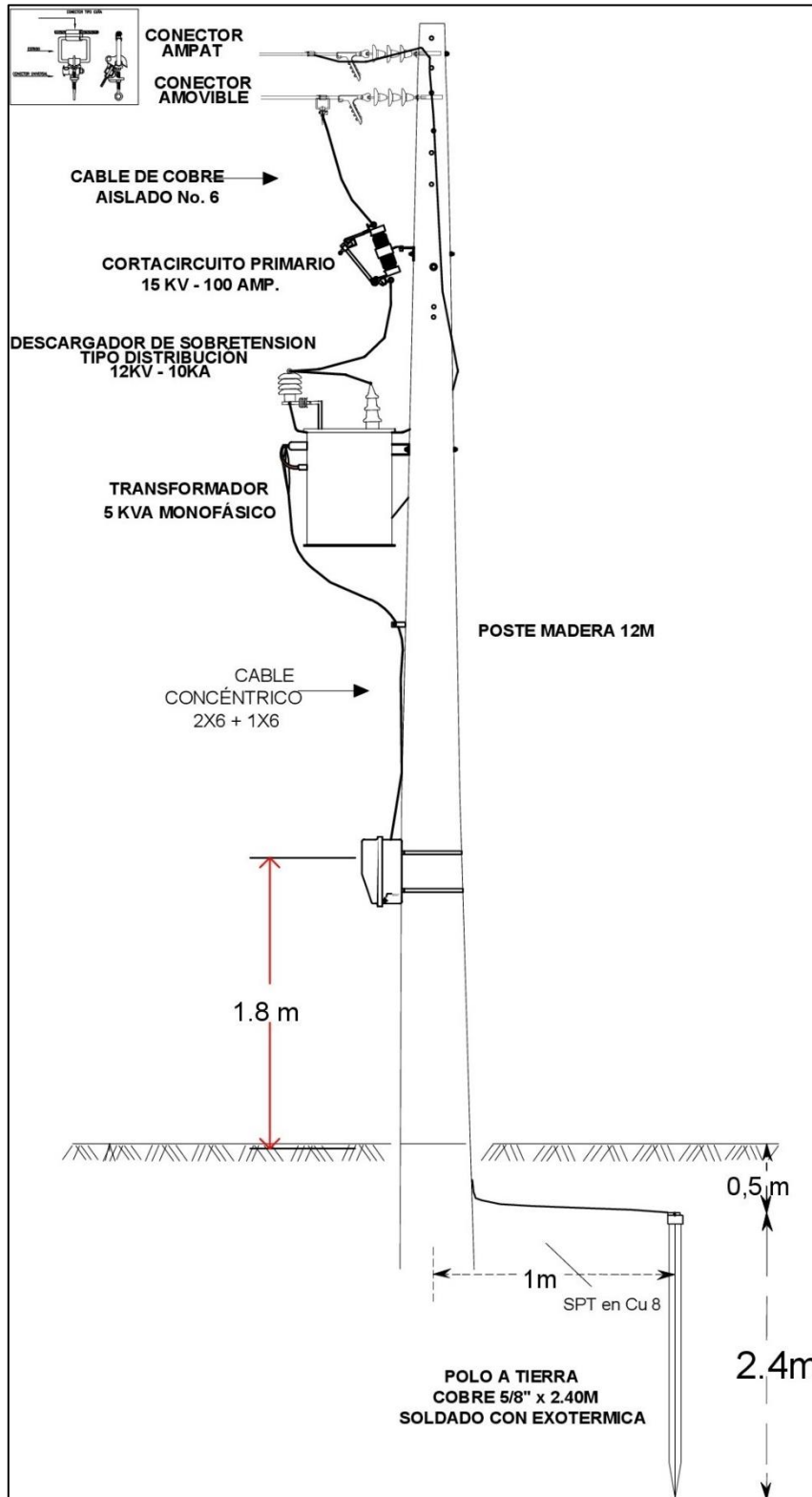
Figura 12. Diagrama unifilar del deportivo Víctor Manuel Morelos.



Fuente: (Mercado, 2022)

Se observa en la figura 12 un diagrama simplificado donde se divide la red secundaria monofásica de media tensión 60m lineales (ML) de Cable Multiplex Triplex Aislado de 2 x 4 + 4 ACSR, con protección corta circuito con capacidad $I_n = 100A$, $V = 15KV$ y $I_{CC} = 20KA$ y un Dps descargador de sobretensión tipo distribución de 12KV - 10KA para la protección del transformador monofásico 15 KVA en aceite con tensiones de 7620/240/120. para la acometida secundaria de baja tensión que alimenta la caja de distribución el conductor 1N°6 Cu THWN POR FASE + 1N°8 Cu THWN 18 (ML) se tiene un gabinete de medida directa para 15 KVA monofásico. Incluye medidor de energía activa 1F, 4H, 5(60)A, 2x240/120 V Activa clase 1, breaker 2 x 60 A / 10 KA.

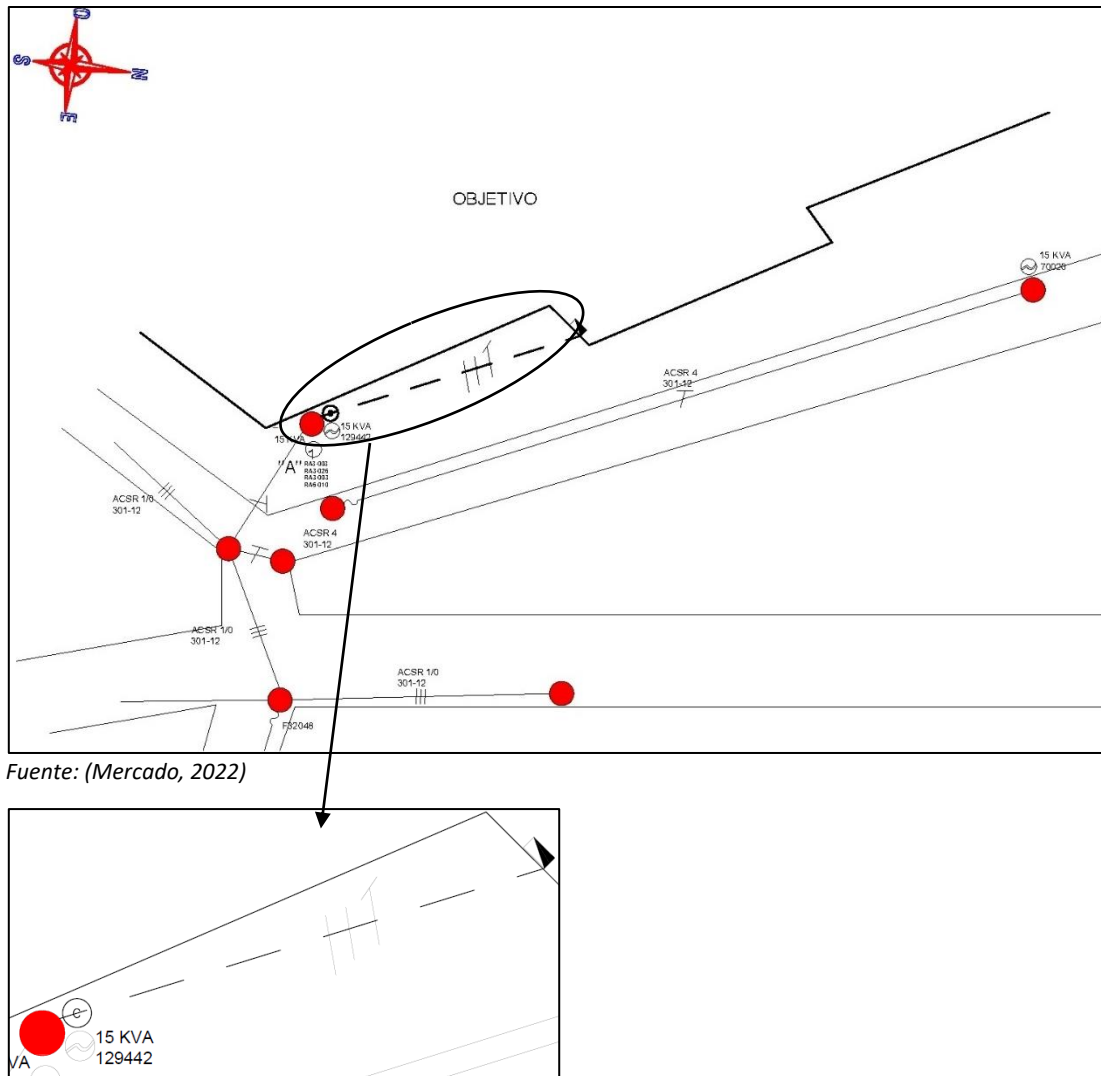
Figura 13. Montaje del transformador vista lateral.



Fuente: (Mercado, 2022)

La figura 13. Muestra la subestación tipo poste de cómo se realizará la conexión de red de media tensión que permitirá la alimentación de un transformador monofásico con capacidad de 15KVA, tensiones de 7620/240/120V, que se ubicará en un montaje de transformador tipo convencional RA3-026 y que se localizará en un poste de 12MX750KG.

Figura 14. Acometida para el complejo deportivo



La figura muestra cómo se instalará la acometida que es de tipo bifásica trifilar subterránea con una longitud de 35m desde el transformador hasta el gabinete principal.

