



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA**

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO Y ESTUDIO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL
ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS
SALACHE”**

Propuesta tecnológica presentada previo a la obtención de Título de Ingenieros Eléctricos en
Sistemas Eléctricos de Potencia

Autores:

Bonilla Gancino Alex Isrrael

Pullutaxi Guaman Richard Fernando

Tutor:

Ing. MSc. Carlos Francisco Pacheco Mena

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2021

ÍNDICE

CONTENIDO

1. INFORMACIÓN BÁSICA	1
1.1. PROPUESTO POR	1
1.2. TEMA APROBADO.....	1
1.3. CARRERA.....	1
1.4. DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN.....	1
1.5. EQUIPO DE TRABAJO	1
1.6. LUGAR DE EJECUCIÓN	1
1.7. TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO.....	1
1.8. FECHA DE ENTREGA.....	1
1.9. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.10. SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA	1
1.11. TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.2. TIPO DE PROPUESTA, ALCANCE	2
2.2.1. Desarrollo	2
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO.....	2
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	3
2.5.1. Objeto de estudio.....	3
2.5.2. Campo de acción	3
2.6. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA	3
2.6.1. Situación problemática	3
2.6.2. Problema	4
2.7. HIPÓTESIS.....	4
2.7.1. Variable dependiente	4
2.7.2. Variable independiente.....	5

2.8. OBJETIVOS	5
2.8.1 Objetivo general	5
2.8.2. Objetivos específicos.....	5
2.9. Descripción de las actividades y tareas con los objetivos establecidos	6
3. MARCO TEÓRICO.....	7
3.1. ANTECEDENTES.....	7
3.2. TIPOS DE ENERGÍA RENOVABLE	7
3.2.1. Energía hidráulica.....	8
3.2.2. Energía eólica.....	8
3.2.3. Energía solar.....	9
3.2.4. Energía geotérmica.....	9
3.2.5. Energía mareomotriz	10
3.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	10
3.3.1. Circuitos	11
3.4. ILUMINACIÓN.....	11
3.4.1. Características técnicas de la iluminación	12
3.5. LUMINARIAS.....	13
3.5.1. Tipos de luminarias	13
3.5.2. Estudio técnico económico	14
3.6. LÁMPARAS Y LUMINARIAS.....	15
3.7. TIPOS DE LÁMPARAS Y BALASTOS MÁS COMUNES	16
3.7.1. Lámparas incandescentes.....	16
3.7.2. Lámpara incandescente halógena de tungsteno.....	16
3.7.3. Lámparas de descarga.....	17
3.7.4. Lámpara de sodio de alta presión	17
3.7.5. Lámpara de mercurio de baja presión.....	17
3.7.6. Lámpara de mercurio de alta presión.....	17
3.7.7. LED (light emitting Diode)	18
3.8. TIPOS DE POSTE	19

3.8.1. Postes circulares (tipo r)	19
3.8.2. Postes rectangulares (tipo H)	19
3.9. CARGA ÚTIL (CARGA DE SERVICIO)	19
3.9.1. Carga nominal de rotura horizontal	19
3.9.2. Factor de seguridad	20
3.9.3. Empotramiento	20
3.9.4. Conductores.....	20
3.10. EQUIPOS PARA EL ENCENDIDO DE LÁMPARAS	20
3.10.2. Arrancador.....	21
3.10.3. Balastro electrónico	21
3.11. PARÁMETROS DE ILUMINACIÓN VIGENTES EN EL PAÍS	21
3.11.1. Medidas de una cancha de fútbol.....	22
3.11.2. Categorías de competiciones	22
3.11.3. Posibles vistas de las cámaras.....	23
3.11.4. Ángulos visuales de jugadores y de la transmisión.....	23
3.11.5. Control de sombras (direccionamiento multizona)	23
3.11.6. Planificación de las instalaciones	24
3.11.6. Normativa FIFA para sistemas de iluminación.....	25
3.11.7. Impacto ambiental	29
3.12. NORMATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE REDES ELÉCTRICAS DE MT Y BT	30
3.12.1. Homologación de las unidades de propiedad (UP) en sistemas de distribución de energía eléctrica de redes subterráneas	30
3.13. DESLUMBRAMIENTO	46
3.14. ILUMINANCIA Y DEPORTISTAS	47
4. METODOLOGÍA	47
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
5.1. CÁLCULO LUMÍNICO	48
5.2. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA	50
5.2.1. Introducción	50