CAPITULO 5. ESTUDIO DE CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE RETILAP Y RETIE

Tabla 4. *Requisitos específicos de la subestación tipo poste* (RETIE, 2013)

ARTICULO RETIE	PARÁGRAFO	ASPECTO	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
24	a Si el transformador es menor o igual a 112,5 KVA y pesa menos de 600 kgf, deberá instalarse en un solo mástil con una resistencia a la rotura por encima de los 510 kgf	Verificar que el diseño cumpla con lo que estipula en Artículo 24 del RETIE para subestaciones tipo poste	Cumple	El diseño de la subestación tipo poste cumple con la exigencia del párrafo a ya que el poste de soporte del transformador tiene una resistencia de rotura de 750kgf, no menor a 510 kgf la cual es la mínima para instalaciones de este tipo como se muestra en la figura 13.
	b En áreas rurales o pueblos pequeños, cuando se tienen transformadores que están por debajo de los 25 kVA se pueden instalar en postes de madera con una resistencia a la rotura de menos de 510 kgf.		No Aplica	Ya que la instalación se hará en zona urbana
	c Toda subestación tipo poste debe tener por lo menos en el lado primario del transformador protección contra sobrecorrientes y contra sobretensiones (DPS).		Cumple	La subestación tipo poste tiene disipativo de protección contra sobretensiones (DPS) en el lado primario del transformador como se muestra en la figura 13.
	d El DPS debe instalarse en el camino de la corriente de impulso y lo más cerca posible de los bujes del transformador.		Cumple	En el diseño el DPS se muestra instalado en la línea de fase y a una distancia menor a los 50cm del transformador como se muestra en la figura 13
	a		Cumple	la carcasa del transformador está

	El transformador debe tener el punto neutro y la carcasa sólidamente conectados a tierra.			conectado sólidamente a tierra como se muestra la figura 13.
	f Durante la instalación se deberá asegurar que se respetan las distancias de seguridad especificadas en el artículo 13 de este anexo general.		Cumple	en las instalaciones eléctricas del complejo deportivo Víctor Manuel Morelos se respetan las distancias de seguridad establecidas por el Artículo 13 del RETIE
	g Los elementos de fijación del transformador deben soportar por lo menos 2,5 veces el peso de este.		Cumple	En el diseño se considera que los elementos de sujeción del transformador soporten 2,5 el peso este.
	H Las conexiones en media tensión, deben tener una forma y rigidez mecánica que no permitan que se muevan con el viento o la vibración de modo que entren en contacto con partes que no deben estar energizadas o se acerquen a puntos de arco.		Cumple	Se cumple lo que estipula este parágrafo para sujeción de punto de conexión con el fin de suprimir los movimientos mecánicos, las vibraciones producidas por el viento y evitar el contacto con partes que no se deben energizar como se observa en la figura 13.
	i Para garantizar la seguridad tanto del personal del OR, como del público en general, deberán cumplirse las condiciones de sistema de puesta a tierra de vigencia establecidas en el artículo 15 de este anexo general.		Cumple	Con el fin de mantener la seguridad se cumple lo establecidos en el artículo 15° de este Anexo General de sistema de puesta a tierra como se muestra en la figura 13 y en la tabla 14.
	j El DPS que protege el transformador debe instalarse cumpliendo la Figura 20.2.		Cumple	El DPS se instala según lo que indica el Artículo 20.2 en la imagen que muestra el esquema general de un DPS en modo común según lo que se muestra en la figura 13.

Fuente: Elaboración propia

5.2. ALIMENTACIÓN BAJA TENSIÓN DEL CIRCUITO

5.2.1. REQUISITOS GENERALES PARA LAS INSTALACIONES DE USO FINAL

Tabla 5. Acometida (RETIE, 2013)

ARTICULO RETIE	PARÁGRAFO	ASPECTO	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
27.3	a Las acometidas en vías de circulación deberán cumplir los siguientes requisitos: los cables deberán estar firmemente fijados tanto a la estructura de soporte de la red general como la de edificación, la altura no deberá ser inferior a 5,5 m.	Verificar que el diseño cumpla con lo que estipula en Artículo 27.3 del RETIE para la Acometida	No Aplica	En el diseño la acometida se considera de tipo subterránea como se evidencia en la figura 14
	b El cable de acometida aérea de baja tensión debe ser de tipo antifraude como el concéntrico, o trenzado cumplir una norma técnica como la UL 854 o la NTC 4564.		No Aplica	La acometida para el complejo deportivo en el diseño se contempla de tipo subterráneo como se logra ver en la figura 14
	c Se debe asegurar que la regulación de tensión en la acometida no supere el 3%. En lugares con bajo nivel de fraude.		Cumple	Según los cálculos presentados para la regulación de tensión está por debajo del 3% como se muestra en la tabla 6
	d En la fachada no se permite el uso de conductores a la vista, ni incrustados directamente, los cables que lleguen a la caja del medidor deben ser encerrados en tubería metálica incrustada y en los lugares donde por limitaciones de los materiales de las paredes no se pueda hacer la incrustación, la canalización debe ser certificada para intemperie y a prueba de impacto no menor		Cumple	en el diseño se considera que los cables que lleguen a la caja del medidor estén ducto metálico IMC incrustada.

	al de la tubería metálica tipo intermedio.			
	e En la instalación de la acometida se deben tomar las medidas necesarias para evitar que esta se convierta en canal de transporte de agua lluvia a la fachada o al equipo de medida.		Cumple	El en diseño se tomaron las medidas necesarias para que el cable no transporte agua hasta e medidor
	f Se podrán aceptar conductores de acometida empalmados, siempre que para el empalme se utilice un procedimiento técnico aprobado y aceptado por el Operador de Red.		No Aplica	La Acometidas no presenta empalmes como

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Regulación de tensión

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)	
Carga:	11950 VA 11,95 kVA
Longitud del circuito:	35 m
Tensión del sistema	240 V
FP:	1
Calibre del Cable:	6 < 1 Cond. por fase
Material de la tubería:	Acero
R:	1,61 OHM/kM
X:	0,21 OHM/kM
$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \sin\theta)}{5 \times kV^2}$ $k=0,0055$ $\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$	
Caída de tensión: $\Delta V(\%) = 2,33$ Voltaje Final: 234,38 V	

Fuente: (Mercado, 2022)

En la tabla 6 muestra los datos tenidos en cuenta para el cálculo de la regulación de tensión donde se denota la potencia total de consumo del complejo deportivo que es de 11,95KVA, la longitud de la acometido ósea desde el transformador hasta el gabinete principal que es de 35m, la tensión de línea del sistema que es de 240V, el factor de potencia que se considera unitario por el autor del diseño, resistencia y reactancia del conductor, calibre del conductor que para este caso se seleccionó un #6 AWG el cumple según los resultados de regulación de tensión que muestra el cual esta por debajo del 3% como lo exige el reglamento RETIE.

Se realizará los respectivos cálculos de la regulación de tensión para comprobar si los datos mostrados en la tabla 6 efectivamente concuerdan con las características expuesta para esta acometida.

Tabla 7. Protección de las instalaciones de uso final (RETIE, 2013)

ARTICULO RETIE	PARÁGRAFO	ASPECTO	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
27.4	a Todas las instalaciones para uso final de la electricidad, deben contar con elementos y medidas de protección para impedir los efectos de las sobrecorrientes y sobretensiones, resguardar a los usuarios de los contactos directos a partes energizadas y anular los efectos de los contactos indirectos.	Verificar que el diseño cumpla con lo que estipula en Artículo 27.4 del RETIE para la Acometida	No Cumple	El diseño no cumple con los requisitos establecidos en el Artículo 27.4 del RETIE para instalaciones de acometida ya que no se evidencia las protecciones contra sobretensiones en baja tensión, como se muestra en la figura 9 y 12.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Medidas de protección contra contacto directo o protección básica (RETIE, 2013)

ARTICULO RETIE	PARÁGRAFO	ASPECTO	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
27.4.1	a Se debe contar con el aislamiento apropiado acorde con el nivel de tensión de la parte energizada.	Verificar que el diseño cumpla con lo que estipula en Artículo 27.4 del RETIE para la Medidas de protección contra contacto directo o protección básica	Cumple	Tiene el aislamiento adecuado para los diferentes niveles de tensión presentes
	b Se debe asegurar el alejamiento de las personas a partes bajo tensión.		Cumple	Mediante el ducto se asegura el alejamiento de las personas a las partes energizadas
	c Se deben colocar obstáculos o barreras que impidan el acceso de las personas no autorizadas a las partes energizadas.		Cumple	Con gabinetes asegurados se garantiza que las personas no autorizadas accedan a las partes energizadas como se muestra en la figura 10.
	d En algunos tipos de aplicaciones, se deben emplear sistemas de muy baja tensión (< 50 V en locales		No Aplica	

	secos, < 24 V en locales húmedos).			
	e Se debe disponer de dispositivos de corte automático de la alimentación en cada circuito.		Cumple	Dentro del diseño se muestra protección de corto circuito para todos los circuitos ramales como se muestra en la figura 12 y 9
	f En las áreas donde la instalación genere mayor vulnerabilidad de la persona al paso de la corriente, tales como lugares húmedos, se deben utilizar interruptores diferenciales de alta sensibilidad (GFCI o RCD).		No Aplica	En el diseño los baños no tienen circuitos de tomas corrientes por consiguiente no podrían estar las tomas GFCI, como se muestra en la figura 7.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Medidas de protección contra contacto indirecto o protección por falla (RETIE, 2013)