5.3. SELECCIÓN DE POSTES	55
5.4. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN	58
5.5. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	60
5.5.1. Consideraciones generales.....	60
5.6. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA ...	61
5.6.1. Consideraciones generales.....	61
5.6.2. Transformador.....	61
5.6.2. Accesorios del transformador	61
5.6.3. Protección y seccionamiento trifásico	63
5.6.4. Puesta a tierra.....	63
5.7. SELECCIÓN DE CABLES.....	63
5.8. CÁLCULO DEL CONDUCTOR ELÉCTRICO	65
5.9. CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN	66
5.10. OBRA CIVIL	66
5.10.1. Banco de ductos.....	67
5.10.2. Pozos	67
6. DISCUSIÓN	67
7. CONCLUSIONES	69
8. RECOMENDACIONES	70
10. ANEXOS	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de actividades y resultados para los objetivos planteados.....	6
Tabla 2. Vida promedio de lámparas según su tipo	16
Tabla 3. Categorías de competiciones	22
Tabla 4. Requerimientos de iluminación para eventos televisados	28
Tabla 5. Requerimientos de iluminación para eventos no televisados	29
Tabla 6. Valores permitidos de contaminación lumínica	30
Tabla 7. Principales especificaciones técnicas para interruptor de redes subterráneas.....	31

Tabla 8. Profundidad mínima de zanjas.....	32
Tabla 9. Ductos y tuberías a emplear en las canalizaciones y transiciones	34
Tabla 10. Configuración de ductos	35
Tabla 11. Dimensiones de los pozos de revisión	35
Tabla 12. Dimensiones de las cámaras eléctricas	40
Tabla 13. Características de los cables para MT	44
Tabla 14. Características de los cables para BT.....	44
Tabla 15. Cálculo general del factor de utilización de una luminaria	49
Tabla 16. Propuesta de luminarias.....	50
Tabla 17. Datos técnicos de luminaria Leds de 400 W	51
Tabla 18. Datos técnicos de Luminarias Leds de 1000 W	51
Tabla 19. Vida útil de las lámparas	52
Tabla 20. Costo propuesta LED 400 W	53
Tabla 21. Costo propuesta LED 1 000 W.....	53
Tabla 22. Costo de energía con propuesta LED 400 W	54
Tabla 23. Costo de energía con propuesta LED 1 000 W	54
Tabla 24. Costos de producción y mantenimiento	54
Tabla 25. Factor de forma	55
Tabla 26. Coeficiente de entorno/altura.....	56
Tabla 27. Resultados cargas por viento	56
Tabla 28. Ficha técnica postes rectangulares H.A.	57
Tabla 29. Elementos de protección (Tablero de distribución)	63
Tabla 30. NEC 310-16.....	64
Tabla 31. Cables seleccionados para el proyecto	66
Tabla 32. Índice de anexos	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una central a pie de presa	8
Figura 2. Energía eólica	9
Figura 3. Modelo de granja de energía solar	9
Figura 4. Energía geotérmica	10
Figura 5. Planta mareomotriz dinámica.....	10
Figura 6. Luz definiciones.....	11
Figura 7. Instalación eléctrica interna.....	12
Figura 8. Diferencias entre lumen y lux	13
Figura 9. Tipos de luminarias.....	14
Figura 10. Vistas de las cámaras	23
Figura 11. Direccionamiento de luz en eventos internacionales	24
Figura 12. Direccionamiento de la luz en eventos nacionales	24
Figura 13. Entrenamiento y recreo	25
Figura 14. Partidos de liga y/o clubes	25
Figura 15. Partidos nacionales.....	25
Figura 16. Altura de montaje de luminarias	26
Figura 17. Iluminación horizontal	26
Figura 18. Iluminación vertical	27
Figura 19. Luz vertical sobre el campo	27
Figura 20. Contaminación lumínica	30
Figura 21. Cinta de señalización para instalaciones eléctricas subterráneas.....	33
Figura 22. Tapa de hormigón	36
Figura 23. Tapa de grafito esferoidal	37
Figura 24. Soporte para cables en pozos de revisión	38
Figura 25. Partes de cable para MT.....	44
Figura 26. Esquema de fotometría luminaria Led Threeline 1 Oldp400W BN 100x60.....	52
Figura 27. Esquema de fotometría luminaria led THREELINE 1 OLP1000W BF 30	52
Figura 28. Simulación con DIALux 4.13 del estadio U.T.C. con luminarias LED vista horizontal.....	58
Figura 29. Simulación con DIALux 4.13 del estadio U.T.C con luminarias Led vista vertical.	58
Figura 30. Simulación DIALux 4.13 colores falsos (ILUMINANCIA).....	59
Figura 31. Simulación DIALux 4.13 colores falsos (LUMINANCIA).....	59
Figura 32. Simulación DIALux 4.13 Direccionamiento de la luz en cada poste.....	59
Figura 33. Simulación DIALux 4.13 Direccionamiento de la luz 3D.	60
Figura 34. Resultados de la simulacion en el software DIALux 4.13.....	61
Figura 35. Transformador trifásico convencional.....	62

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a DIOS, por darme la salud, sabiduría, y la fuerza en los momentos más difíciles de mi vida para no desmayar y cumplir con mi propósito de ser un profesional, a la vez agradezco a toda mi familia en especial a mis padres Jorge y Laura por ser mi apoyo primordial en toda mi vida, ya que con sus valores y consejos me han guiado en todo el trayecto de mi vida para jamás darme por vencido ante cualquier situación por más difícil que esta sea y así poder alcanzar está anhelada meta.