ARTICULO	PARÁGRAFO	ASPECTO	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
RETIE 27.4.2	a El aislamiento debe ser adecuado para el nivel de tensión de los equipos.	Verificar que el diseño cumpla con lo que estipula en Artículo 27.4.2 del RETIE para la Medidas de protección contra contacto indirecto o protección por falla	Cumple	El nivel de aislamiento es el adecuado para el voltaje de alimentación de los equipos
	b Toda instalación eléctrica debe disponer de un sistema de puesta a tierra, a menos que en el presente Anexo General o normas técnicas internacionales establezcan lo contrario.		Cumple	Todos los circuitos ramales e independientes poseen puesta a tierra lo cual se evidencia en la figura 6, 7, 8, 13 y 14
	c Todas las carcasas o masas de equipos deben contar con conexión a tierra, que protejan a las personas frente a las corrientes de fuga.		No Cumple	dentro del diseño no se hace la recomendación de que las carcasas de los equipos estén conectadas a tierra como se muestra

				en la figura 6, 7, 8, 13, 14 y en la tabla 14
	d Se debe buscar la inaccesibilidad simultánea entre elementos conductores y tierra.		No Aplica	
	e Se debe disponer de conexiones equipotenciales.		Cumple	Se tienen sistemas de puesta a tierra
	f Los circuitos protegidos por un interruptor diferencial de fuga deben operar con una curva de sensibilidad que supere la exigencia de la curva C1 de la Figura 9.1 del presente Anexo.		No Cumple	Dentro del diseño no se presentan equipos de protección de tipo Diferencial como se muestra en la figura 9 y 12.
	g En algunas instalaciones se deben utilizar sistemas de muy baja tensión.		No Aplica	No son necesarios los sistemas de muy baja tensión
	h En algunas instalaciones se debe disponer de circuitos aislados galvánicamente, con transformadores de seguridad.		No Aplica	No se necesita transformadores aislados galvánicamente

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Protecciones contra sobrecorrientes (RETIE, 2013).

ARTICULO RETIE	PARÁGRAFO	ASPECTO	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
27.4.3	a Toda instalación eléctrica para el uso final de la electricidad debe contar con protección automática contra sobrecorriente.	Verificar que el diseño cumpla con lo que estipula en Artículo 27.4.3 del RETIE para la Protecciones	Cumple	Dentro del diseño se contempla protecciones contra corto circuito automático como se muestra en la figura 9.
	b		Cumple	Los circuitos eléctricos están protegidos contra

	Cada circuito debe ser provisto de un interruptor automático, que lo proteja de sobrecorrientes.	contra sobrecorrientes		sobre corriente como se muestra en figura 9.
	c La corriente de disparo del interruptor no debe superar la corriente a la cual el aislamiento del conductor o los equipos asociados, alcancen la temperatura máxima de operación permitida.		Cumple	Las características de protección del interruptor automático coinciden con las del conductor a proteger
	d El tablero donde se alojen los interruptores automáticos debe ser fácilmente accesible.		Cumple	Donde se dispones los interruptores automáticos es de fácil acceso como se muestra en la figura 6, 7 y 8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. *Diseño de las instalaciones eléctricas* (RETIE, 2013)

ARTICULO RETIE	PARÁGRAFO	ASPECTO	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
10.1	a Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.	Verificar que el diseño cumpla con lo que estipula en Artículo .1del RETIE para el diseño de las instalaciones eléctricas	No Cumple	Porque se descarta el estudio de armónicos
	b Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.		Cumple	EL análisis de coordinación de aislamiento eléctrico se divide en la tabla 12
	c Análisis de cortocircuito y falla a tierra.		Cumple	El operador de red E.P.M proporciona la disponibilidad de energía y potencia, así como el valor de la corriente de cortocircuito. Se evidencia el documento con la simulación de las corrientes de falla de acuerdo al programa

				ECODIAL el cual se ve en la tabla 13.
	d Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.		No cumple	Se descarta el análisis SIPRA en el proyecto, Pero en la zona se presentan tormentas eléctricas constantemente se denomina unas de las zonas donde se presentan más tormentas eléctricas durante el año, las instalaciones en lugar son las de mayor altura como se muestra en la tabla 2 donde muestra que la ciudad más cercana que es el bagre tiene niveles DDT = 12
	e Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.		Cumple	Es un proyecto nuevo, de los cuales se proyecta que muchos de los inconvenientes eléctricos que se tengan, como señalización, ausencia de sistemas de puesta a tierra, ausencia de tensión, mal estado de los equipos problemas en el aislamiento de los conductores, se puedan despreciar, siempre y cuando se garantice un buen mantenimiento en las instalaciones eléctricas
	f Análisis del nivel tensión requerido.		Cumple	El análisis de tensión requerido es de acuerdo a la disponibilidad del servicio que entrega el operador de red la región. En este caso la alimentación principal es por baja tensión 220 Voltios.

	g Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1		No Aplica	no existen fuentes cercanas al proyecto que generen estos tipos de riesgos electromagnéticos
	h Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.		No Cumple	El argumento para descartar estos cálculos no es válido ya que la carga de iluminación es no lineal
	i Cálculo del sistema de puesta a tierra.		Cumple	Los datos de los cálculos de puesta a tierra se muestran en la tabla 14
	j Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.		Cumple	Los datos económicos de conductores, perdidas y costos de la energía. Se muestran en la tabla 15
	k Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.		No Cumple	Se verifica los conductores, I_{CC} del circuito y la capacidad de corriente del conductor en la tabla 16 donde no se muestra tiempos de disparo de los interruptores
	l Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.		No cumple	No presenta los Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos
	m Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la		cumple	Si Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes se muestra en la tabla 13.

	coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A			
	n Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).		No Cumple	No presenta los Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos
	o Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.		No Cumple	Dentro del análisis detallado se descartó el análisis de armónicos argumentando que las cargas presentes en su mayoría son lineales
	p Cálculos de regulación.		Cumple	En el análisis detallado se presenta el cálculo de regulación de tensión el cual está dentro el porcentaje tolerable que como máximo un 3% como se demuestra en la tabla 6
	q Clasificación de áreas		No Aplica	No aplica por no ser instalaciones especiales.
	r Elaboración de diagramas unifilares.		Cumple	En los planos adjuntos se encuentran los diagramas unifilares completos del proyecto como se muestra en la figura 12.
	s Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.		Cumple	Se adjuntan planos con esquemas eléctricos que guíen la construcción como se muestran en la figura 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13 y 14
	t Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y		No Cumple	No se adjunta informe eléctrico donde se detallan las especificaciones de materiales como temperatura de operación, aislamiento,

	materiales y sus condiciones particulares.			las cuales deben de cumplir con todas las normativas vigentes de construcción, prácticas y otras disposiciones.
	u Establecer las distancias de seguridad requeridas.		Cumple	La red será canalizada, cumple con el artículo 13 del RETIE
	v Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.		No cumple	No se requirió de desviación de la NTC 2050.
	w Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.		No Aplica	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 que corresponde a las instalaciones eléctricas se concluye lo siguiente:

- No se conocen las dimensiones ni las características de las protecciones del tablero principal y en la subestación no está claro el tipo de fusible, no se encontraron datos de magnitud de la falla y el tiempo de despeje, en conclusión, no se presenta a detalle la coordinación de protecciones para evaluar, por lo tanto, se imposibilita hacer los respectivos cálculos y análisis.
- Dentro del diseño se descartó el análisis de riesgo contra rayo por lo cual se procese a hacerlo ya que el lugar donde se ejecutará el proyecto está ubicado en unas de la zona del país donde se presentan más tormentas al año según el mapa que se muestra en la NTC 4552-1 en el Mapa de ISO-Niveles ceraunicos para Colombia del 1999.
- Con respecto al valor de la resistividad que se muestra en la tabla 14, presentado para la realización de los cálculos de la malla de tierra Falta sustentación de este valor ya que existe una gran desviación con respecto a los valores normalizados para el tipo de terreno en el cual se encuentra ubicado.

Tabla 12. Coordinación De Aislamiento Eléctrico

NOMBRE DEL PROYECTO		ESTADIO VÍCTOR MANUEL MORELOS	
DATOS DEL SISTEMA			
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALORES	
		Primario	Secundario
Máxima corriente de cortocircuito	kAmp	1.83	8,00
Frecuencia nominal	Hz	60	
Altura sobre el nivel del mar	MSNM	50	
Longitud de la red de alimentación y salida de la subestación	Km	N/A	0,015
Tensión nominal Primaria/Secundaria del sistema en kV	kV	7.620	0.208
Factor de sobretensión máxima del sistema		1,2	1,1
Tensión máxima del sistema	KV	7.62	0,240
RANGOS DE PROTECCION			
Rango de protección 1 Nivel Alto calculado $RP1 \geq 1,15$		CUMPLE	CUMPLE
Rango de protección 2 Nivel de seguridad calculado $RP2 \geq 1,2$		CUMPLE	CUMPLE
Rango de protección 3 Nivel de Protección calculado $RP3 \geq 1,15$		CUMPLE	CUMPLE
VERIFICACION DE CUMPLIMIENTO DE MARGENES DE PROTECCION			
Margen de protección 1 calculado $MP1 \geq 1$		2,12%	1,93%
Margen de protección 2 calculado $MP2 \geq 1$		2,53%	1,79%
Margen de protección 3 calculado $MP3 \geq 1$		2,52%	3,17%

Fuente: (Mercado, 2022)

En la tabla 12 se muestra los datos necesarios para realizar la coordinación de aislamiento eléctrico como la máxima corriente de corto circuito en el primario y secundario del transformador, frecuencia nominal del sistema que nuestro caso es de 60Hz, la Altura sobre el nivel del mar, Longitud de la red de alimentación y salida de la subestación, Tensión nominal Primaria/Secundaria del sistema en kV, Factor de sobretensión máxima del sistema y tensión máxima del sistema. Según lo que se evidencia en la tabla se cumple con los rangos de protección.

Tabla 13. Cálculo de Corriente Máxima de Corto Circuito

Calculo de Corriente máxima de Corto Circuito			Formula Aplicada
Calibre del Cable:	6		$I_{cc} = A \sqrt{\frac{0,0297}{\log\left(\frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}\right)} \cdot t}$ Donde: I_{cc}: Corriente de Corto Circuito A: Área del Conductor en MCM t: Tiempo de Corto Circuito en seg. T_1: Temperatura de operación del cable T_2: Temperatura Max. De Corto Circuito Fuente: Okonite
Área:	26240	CMIL	
Frecuencia:	60	Hz	
Duración del Corto C:	100 1,67	Ciclos Seg	
Temp. De Operación:	90	°C	
Temp. Max Corto C:	250	°C	
Corriente de CC:	1,46 kA		

Fuente: (Mercado, 2022)

En la tabla 13 se presentan los datos necesarios para el calculo de la corriente de corto circuito donde se muestra el calibre del conductor, área de la instalación, frecuencia de red, duración del corto circuito en ciclos, temperatura de operación y temperatura máxima de corto circuito que para este caso es de 250°C, el calculo de la corriente máximas de corto circuito para este sistema dio como resultado 1,46KA.

En la tabla 14 se muestran los cálculos para la malla de puesta a tierra donde se denota a detalle cada parámetro necesario como son resistividad del terreno, corriente de falla, tiempo de duración de la falla, factor de desviación y también muestra los cálculos y sus parámetros para conductor de malla, tensiones máximas permisible de paso y toque, resistencia de la malla, corriente de malla, incremento de potencial, voltaje de malla y de paso.

Tabla 14.

Cálculos de la malla de puesta a tierra

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA			
Datos de campo			
ρ	0,35	Ω/m	(resistividad del suelo)
ρ_s	1500	Ω/m	(resistividad superficial)
h_s	0,6	m	(Profundidad de la capa superficial)
Geometría de la malla		Ver diagrama	
Tipo de malla:	L		
Largo (X):	1	m	
Ancho (Y):	0,1	m	
Área:	0,1	mm^2	
Espacio Vertical (E _y):	0,1	m	} D
Espacio Horizontal (E _x):	0,1	m	
Conductores verticales:	11,00		
Conductores Horizontales:	2,00		
Lc:	3,10	m (Longitud total de la malla)	
h:	0,50	m (Profundidad de la malla)	
		Cantidad de varillas:	1
		Largo:	2,4 m
		Con varillas en las esquinas	
		LR:	2,4 m
			↓
		Lt:	5,50 m
		Lm:	13,81 m

Fuente: (Mercado, 2022)

Parámetros eléctricos

Ts: 0,1 s (Tiempo de duración de la falla)
I falla: 10 kA
Sf: 100 % (Factor de división)

Conductor de la malla

[ver tipos de materiales](#)

Tipo: Cobre recocido [puro]
Conductividad: 100 % respecto al cobre puro
Factor α : 0,00393 a 20°C [1/°C]
K0 a 0°C: 234
Tm: 1083 [°C] (Temperatura de fusión)
 ρ a 20°C: 1,72 [$\mu\Omega \cdot \text{cm}$]
TCAP: 3,42 [J/cm³·°C] Capacidad termic
Tipo de Union: Soldada
Temp Max de la Union: 450 °C
Ta: 35 °C (temperatura ambiente)
Area conductor MCM: 22,02 kcmil
Area mínima: 11,16 mm²
Diámetro mínimo: 3,77 mm
Conductor de diseño: 2/0 AWG
área: 67,40 mm²
diámetro: 9,26 mm
diámetro: 0,00926 metros

IEEE 80-2000
Con temperatura de referencia 20°C

Características mínimas del conductor de tierra

Tensiones máximas permisibles de paso y toque

K: -1,00 (factor de reflexión)
Cs: 0,9302 (factor de reducción)
Peso de la persona: 70 kg
Ep: 4653,11 V (Voltaje de paso Max, para el peso indicado)
Et: 1535,63 V (Voltaje de toque Max)

Resistencia de la malla [Rg]

Rg: 0,34 Ω

Corriente de Malla [Ig]

Ig: 10000,00 Amperios

Incremento de potencial [GPR]

GPR: 3417,87 V (Incremento de potencial en la malla)

Voltaje de malla [Em]

Em: 189,92 V (Voltaje de la malla en falla)

Voltaje de paso [Ep]

Ep: 2933,06 V

El Diseño cumple con la norma

Fuente: (Mercado, 2022)

Tabla 15. Cálculo Económico Conductores

CÁLCULO ECONÓMICO CONDUCTORES		
NOMBRE DEL PROYECTO: ESTADIO VÍCTOR MANUEL MORELOS		
1. DATOS DE ENTRADA		
POTENCIA DE LA INSTALACIÓN	11.9	kW
FACTOR DE POTENCIA	0,95	
Factor de Carga	1	
Nivel de Tensión Fase- Fase	240	Voltios
LONGITUD DEL ALIMENTADOR	0,0015	km
Horas efectivas de operación del sistema	3504	Horas
Números de Fases (N)	2	ohm/km
CLASE DE AISLAMIENTO DEL CABLE	THHN	
Tan δ (Factor de Pérdidas del aislamiento a la frecuencia y temperatura de operación.	0,11	
SIC (constante inductiva específica del Aislamiento)	8	
POTENCIA DE LA INSTALACIÓN	11.9	kVA
CORRIENTE	49.8	Amperios
Factor de Pérdidas	1,00	
2. PÉRDIDAS EN EL CONDUCTOR TÉCNICO		
2.1. PÉRDIDAS DEL CONDUCTOR TÉCNICO		
CALIBRE CONDUCTOR TÉCNICO	6	AWG
Área de Sección Transversal	8.36	mm ²
RESISTENCIA	2.03	ohm/km
Pérdidas de Energía por Unidad	1226	kW/km
PÉRDIDAS DE ENERGÍA	1339	kW
4. CÁLCULO ECONÓMICO CONDUCTORES		
AÑOS DE AMORTIZACIÓN	10	AÑOS
TAZA DE INTERÉS	16,00%	AÑOS
COSTOS DE LA ENERGÍA	480	\$/kW
ρ (cobre)	0.8153	Ω -mm ² /km
P1 (Precio Cable Técnico)	\$ 6500	Pesos
S1	46.92	mm ²
P2 (Precio Cable comparativo)	\$ 6800	Pesos
S2	46.92	mm ²
G (pendiente de la recta; precios v.s. área de los cables.	138.5	\$/mm ²
A (Factor para convertir a valor presente los costos de las pérdidas de energía ocurridos durante "N" años a una tasa de interés "i".	4,833	
S	46.92	mm 2
CALIBRE CONDUCTOR ECONÓMICO	6	AWG
P3 (Precio Cable Económico)	\$ 6500	Pesos

Fuente: (Mercado, 2022)

En la tabla 15 se muestra el cálculo económico de los conductores donde se tiene presente todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

Tabla 16. Datos del Conductor.