A mi esposa Gladys por su apoyo absoluto en todos los aspectos, paciencia, tiempo y entrega, por creer en mí y hacer que esta victoria sea nuestra al igual que de nuestros amados hijos, gracias por su permanente amor entregado y por entender el sacrificio del tiempo que era de ustedes.

A mis pastores Isaías y Aura María por todo el apoyo y trabajo entregado para ayudarme a crecer espiritualmente y ser una persona conforme al corazón de Dios.

De la misma forma mi agradecimiento más sincero a mi Director de tesis M. Sc. Carlos Pacheco, por su acertada guía y asesoramiento en la culminación de este proyecto.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a los docentes de la carrera de ingeniería eléctrica mi eterno agradecimiento, estima y respeto por haber sido parte de mi formación personal y académica con principios éticos y morales.

A mis compañeros que siempre me brindaron su ayuda y compartimos momentos buenos y malos dentro y fuera de la universidad.

Bonilla Gancino Alex Isrrael

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios por brindarme el don de la sabiduría y perseverancia para alcázar la meta de ser un profesional.

A mis amados padres por sus consejos brindados.

A mi esposa Gladys y mis hijos Josué y Carla que son lo mejor que Dios me ha regalado para ser parte primordial de mi vida y un apoyo incondicional para poder alcanzar sueños, éxitos y metas.

“Estén siempre alegres, oren sin cesar, den gracias a Dios en toda situación, porque esta es su voluntad para ustedes en Cristo Jesús.”

1 TESALONICENSES 5.16-18

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO Y ESTUDIO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE”

Autores: Bonilla Alex & Pullutaxi Richard

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica está orientada a elaborar el diseño y estudio de un sistema de iluminación para el estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache a través de un análisis técnico se realiza el bosquejo en el software DIALux 4.13 tomando en consideración las características de la infraestructura física del lugar, la capacidad energética de las instalaciones, la focalización de luz en sectores estratégicos del campo de juego o sitio de práctica de deportes acorde a las especificaciones técnicas de la FIFA que hacen referencia a los estadios de fútbol y la normativa del CONELEC con respecto al alumbrado público de escenarios deportivos. El desarrollo de esta investigación tiene como finalidad ampliar el horario de funcionamiento a diurno y nocturno para optimizar y aprovechar los recursos lumínicos reduciendo el consumo de energía, empleando para ello luminarias con tecnología eficiente y ahorrativas por lo cual se analiza factores como la carga, el cálculo del transformador aplicando la normativa INEN 1-154, NEC 11. Este proyecto es de gran trascendencia para la comunidad universitaria debido a los beneficios económicos y operativos que vislumbra en sus objetivos, ya que por el momento únicamente las instalaciones del estadio funcionan con la luz del día para clases y actividades deportivas, debido a lo cual su posterior implementación arrojaría una ventaja práctica para la Universidad, empleándose no solo para el uso de la comunidad universitaria, sino para ponerla a disposición de toda la colectividad deportiva del cantón, la provincia y el país.

Palabras claves: lámpara, estadio, consumo de energía, luminarias

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

THEME: “DISEÑO Y ESTUDIO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA EL ESTADIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI CAMPUS SALACHE”

Authors: Bonilla Alex & Pullutaxi Richard

ABSTRACT

This technological proposal is aimed at developing the design and study of a lighting system for the stadium of the Technical University of Cotopaxi Campus Salache, through a technical analysis, the sketch is made in the DIALux 4.13 software, taking into account the characteristics of the infrastructure. physical location, the energy capacity of the facilities, the focus of light on strategic sectors of the playing field or sports practice site according to the technical specifications of FIFA that refer to football stadiums and the CONELEC regulations with regarding public lighting of sports venues. The development of this research aims to extend the operating hours to daytime and nighttime to optimize and take advantage of light resources reducing energy consumption, using luminaires with efficient and economical technology for which factors such as load, Calculation of the transformer applying the INEN 1-154, NEC 11 regulation. This project is of great importance for the university community due to the economic and operational benefits it sees in its objectives, since at the moment only the stadium facilities work with the daylight for classes and sports activities, due to which its subsequent implementation would provide a practical advantage for the University, being used not only for the use of the university community, but to make it available to the entire sports community of the canton, the province and the country.

Keywords: lamp, stadium, power consumption, luminaires

1. INFORMACIÓN BÁSICA

1.1. PROPUESTO POR

Alex Isrrael Bonilla Gancino

Richard Fernando Pullutaxi Guaman

1.2. TEMA APROBADO

Diseño y estudio de un sistema de iluminación para el estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache

1.3. CARRERA

Ingeniería Eléctrica

1.4. DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Ing. Carlos Francisco Pacheco Mena

1.5. EQUIPO DE TRABAJO

Estudiante: Alex Isrrael Bonilla Gancino

Estudiante: Richard Fernando Pullutaxi Guaman

1.6. LUGAR DE EJECUCIÓN

Región: Sierra

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Parroquia: Salache

1.7. TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO

6 meses

1.8. FECHA DE ENTREGA

4 de marzo de 2021

1.9. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

1.10. SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA

Conversión y uso racional de la energía eléctrica

1.11. TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA

Desarrollo de propuesta de innovación

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Diseño y estudio de un sistema de iluminación para el estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache

2.2. TIPO DE PROPUESTA, ALCANCE

El alcance del presente proyecto está orientado a desarrollar el diseño y análisis de un sistema de iluminación para el estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache para optimizar su capacidad operativa y extender su horario de funcionamiento mediante la aplicación de tecnología existente que permita integrar investigaciones similares.