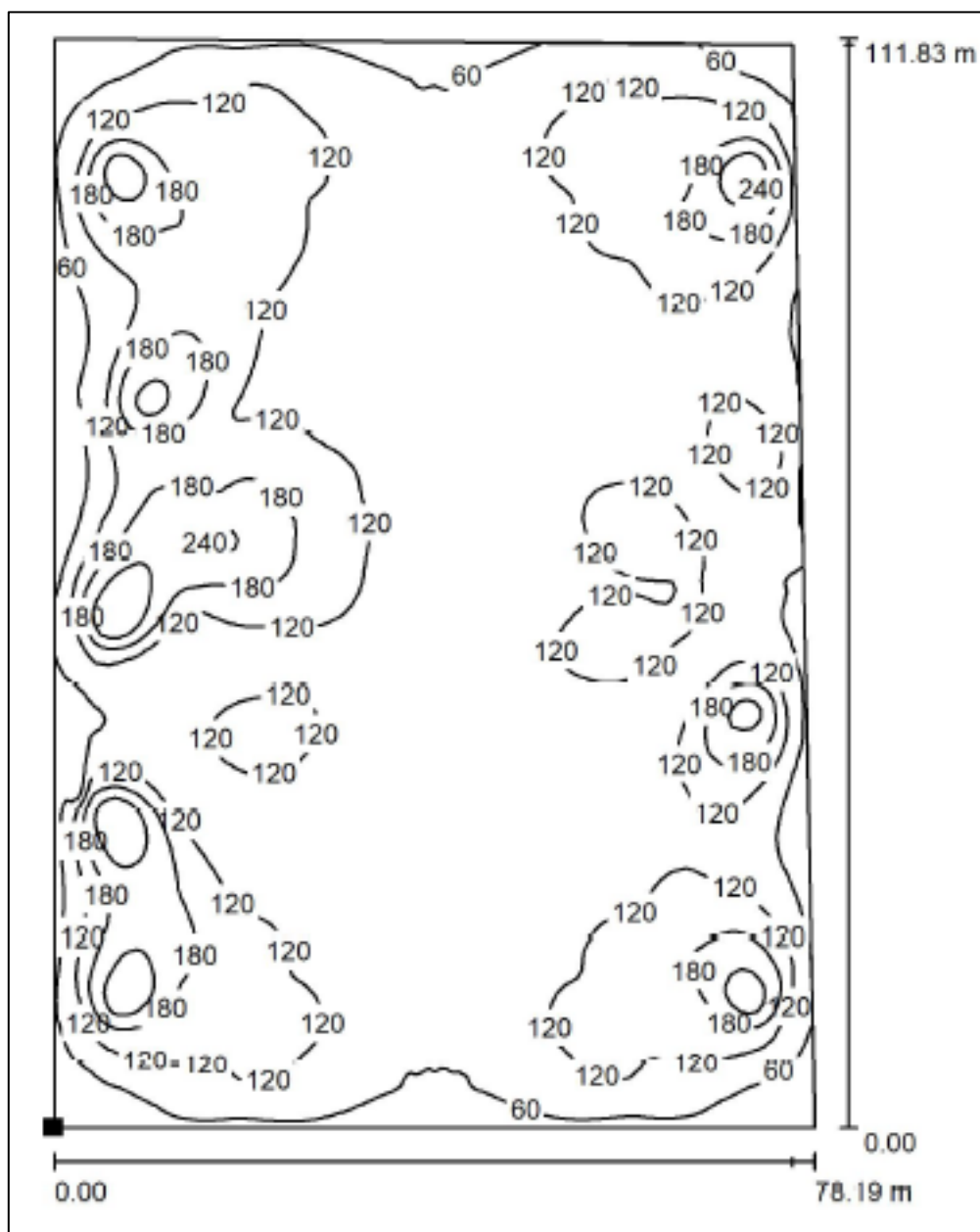
Calculo de Alimentador	
Datos de la Carga	
Carga nominal:	11950 VA
Tension del sistema:	240 V
Fp:	0,95
Eff:	95 %
Factor de diseño:	125 %
Corriente:	49,79 A
Datos del Conductor	
Calibre:	6 AWG/MCM
Capacidad nominal:	75 A
Factor correcion Temp:	0,96
Conductores por fase:	1
Capacidad Total:	72,00 A

Fuente: (Mercado, 2022)

En la tabla 16 se muestran los datos correspondientes a la carga y al conductor de acometida como son potencia total de la carga que es 11,95KVA, Voltaje del sistema que es de 240V, Factor de partencia que se consideró de 0,95, Eff 95%, el factor de diseño que es de 125%, corriente nominal de la carga 49,79A y los datos del conductor suministrados por esta tabla son calibre del conductor #6 AWG/MCM, Capacidad nominal de corriente 75A, factor de corrección por temperatura que es de 0,96, el número de conductores por fase que es 1 y la capacidad total de corriente del circuito que es de 72A.

5.3 Cumplimiento del RETILAP.

Figura 15. *cumplimiento del retilap.*

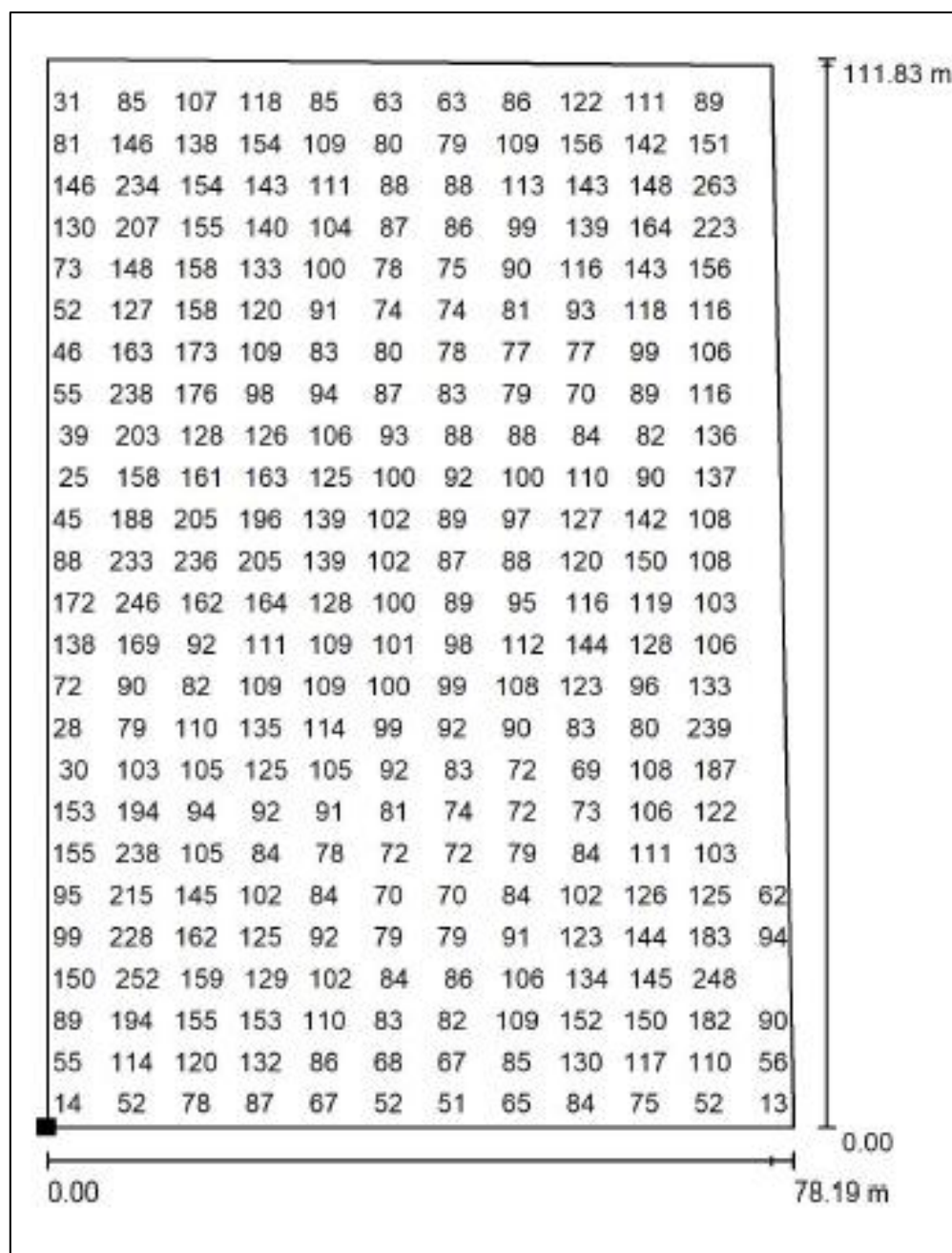


Fuente: (Mercado, 2022)

En la figura 15 se evidencia la superficie de eliminación en isolíneas y se muestra las zonas con mayor índice de iluminación en la cancha de fútbol, se puede observar puntos de hasta 160 lux lo que significa que está por encima del valor máximo recomendado para escenario destinados para entrenamientos según los datos de iluminación horizontal suministrado por la tabla

1. Además, se observa que hay puntos están por debajo del número del valor de luxes recomendado para escenario deportivos.

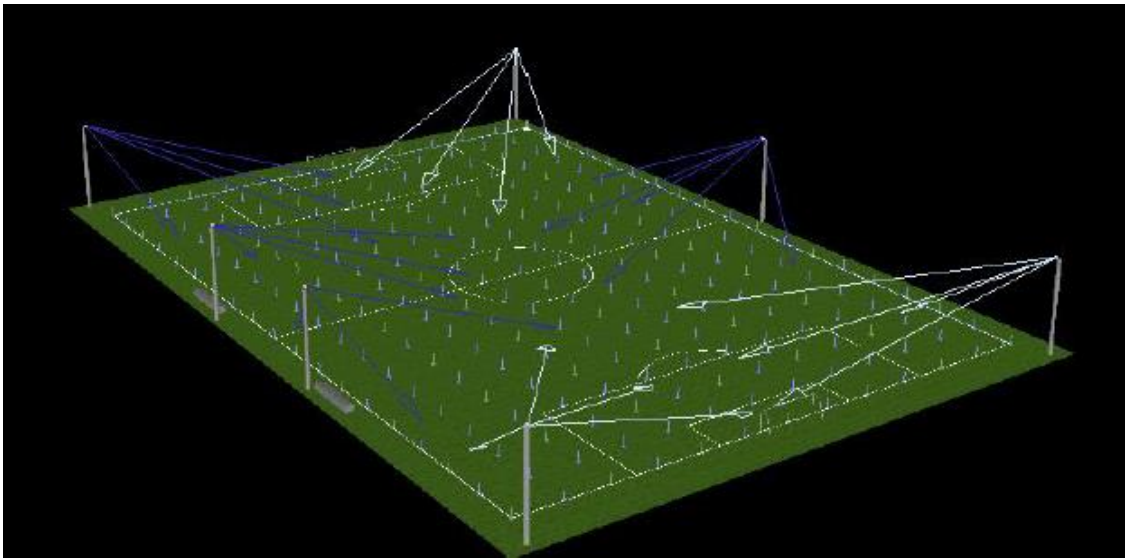
Figura 16. Superficie de iluminación en isolíneas.



Fuente: (Mercado, 2022)

La figura 16 divisa la superficie del campo de juego y se evidencia que los valores de iluminancia horizontal están dentro los valores tolerables para un escenario deportivo destinado para entrenamiento; este dato, se confirma en la tabla 1 donde indica que para entrenamiento los valores de luxes deben estar, entre 60 hasta 150 luxes para que sea adecuado para los jugadores.

Figura 17. Superficie de iluminación en 3D con los proyectores.



Fuente: (Mercado, 2022)

La figura 17 muestra una animación en 3D con las disposiciones de los y sus 7 postes de soporte del grupo de 4 proyectores por poste con sus respectivas angulos de inclinacion con el fin de logran un buena uniformidad dentro del terreno de juego.

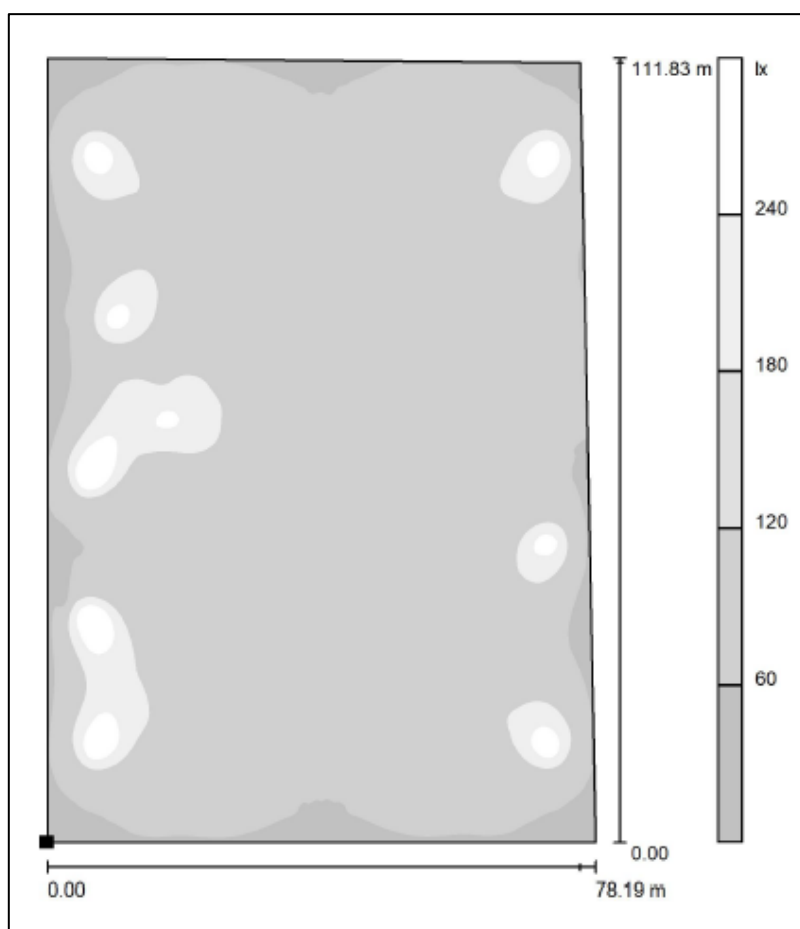
Figura 18. Animación de la iluminación en 3D.



Fuente: (Mercado, 2022)

En la figura 18 se muestra la animación en 3D de la iluminación y es cómo se espera realizar la distribución de los 28 reflectores para lograr la iluminación total del campo de juego. Se evidencia que hay unas partes de sombras y otros espacios más iluminados; por lo tanto, se puede que la uniformidad apenas cumple con los estándares mínimos expuesto en el RETILAP.

Figura 19. Superficie de iluminación Gama de Grises.



Trama: 128 x 128 Puntos

E_m [lx]
113

E_{min} [lx]
2.62

E_{max} [lx]
295

E_{min} / E_m
0.023

E_{min} / E_{max}
0.009

Fuente: (Mercado, 2022)

En la figura 19 se muestra la iluminación del campo de juego en gamas de grises con el fin de mostrar los niveles de iluminación horizontal para el terreno de juego donde se logra percibir los diferentes niveles de iluminación horizontal en el terreno de juego con zonas de alta concentración de iluminación.

CAPÍTULO 6. SOLUCIONES A LAS IRREGULARIDADES PRESENTES EN EL DISEÑO DE ILUMINACIÓN E INSTALACIONES ELÉCTRICAS

6.1. Cálculos para determinar la altura mínima del montaje de los proyectores según el RETILAP en la sección 560.3.3

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

datos

$$w = 67 \text{ m}$$

$$Sep = 2,2488 \text{ m}$$

Remplazando los valores en la ecuación para determinar la altura mínima de los postes.

$$h_m = \left[\frac{67 \text{ m}}{3} + 2,2488 \text{ m} \right] * Tan(30^\circ)$$

$$h_m = 14,19 \text{ m}$$

$$h_m \approx 14 \text{ m}$$

El cálculo de la altura mínima para el montaje de los proyectores del complejo deportivo arrojó un resultado de 14 metros como mínimo. Por consiguiente, la altura propuesta en el proyecto que es de 12 m de altura para el poste, no cumple los requisitos mínimos propuestos por el RETILAP en la sección 560.3.3, lo que traería como consecuencia un mayor nivel de deslumbramiento afectando a los jugadores negativamente.

6.1.2. Cálculos para determinar la regulación de tensión

Tabla 17. Factor de corrección

Tipo de Subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica.	8,00	2,00	2,00
Trifásica	6,00	1,732	2,25

Fuente: (CNS-NT-02, 2020)

La tabla 18 detalla los valores del factor de corrección según el tipo de subestación y el tipo de red ya que dependiendo de esto varía el valor .

Datos

Estos valores son suministrados por la tabla 5 regulación de tensión

Calibre del conductor = AWG #6

$$r = 1,61 \text{ ohm/Km}$$

$$XL = 0,21 \text{ ohm/Km}$$

$$Fp = 1$$

El factor de corrección (F_C) en un circuito monofásico trifilar FFN según la tabla |

$$F_C = 2$$

Calculando el momento eléctrico (M)

$$M = 11.95 \text{ kVA} * 35 \text{ m}$$

$$M = 418,25 \text{ kVAm}$$

Determinado la constante de regulación (K_G)

$$K_G = KG * 100$$

Fuente: (CNS-NT-02, 2020)

$$KG = (r \cos(\phi) + XL \sin(\phi))$$

Fuente: (CNS-NT-02, 2020)

Remplazando los valores en la ecuación y nos da como resultado

$$KG = 1,61$$

Remplazando el valor KG para determinar K_G

$$K_G = 1,61 * 100$$

$$K_G = 161$$

Hallando el porcentaje de regulación de voltaje ($R\%$)

$$R\% = F_C \frac{K_G}{V_L^2} M$$

Fuente: (CNS-NT-02, 2020)

$$= \frac{(2) * (161) * (418,25)}{(240)^2}$$

$$R\% = 2,33\%$$

Se demuestra que el calibre del conductor cumple con los porcentajes estandarizados, que es del 3% máximo para regulación de tensión. Por lo tanto, el calibre propuesto para la acometida está dentro del porcentaje de regulación de tensión tolerable.

6.1.3. Cálculos para determinar nivel de riesgo por rayos según la NTC 4552-2

Tabla 18. Características del complejo deportivo

CARACTERISTICAS DE EDIFICACIÓN ESTUDIADA		
LARGO DE LA BODEGA (LARGO) L	130	m.
ANCHO DE LA BODEGA (ANCHO): W	90	m.
ALTURA DEL EDIFICIO EN MTS: H	12	m.
USO DE LA ESTRUCTURA O EDIFICIO	DEPORTIVO	
CONTORNO DE LA ESTRUCTURA	Rodeado de Objetos de > altura	
ACOMETIDA	Subterránea	
SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS	Ninguno	
LONGITUD ACOMETIDA Lc	35	m.
ALTURA DE LA ACOMETIDA EN EL APOYO (Ha)	8	m.
ALTURA POR DONDE INGRESA LA ACOMETIDA (Hb)	5	m.
ALTURA PROMEDIO DE LA ACOMETIDA (Hc)	5	m.
AISLAMIENTO DEL CABLE DE LA ACOMETIDA	1	kV
ESTRUTURA SEPARACIÓN ENTRE COLUMNAS (W)	3,38	m.
DISPOSITIVOS DPS COORDINADOS	NO	
RESISTIVIDAD	0,35	(Ω-m)

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 se detalla las características del complejo deportivo tenidas en cuenta para hacer el respectivo análisis de riesgo de acuerdo como lo estipula la norma NTC 4552-1-2-3; como lo son, el largo del complejo deportivo, ancho del complejo deportivo, altura de la edificación entre otros.