2.2.1. Desarrollo

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO

La presente propuesta tecnológica analizada acorde a la clasificación de la CINE-UNESCO se cataloga dentro de la rama de 07 Ingeniería, Industria y Construcción en la sub área de la 071 Ingeniería y Profesiones Afines específicamente en 0713 Electricidad y energía.

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

El proyecto de diseño permite mediante análisis y cálculos establecer un sistema de iluminación acorde a las condiciones físicas del estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache, tomando en consideración las cargas y puntos de iluminación importantes para alumbrar el espacio deportivo.

Dicha propuesta busca que este escenario que no cuenta con un sistema de iluminación propia pueda acceder a él en un futuro, ya que por el momento solo trabaja en horario matutino aprovechando la luz del día. El diseño debe implementar un ahorro considerable de energía para la reducción de costos, un estudio eficiente de los sectores estratégicos para la ubicación de las luminarias en base a las normativas vigentes.

La simulación con todas las especificaciones estructurales se realiza a través del software DIALux 4.13 tomando especial atención en las diferentes áreas con problemas corroborando que cumplen con el reglamento y el objetivo de crear un ahorro eficiente de recursos.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Los sistemas de iluminación son realizados de forma empírica sin un estudio previo, situación que se evidencia comúnmente en las edificaciones estructurales como casas, estadios, complejos, entre otros. Todo esto genera varios problemas como habitaciones y/o espacios con iluminación deficiente que inhabilita el desarrollo de actividades nocturnas. La propuesta de diseño y estudio permite obtener mejores beneficios tanto económicos como funcionales, debido a que se puede consolidar el estadio como un proyecto de rentabilidad para la Universidad Técnica de Cotopaxi al contar con un escenario deportivo para la práctica de deportes para los estudiantes de la institución y para los deportistas miembros de la colectividad.

2.5.2. Campo de acción

El diseño y estudio de esta propuesta tecnológica requiere de la aplicación de conocimientos correspondientes a instalaciones eléctricas, calidad, control e instrumentación industrial que permitirán establecer el equipo y material idóneo para diseñar un sistema lumínico eficiente, económico y rentable para la Universidad Técnica de Cotopaxi, planteando con ello un horario de funcionamiento extendido y una iluminación acorde a los puntos más críticos de acceso de iluminación del escenario deportivo.

2.6. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problemática

La humanidad ha evolucionado con la presencia constante de la luz solar siendo un factor importante en la época primitiva donde carecían de recursos energéticos por lo que las actividades se planificaban dentro del horario diurno. En la actualidad, la mayoría de actividades laborales, deportivas, recreativas, entre otras. Se desarrollan aprovechando la luz natural del sol, sin embargo, la ausencia de sistemas lumínicos en horas determinadas o una mala iluminación en determinados espacios afectan estas tareas cotidianas en diversas formas, una de ellas es la generación de sombras debido a uniformidades en la iluminación o ausencia de luz en espacios exteriores, los cuales generan diferentes tipos de problemas visuales que impiden un alto rendimientos en las tareas realizadas [1].

Los sistemas de iluminación deficientes tienen repercusiones en la salud provocando al realizar actividades diarias fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza y estrés, también pueden generar daños físicos a causa de algún accidente por una incorrecta iluminación.

El estadio del campus Salache carece de un sistema de iluminación y los usuarios incluido los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi necesitan un espacio recreacional para realizar actividades físicas, de esparcimiento para lo cual debe estar disponible durante toda la jornada. Las actividades que se desarrollan en el estadio de la universidad no deben tener un sistema luminoso deficiente, teniendo en cuenta que los deportes que se practican ocupan un área amplia.

2.6.2. Problema

La Universidad Técnica de Cotopaxi cuenta dentro de sus instalaciones en el campus Salache con un estadio dispuesto para la práctica de fútbol, atletismo, entre otros deportes. Actualmente este escenario deportivo carece de un sistema de iluminación limitando su capacidad operativa y su horario de atención al día únicamente, debido a que se realiza cualquier actividad deportiva aprovechando la luz del sol. Debido a estas condiciones nace la importancia de esta propuesta tecnológica que apunta a mejorar el nivel de iluminación del estadio mediante un estudio luminotécnico que garantice la visibilidad óptima dentro del área de trabajo deportivo tanto en el día como en la noche evitando con esta medida accidentes, reforzando la seguridad y dándole un buen uso a este espacio universitario.

Tomando en cuenta las necesidades lumínicas del estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el Campus Salache se establece un diseño mediante un estudio técnico partiendo de la carga y potencia requerida para ponerlo en funcionamiento durante toda la jornada del centro educativo, comprendiendo el día y parte de la noche. La institución posee un equipo de fútbol profesional que requiere de un estadio en óptimas condiciones tanto para su preparación futbolística como para el campeonato ecuatoriano de fútbol, situación que obliga a implementar un sistema de iluminación acorde a las normativas de la FIFA que regula los aspectos de seguridad e iluminación en un escenario deportivo para el desarrollo del juego sin ningún impedimento ni complicación.

2.7. HIPÓTESIS

El diseño de un sistema de iluminación, mediante el análisis y cálculo técnico permitirá mejorar la eficiencia energética en el campo deportivo de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache.

2.7.1. Variable dependiente

Mejoramiento de la eficiencia energética en el campo deportivo de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache.

2.7.2. Variable independiente

Análisis y cálculo técnico

2.8. OBJETIVOS

2.8.1 Objetivo general

Realizar un estudio para el diseño de un sistema de eficiencia lumínica mediante el software DIALux 4.13 para el estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache.

2.8.2. Objetivos específicos

- Investigar los aspectos teóricos y reglamentarios respecto al diseño de sistemas de iluminación en estadios aplicados al software DIALux 4.13.
- Elaborar un diagrama unifilar del sistema de iluminación del estadio, con los datos obtenidos en las visitas de campo con el fin de conocer el estado actual del sistema eléctrico.
- Análisis técnico económico con el fin de conocer la viabilidad de la propuesta.

2.9. Descripción de las actividades y tareas con los objetivos establecidos

Tabla 1. Descripción de actividades y resultados para los objetivos planteados

OBJETIVOS	ACTIVIDAD (TAREAS)	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)
Investigar los aspectos teóricos y reglamentarios respecto al diseño de sistemas de iluminación en estadios aplicados al software DIALux 4.13	Analizar las regulaciones y normativa vigentes en el país, que rija el diseño de un sistema de iluminación para campos deportivos.	Normas vigentes para diseñar el sistema de iluminación en campos deportivos.	Mediante las regulaciones vigentes en el país emitida por el ministerio de electricidad y energías renovables.
Elaborar un diagrama unifilar del sistema de iluminación del estadio, con los datos obtenidos en las visitas de campo con el fin de conocer el estado actual del sistema eléctrico.	Elaborar un bosquejo del sistema de iluminación del campo deportivo.	Diagrama unifilar del sistema de iluminación.	Mediante la técnica de observación se realizará el seguimiento de los circuitos del campo deportivo con el fin de conocer el estado actual del sistema eléctrico.
Análisis técnico económico con el fin de conocer la viabilidad de la propuesta.	Elaborar el propuesto que requiere el sistema de iluminación, a través de presupuestos de distribuidoras de material eléctrico.	Presupuesto total para el Sistema de iluminación que cumple con las normas nacionales vigentes.	Mediante la cotización de los precios unitarios de cada uno de los materiales se realizará un presupuesto total del sistema de iluminación con el fin de conocer la viabilidad de la propuesta.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ANTECEDENTES

El consumo de energía eléctrica se ha incrementado a nivel mundial generando preocupación en los analistas tecnológicos y científico, lo que ha orillado al estudio y desarrollo de sistemas eficientes y rentables. La iluminación es un requisito necesario para el desarrollo diario de la humanidad siendo necesario el diseño e implementación de nuevas fuentes de energía luminosa como lámparas de ahorro de energía eléctrica, mejor vida útil y temperatura de color.

El desarrollo de la actividad física y deportiva requiere de una iluminación idónea para distinguir los implementos deportivos, deportistas en movimiento, espectadores, árbitros, profesores de educación física, alumnos. La comunidad científica afirma que para desarrollar una actividad física es necesario contar con una luz intensa, buena visibilidad, sin distracciones, falsas percepciones para desarrollar de sus deportes de forma segura y fácil [2].

Varias ciudades del Ecuador cuentan con escenarios deportivos aptos para el trabajo diurno y nocturno tomando en consideración los horarios laborales de la población, es por ello la necesidad de contar con un sistema de iluminación dentro de estos sitios para solventar la creciente necesidad de acondicionamiento físico por parte de las personas.

La Universidad Técnica de Cotopaxi necesita ponerse a la vanguardia de las principales instituciones de educación superior del país, sobresaliendo el hecho de que cuenta con un equipo de fútbol profesional que requiere de un estadio perfectamente funcional, seguro e iluminado.

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) rige el alumbrado público en Ecuador, bajo el Reglamento Técnico Ecuatoriano (RTE) INEN 069, que muestra los requisitos para la iluminación pública con los lineamientos del Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC), acorde a estas premisas se fijará niveles de iluminación en sitios puntuales para espacios deportivos y recreativos.