Tabla 19. Definición y cálculos de áreas efectivas

DEFINICIÓN Y CÁLCULOS DE ÁREAS EFECTIVAS Y ÁREAS DE INFLUENCIA DE LA EDIFICACIÓN		
ÁREA EFECTIVA DE DESCARGAS EN EL EDIFICIO AISLADO (A_d)	31.612	m ² .
ÁREA EFECTIVA DE LA ESTRUCTURA ADYACENTE ($A_{d/a}$)	25.289	m ² .
ÁREA EFECTIVA DESCARGA SOBRE LA ACOMETIDA EN M ² (A_l)	0	m ² .
ÁREA EFECTIVA DESCARGA CERCA LA ACOMETIDA EN M ² (A_i)	0	m ² .
ÁREA DE INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA EN M ² (A_m)	371.700	m ² .
DENSIDAD DE DESCARGAS A TIERRA: DDT	12,00	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 se presentan los cálculos realizados por el programa para las áreas efectivas y las áreas de influencia donde también se denota la densidad de descarga a tierra o DDT. Dato suministrado según la tabla 2, donde se muestran los DDT para algunas ciudades de Colombia, se tomó como referencia el municipio del Bagre ya que es el más cercano al municipio de Cáceres el cual arroja DDT de 12.

Tabla 20. Definición de parámetros inherentes a la estructura.

PARAMETROS Y FACTORES PARA LA EVALUACION DEL RIESGO			
Factor de localización de la edificación en estudio (C_d)	Rodeado objetos de=altura o menos	▼	0,5
Factor de corrección por transformador en la acometida (C_l)	Trafo primario-secund. desacoplados	▼	0,2
Factor ambiental (C_e)	Semiurbano edific. Menores de 10m	▼	0,5
Prob.de daños a seres vivos descargas sobre estructura (P_A)	Existen avisos de peligro	▼	0,0001
Prob.de daños a la estruct. por descargas sobre estructura (P_B)	Estructura no protegida	▼	1
Prob.de daños a sist. internos, descargas sobre estruct. (P_c)	No hay sistema coordinado de protección	▼	1
Factor según características de cableado interno (K_{s3})	Cable sin pantalla,sin lazos en su ruta	▼	0,02
Probab.daños a sistemas internos por descargas cercanas (P_M)	0,07	▼	0,5
Probab.daños a seres vivos descargas en acometida(P_u,P_w,P_v)	Apantallado con $5 < R_s < 20$ Ohm/km	▼	1
Probab.daños a sistemas internos por descargas cercanas(P_z)	Apantallado con $5 < R_s < 20$ Ohm/km	▼	0,15
Factor reductor de pérd. de vidas por caract.del terreno(r_a,r_u)	Agricultura o concreto	▼	0,01
Pérdidas por lesiones seres vivos por T(Toque) y T(Contact) (L_l)	Todos los tipos,personas dentro de estruc	▼	0,0001
Pérdidas por daños físicos (L_f)	Industrial, Comercial, escuelas	▼	0,05
Pérdidas por fallas en sistemas internos ($L_c=L_c=L_w=L_M$)	Museos,Uso agrícola,escuelas,centros comi	▼	0,001
Factor reductor de pérdidas según medidas de protección (r_p)	Hay extintores,o alarmas,o hidrantes, o rui	▼	0,5
Factor reductor de pérdidas por riesgo de fuego en edificio (r_f)	Riesgo ordinario de fuego	▼	0,01
Fac. incremento de pérdidas por condicion especiales peligrosas	Nivel medio de pánico(entre 100 y 1000 f	▼	5

Fuente: Elaboración propia

La tabla 21 muestra los parámetros para la evaluación del riesgo del complejo deportivo Manuel Morelos en donde se evidencia datos como factor de la edificación en estudio, factor de

corrección por transformador en la acometida, factor ambiental, perdidas por lesiones a los seres vivos por tensión de toque y tensión de contacto entre otras variables mostradas en esta tabla.

Tabla 21. Definición y determinación del número de eventos peligrosos.

DEFINICIÓN DEL EVENTO PELIGROSO	NOTACIÓN	VALOR
Número de eventos peligrosos debido a impactos directos en la estructura	N_D	0,1897
Número promedio anual de descargas cerca de la estructura	N_M	2,0405
Número promedio de descargas sobre acometidas del servicio	N_L	0,0000
Número promedio anual de descargas sobre estructuras adyacentes	N_{DA}	0,1517
Número promedio de descargas cercanas a las acometidas de servicio	N_i	0,0000

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 y 23 se definen los eventos peligrosos y determinación de la probabilidad de daño en cada evento peligroso, con sus respectivos valores calculados de numero de eventos peligrosos debido a impactos indirectos en la estructura, numero promedio anual de descargas cerca de la estructura, numero promedio anual de descargas sobre acometida del servicio, numero promedio anual de descargas sobre estructura adyacentes estos datos calculados nos sirven para determinar los cálculos de riesgo total.

Tabla 22. Definición y determinación de la probabilidad de daño en cada evento peligroso.

DEFINICIÓN DE LA PROBABILIDAD	NOTACIÓN	VALOR
Probabilidad de lesiones a seres vivos por tensiones de toque y contacto producidas por descargas directas en la estructura	P_A	0,0001
Probabilidad de daños en la estructura por descargas directas	P_B	1,0000
Probabilidad de daños de sistemas internos por impacto directo en la estructura	P_C	1,0000
Probabilidad de daños de sistemas internos por impactos cercanos en la estructura	P_M	0,5000
Probabilidad de lesiones a seres vivos por tensiones de toque o de paso por descargas sobre la acometida	P_U	1,0000
Probabilidad de daños físicos en la estructura debidos a descargas directas en las acometidas	P_V	1,0000
Probabilidad de daños de sistemas internos a causa de descargas directas en la estructura	P_W	1,0000
Probabilidad de daños de sistemas internos a causa de descargas cercanas a la acometida	P_Z	0,1500

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Definición y determinación de la cantidad de perdidas por daños.

DEFINICIÓN DE LA PROBABILIDAD	NOTACIÓN	VALOR
Pérdidas de vidas humanas por lesiones de paso o de contacto fuera de la estructura	L_A	0,000001
Pérdidas de vidas por fuego o explosión dentro de la estructura por arco eléctrico	L_B	0,00625
Pérdidas inaceptables del servicio por fallas de sistemas internos por IER a causa de descargas en la estructura	L_C	0,001
Pérdidas relacionadas a fallas de sistemas internos	L_M	0,001
Pérdidas de vidas humanas por tensiones de paso o contacto dentro de la estructura	L_U	0,000001
Pérdidas de vidas humanas por daños físicos a causa de descargas en acometidas	L_V	0,000025
Pérdidas relacionadas con la falla de sistemas internos	L_W	0,001
Pérdidas relacionadas con falla en sistema interno	L_Z	0,001

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 24 se muestra la determinación de la cantidad de perdidas por daño donde se evidencia la notación de cada variable calculada y el valor de cada una de ella con la finalidad de calcular el riesgo total.

Tabla 24. Resultados de la evaluación del riesgo

R1 - RIESGO DE PERDIDA DE VIDA HUMANA				1,00E-05
Identificación del Riesgo X	Número de eventos NX	Probabilidad Px	Pérdidas Consecuente Lx	Riesgo calculado
R_A	1,90E-01	1,00E-04	1,00E-06	3,49E-09
R_B	1,90E-01	1,00E+00	6,25E-03	1,19E-03
R_C	1,90E-01	1,00E+00	1,00E-03	
R_M	2,04E+00	5,00E-01	1,00E-03	
R_U	1,52E-01	1,00E+00	1,00E-06	1,52E-07
R_V	1,52E-01	1,00E+00	2,50E-05	3,79E-06
R_W	1,52E-01	1,00E+00	1,00E-03	
R_Z	0,00E+00	1,50E-01	1,00E-03	
RIESGO TOTAL CALCULADO				1,19E-03

Fuente: Elaboración propia

Comparación del riesgo calculado con el riesgo tolerable
 $1,19E-03 > 1,0E-05$

En la tabla 25 se evidencia que el riesgo calculado está muy por encima del riesgo tolerable, lo que permite determinar que se necesita que un sistema de apantallamiento y de sistema de puesta a tierra con el fin de salvaguardar las vidas humanas.

Tabla 25. Riesgo de pérdida del servicio público

R2 - RIESGO DE PERDIDA DEL SERVICIO PÚBLICO				1,00E-03
Identificación del Riesgo X	Número de eventos NX	Probabilidad Px	Pérdidas Consecuente Lx	Riesgo calculado
R _A	3,49E-03	1.00E-00	1.00E-06	
R _B	3,49E-03	1.00E-00	6,25E-03	2,18E-05
R _C	3,49E-03	1.00E-00	1,00E-02	3,49E-05
R _M	1,36E-01	1,00E-04	1,00E-02	1,36E-07
R _U	2,79E-03	1,00E+00	1,00E-06	
R _V	2,79E-03	1,00E+00	2,50E-04	6,98E-07
R _W	2,79E-03	1,00E+00	1,00E-02	2,79E-05
R _Z	0,00E+00	1,50E-01	1,00E-02	0,00E+00
RIESGO TOTAL CALCULADO				8,55E-05

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 26 se muestra el riesgo de pérdidas de servicio donde se evaluaron la variable número de eventos, probabilidad y perdida consecuente lo cual arroja como resultado que el riesgo por perdida de servicio está dentro de los valores tolerables.

Comparación del riesgo calculado con el riesgo tolerable

$$8,55E-05 < 1,0E-03$$

Tabla 26. Riesgo de pérdida de patrimonio cultural

Tabla 27. R3 - RIESGO DE PERDIDA PATRIMONIO CULTURAL				1,00E-03
Identificación del Riesgo X	Número de eventos NX	Probabilidad Px	Pérdidas Consecuente Lx	Riesgo calculado
R _A	3,49E-03	1.00E-00	1.00E-06	
R _B	3,49E-03	1.00E-00	6,25E-03	2,18E-05
R _C	3,49E-03	1.00E-00	1,00E-02	
R _M	1,36E-01	1,00E-04	1,00E-02	
R _U	2,79E-03	1,00E+00	1,00E-06	
R _V	2,79E-03	1,00E+00	2,50E-04	6,98E-07
R _W	2,79E-03	1,00E+00	1,00E-02	
R _Z	0,00E+00	1,50E-01	1,00E-02	
RIESGO TOTAL CALCULADO				2,225E-05

Fuente: Elaboración propia

La tabla 27 se evidencia el riesgo de pérdida de patrimonio cultural donde se evaluaron la variable número de eventos, probabilidad y perdida consecuente lo cual arroja como resultado que el riesgo por perdida de servicio está dentro de los valores tolerables.

Comparación del riesgo calculado con el riesgo tolerable

$$2,25E-05 < 1,0E-03$$

- La magnitud del riesgo calculado es menor que la del riesgo tolerable, por lo tanto, se requieren medidas de protección contra descargas atmosféricas, Por consiguiente, se debe diseñar un sistema de apantallamiento y sistema de puesta a tierra.

CAPÍTULO 7. IMPACTOS DEL PROYECTO

7.1. Impactos esperados del proyecto

La realización de la evaluación y plantear posibles soluciones dentro del diseño de la instalación eléctrica e iluminación del complejo deportivo Víctor Manuel Morelos tendría un impacto investigativo en el proyecto liderado por la Secretaría de Planeación de la Alcaldía de Cáceres, Antioquia, entidad encargada de la ejecución del mismo, ya que les permitirá tener mayor claridad respecto al cumplimiento necesario de la normativa técnica eléctrica vigente nacional para llevar a cabo el proyecto de una manera segura, confiable y eficiente.

7.2. Impacto social

Al materializarse el proyecto de la construcción del sistema eléctrico del complejo deportivo con las normas técnicas eléctricas vigentes permitiendo la iluminación del mismo con estándares de calidad requeridos, genera beneficios a la comunidad al contar con un espacio de sano esparcimiento, que les permitirá la realización de integración familiar y fomentar el amor por el deporte.

7.2.1 Impacto económico

El mejoramiento de la instalación deportiva estadio Víctor Manuel Morelos impacta económicamente de manera positiva a la población de Cáceres, Antioquia porque al estar acto para la realización de eventos deportivos, académicos y festivales culturales entre otros, atrae la visita de propios y turistas permitiendo la generación de ingresos y beneficios que procede de la creación de empleo cuando se organizan actividades en el estadio y del gasto realizado por las personas que visitan la localidad.

7.2.2 Impacto ambiental

En la ejecución del proyecto Estadio Víctor Manuel Morelos el nivel de impacto ambiental es bajo ya que no se ocasionan daños a la fauna y flora del lugar al proyectarse mejorar las condiciones de la zona sin alterar el entorno por lo que los índices de dispersión son bajos, a través de, la realización de prácticas responsables, dando uso a materiales, dispositivos y productos de calidad que contribuyan a la reducción de la degradación del medio ambiente cuando se realizan este tipo de instalaciones eléctricas e iluminación en un lugar.

RESULTADOS

- El resultado de los cálculos realizados para en el análisis de riesgo por descargas atmosféricas arrojaron que el proyecto del complejo deportivo Estadio Víctor Manuel Morelos necesita sistema de protección contra rayos ya que en el actual diseño no se contempla este tipo de protección.
- Al realizar el cálculo de la altura mínima para el montaje de los proyectores arrojó un resultado de 14 metros como mínimo y el proyecto Estadio Víctor Manuel Morelos proponen que la altura del soporte de iluminación sea de 12 m de altura; por lo cual, no cumple los requisitos mínimos propuestos por el RETILAP en la sección 560.3.3, lo que traería como consecuencia un mayor nivel de deslumbramiento afectando a los jugadores negativamente.
- En el proyecto desarrollado por la Secretaría de Planeación Estadio Víctor Manuel Morelos no presentan las dimensiones ni las características de las protecciones del tablero principal y en la subestación no está claro el tipo de fusible, no se encontraron datos de magnitud de la falla y el tiempo de despeje.
- En el cálculo de la malla de la puesta a tierra el valor de la resistividad presentado en el proyecto no presenta la sustentación de este valor ya que existe una gran desviación con respecto a los valores normalizados para el tipo de terreno en el cual se encuentra ubicado el Estadio.

RECOMENDACIONES

- se recomienda tener en cuenta el análisis de riesgo contra descargas atmosféricas ya que en la evaluación realizada en este trabajo se evidencio que se requiere el sistema de apantallamiento ya que en la zona donde se encuentra ubicado el estadio arrojo como resultado un alto índice de riesgo por descargas atmosféricas.
- Se recomienda que la altura de los postes de soporte de iluminación tenga una altura mínima de 14 metros esto para evitar altos niveles de deslumbramiento.
- Se recomienda realizar la medición para determinar la resistividad del terreno ya que el valor se aleja de lo normado por la IEEE 80.
- Se recomienda que presenten a detalle la coordinación de protecciones para que se soporte que las protecciones que se instalen funcionen de manera adecuada.
- Se recomienda que el diseño se anexe informe eléctrico donde se detallan las especificaciones de materiales como temperatura de operación, aislamiento y sus condiciones particulares.
- Se recomienda hacer el estudio de armónicos ya que la carga de mayor potencia que la iluminación del complejo deportivo es de carácter no lineal.

CONCLUSIONES

En el diseño de las instalaciones eléctricas del proyecto en el complejo deportivo se logró evidenciar la falta de datos como los de protección contra cortocircuito para el primario del transformador monofásico en media tensión y en baja tensión los datos de la protección para el tablero general de distribución como lo establece el RETIE.

Dentro de la verificación de la normativa RETIE y RETILAP se encontró que el diseño no cumple con los requisitos mínimos que establece los reglamentos, debido a que se descartan estudios como el de armónicos siendo la carga netamente no lineal, se descarta el análisis de riesgo por rayos estando en unas de las zonas del país donde la probabilidad de descargas atmosféricas es alta y adicionalmente los poste de soporte de iluminación no cumplen los parámetros mínimos de altura exigidos por el RETILAP.

Se sugiere tener presente las recomendaciones de este proyecto evaluativo con la finalidad de aumentar el nivel de seguridad, confiabilidad y eficiencia en el proyecto.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Cáceres. (17 de 03 de 2020). *Funciones de la Secretaría de Planeación*. Obtenido de Secretaría de Planeación e Infraestructura Física: <http://www.caceres-antioquia.gov.co/directorio-institucional/secretaria-de-planeacion-e-infraestructura-fisica>
- Alcaldía de Cáceres. (02 de 05 de 2021). *Misión y Visión*. Obtenido de Transparencia y acceso a la información pública: <http://www.caceres-antioquia.gov.co/alcaldia/mision-y-vision>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas. (2008,10 de Diciembre). *PROTECCION CONTRA DESCARGAS ELECTRICAS ATMOSFERICAS*. (I. C. Técnicas, Ed.) Obtenido de Instituto Colombiano de Normas Técnicas.
- MERCADO, E. (15 de Julio de 2022). Iluminación del Complejo Deportivo Víctor Manuel Morelo. Cáceres, Antioquia, Colombia.
- Ministerio de Minas y Energía. (2009, 06 de Agosto). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RETILAP*. Ministerio de Minas y Energía. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía.
- Ministerio de Minas y Energía. (2013, 30 Agosto). *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)*. Ministerio de Minas y Energía. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía.
- Municipio de Cáceres. (2020). *PLAN INTEGRAL DE SEGURIDAD Y CONVIVENCIA CIUDADANA "PISCC"*. Obtenido de Gobernación de Antioquia: <https://gobierno.antioquia.gov.co/archivos/PISCC%202020-2023%20CACERES-min.pdf>
- Parámetros De Diseño Cens - Norma Técnica. (2020, 26 Marzo). *CNS-NT-02. CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P.* Obtenido de <https://www.cens.com.co/Portals/0/normas-y-especificaciones/norma/CAPITULO%202/CAPITULO-2-Parametros-de-Disenio-CNS-NT-02.pdf?ver=2020-11-12>