En la actualidad existen varios dispositivos y elementos eléctricos que operan con baja eficiencia energética, por lo que se debe considerar en el diseño los de menor impacto ambiental, mejor calidad y eficiencia [3].

3.2. TIPOS DE ENERGÍA RENOVABLE

La energía renovable se ha consolidado en la actualidad como una alternativa ecológica para el suministro de electricidad en contraste con la generación eléctrica convencional, se obtiene de

fuentes naturales e inagotables como la energía solar, la energía eólica, energía mareomotriz, entre otras [4].

3.2.1. Energía hidráulica

La energía hidráulica proviene de las corrientes de agua, mareas debido a la acción de la energía potencial y cinética, siendo una fuente inagotable y limpia. Dentro de este tipo de energía se menciona a dos tipos: energía hidráulica verde, aprovecha la fuerza generada por la corriente natural del agua sin causar algún freno y la energía hidráulica con represas, que requiere la instalación y operatividad de represas y embalses para la obtención de electricidad como se evidencia en la Figura 1 [5].

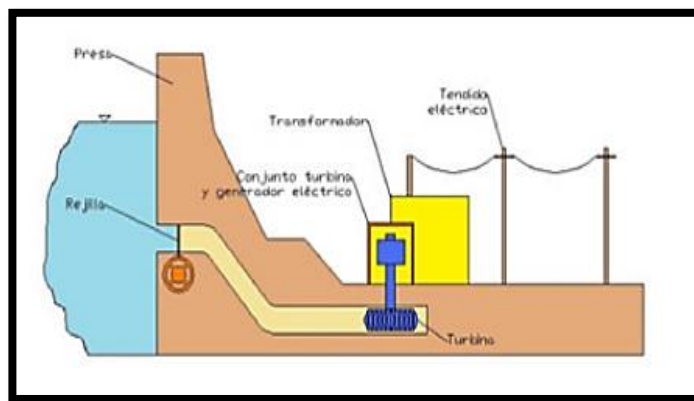


Figura 1. Esquema de una central a pie de presa

Fuente: [6]

3.2.2. Energía eólica

La energía eólica nace del movimiento del aire, viento, como la gran cantidad de fuentes de energía renovable su origen es solar dependiendo de la variación de las temperaturas en las zonas geográficas del globo terrestre por donde circula el aire, considerando su variabilidad que da origen a las distintas zonas climáticas [5].

La energía eólica es una fuente de energía inagotable, no contaminante, de bajo costo, ocupa poco espacio y es compatible con otras actividades; una de sus desventajas es que la aparición del viento no está garantizada, no se puede almacenar, repercute en las aves, produce un impacto desfavorable en el paisaje como se presenta en la Figura 2.



Figura 2. Energía eólica

Fuente: [7]

3.2.3. Energía solar

La energía solar se genera a través de placas solares que permiten obtener la energía de radiación del sol transformándola en electricidad para su almacenamiento o inserción en la red eléctrica mediante paneles solares como se muestra en la Figura 3. La energía termoeléctrica es otra fuente de energía solar utilizada para calentar fluidos y evaporarlos para generar el accionamiento de una turbina [5].

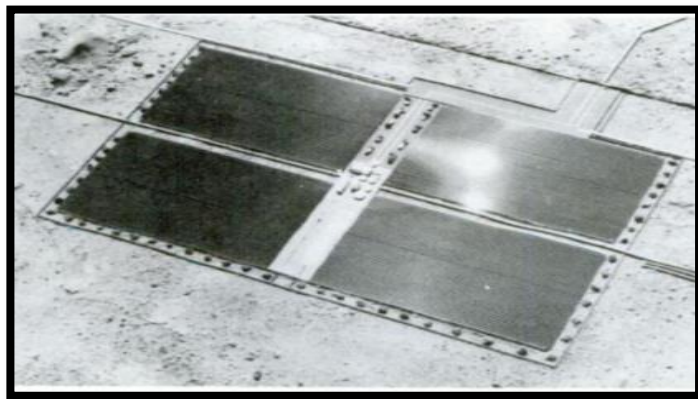


Figura 3. Modelo de granja de energía solar

Fuente: [8]

3.2.4. Energía geotérmica

La energía geotérmica se origina del centro de la tierra aprovechando las altas temperaturas de los yacimientos subterráneos generando energía a través del calor pasando de 100 a 150 grados centígrados, si se aprovecha este tipo de energía se satisficiera la demanda energética mundial como se muestra en la Figura 4 [5].



Figura 4. Energía geotérmica

Fuente: [9]

3.2.5. Energía mareomotriz

La energía mareomotriz se produce aprovechando la fuerza de las mareas o de olas, es decir, la energía eléctrica gracias a la acción del mar. El movimiento de las olas genera una energía que ingresa a las turbinas que a través de la mecánica de un alternador que genera energía eléctrica, conectándose con una central en tierra que redistribuye esta fuente energética como se presenta en la Figura 5 [5].



Figura 5. Planta mareomotriz dinámica

Fuente: [6]

3.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Las instalaciones eléctricas se deben regir acorde a la Norma Ecuatoriana de la Construcción en su capítulo de Instalaciones Eléctricas (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2 018), que pretende prevenir riesgos eléctricos al implementar condiciones de seguridad para las personas [13].

3.3.1. Circuitos

Para diseñar las instalaciones eléctricas de un estadio se debe tomar en consideración los siguientes puntos:

- La infraestructura debe contar con circuitos de iluminación independientes, tomacorrientes y cargas especiales
- Los conductores deben soportar una corriente 1,25 veces superior a la nominal
- Los circuitos deben tener su neutro, su protección
- No debe haber servicios en diferentes pisos de la infraestructura
- Todo empalme, derivación de cable debe poseer un cajetín.

3.4. ILUMINACIÓN

La iluminación es un servicio que se considera fundamental, supuesto y garantizado para el funcionamiento eficiente y eficaz de la sociedad, la economía, modelo energético, bienestar de habitantes, mediante el desarrollo, implantación y mantenimiento de nuevos equipos, renovadas instalaciones luminosas ya existentes en diversos sectores públicos o privados, existen varios tipos de iluminación como se muestra en la Figura 6 [14].

La densidad de flujo luminoso sobre una superficie se designa como iluminación definida con la letra E, unidad de iluminación Luz (lx). El lux es la iluminación en un punto sobre una determinada superficie distante en sentido perpendicular.

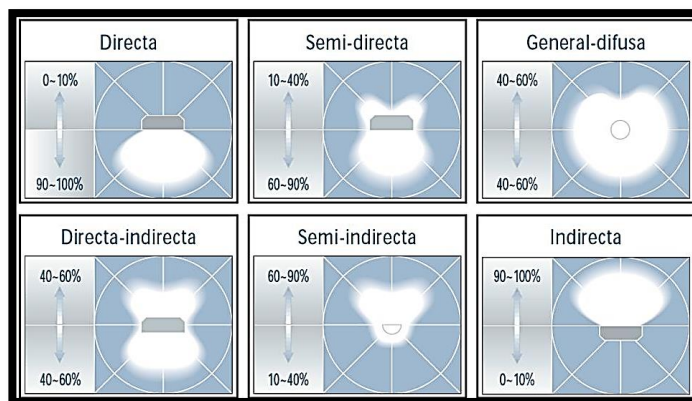


Figura 6. Luz definiciones

Fuente: [15]

Según el tipo de instalación se dividen en instalaciones internas y externas que permiten implementar energía eléctrica a edificios, instalaciones, lugares públicos, entre otros.

a) Internas

Son las instalaciones eléctricas que se realizan dentro de la casa, empresa o industria como se presenta en la Figura 7. Las instalaciones internas que se realizan habitualmente son:

- Cableado interno
- Caja de Breakers
- Cajetines
- Toma corrientes
- Interruptores
- Iluminación interna

b) Externas

Son las instalaciones eléctricas que se realizan alrededor de la casa, empresa o industria de interés. Las instalaciones externas que se realizan habitualmente son:

- Cableado externo
- Acometida
- Instalación el medidor de luz
- Puesta a tierra
- Iluminación externa



Figura 7. Instalación eléctrica interna

Fuente: [16]

3.4.1. Características técnicas de la iluminación

a) Lux(lx)

Pertenece a la unidad del SI de iluminancia, lo que equivale a la cantidad de iluminación que recibe un área de superficie, siendo lumen por metro cuadrado, presenta diferencia con respecto al Lumen como se detalla en la Figura 8.

b) Lumen(lm)

Pertenece a la unidad del SI de flujo luminoso proveniente de una fuente directa y uniforme, ubicada en el vértice de un ángulo sólido de un estereorradián e intensidad representada por candela.

c) Iluminancia

Es el flujo luminoso suministrado a una superficie.

d) Potencia:

Se le designa con ese nombre a la luminaria medida en Watts [17].

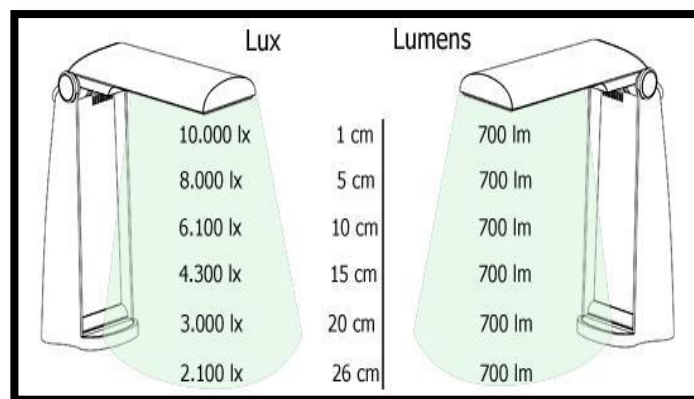


Figura 8. Diferencias entre lumen y lux

Fuente: [18]

3.5. LUMINARIAS

Una luminaria es un dispositivo que se utiliza para soportar y conectarse a la red eléctrica de la lámpara. La luminaria se encarga de controlar y distribuir la luz emitida por la lámpara. Por lo tanto, es importante prestar atención a la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-iluminador y el deslumbramiento que puede causar a los usuarios al diseñar el sistema óptico. Otros requisitos que debe cumplir la luminaria son la facilidad de instalación y mantenimiento [19].

3.5.1. Tipos de luminarias

La luminaria suele constar de una carcasa, un reflector y una fuente de luz o módulo de luz. Su función es proteger la lámpara de la humedad, el polvo y los golpes. También se encargan de proporcionar una buena distribución de luz y contraste para evitar irritar el flash como en la Figura 9.

Estos productos tienen una amplia gama de aplicaciones diferentes. Se utilizan como iluminación para hogares, escuelas, fábricas, polideportivos y oficinas. Dado que cada sitio requiere unas características de iluminación específicas, en Any-Lamp se pone a disposición distintos tipos de luminarias:

- Luminarias LED
- Luminarias halógenas y PL
- Luminarias de tubo
- Luminarias de techo
- Luminarias de pared
- Luminarias de suelo
- Luminarias de exterior
- Iluminación de emergencia



Figura 9. Tipos de luminarias

Fuente: [20]

3.5.2. Estudio técnico económico

En el presente análisis técnico y económico sobre el nivel de iluminación de los edificios se basó en la norma americana utilizando el método de cálculo de watts por metro cuadrado, que es un método estimado que se utiliza cuando se necesita una idea de carga, la cantidad de lámparas necesarias para un proyecto o plano determinado. Además, utilizando las ventajas del avance tecnológico, esta investigación se centrará en la iluminación con tecnología LED, debido a las ventajas de esta tecnología sobre muchas otras tecnologías, y debido a que la tecnología de tipo LED está hecha de materiales amigables con el ambiente, no tóxicos y reciclables.

El estudio económico incluye un análisis de los resultados, determinando el costo energético anual del uso del sistema de iluminación existente, el costo energético anual estimado del uso de lámparas LED y la inversión inicial total necesaria para implementar este nuevo sistema de iluminación LED. La iluminación basada en LED (diodos emisores de luz) se puede considerar una nueva tecnología de iluminación, que tiene muchas ventajas sobre los diferentes tipos de iluminación del mercado.

Las lámparas LED consumen aproximadamente un 50 % menos de energía que las lámparas tradicionales y tienen una vida útil de unas 100 000 horas (6 veces mayor a las lámparas de sodio tradicionales), la temperatura de color que emiten es más blanca y agradable a la vista. No tiene elementos tóxicos y contaminantes que dañen el medio ambiente. La iluminación LED es una preocupación particular para todos los países y regiones del mundo, ya que representa una gran parte del consumo de energía y su uso correcto puede garantizar la seguridad del usuario. Además, utilizar luces LED para iluminar las carreteras de las ciudades del mundo es un buen negocio para el medio ambiente y el país, pues si bien la inversión inicial en implementar este nuevo sistema de iluminación es muy alta, se puede comprobar que la recuperación mediante el ahorro energético será en unos pocos años logran [21].

3.6. LÁMPARAS Y LUMINARIAS

Las lámparas son dispositivos que soportan o emiten luz artificial, aquellas que requieren de la energía eléctrica para iluminar, mientras que las luminarias son aparatos que sirven para repartir, filtrar o transformar la luz de las lámparas, y que incluye todas las piezas necesarias para fijar, proteger las lámparas y para conectarlas al circuito de alimentación.

La vida útil de la lámpara depende de la temperatura que alcance el filamento durante el trabajo de iluminación, cuanto mayor es la temperatura, mayor es el flujo luminoso y más rápida es la tasa de evaporación del material que forma el filamento. A medida que las partículas de filamento se evaporan, las paredes del bulbo se oscurecerán, reduciendo la cantidad de luz que pasa a través del vidrio. Esta misma evaporación del componente del filamento (tungsteno) reduce la corriente, la temperatura y el flujo eléctrico. La reducción del tungsteno seguirá ocurriendo hasta que el filamento se rompa, fenómeno que se denomina foto depreciación.

Según las condiciones de uso de la lámpara, existen diferentes parámetros para asignar su vida útil, considerando para ello la cantidad de horas que han transcurrido hasta que la bombilla se daña en algunos casos, debido a lo cual se debe reemplazarla por eficiencia y costos económicos como se muestra en la Tabla2.

La vida media en determinadas condiciones es el tiempo que tarda la mitad de un lote de bombillas en fallar. El valor de la vida útil es crucial porque ayuda a determinar el ciclo de reemplazo de la bombilla y otros factores que la afectan incluyen la calidad del voltaje de la fuente de alimentación y el número de interruptores de alimentación [22].

Tabla 2. Vida promedio de lámparas según su tipo

TIPO DE LÁMPARA	VIDA PROMEDIO (Horas)
Incandescentes	1 000
Halógenas	2 000 - 4 000
Fluorescentes	7 500 – 12 000
Mezcladores	9 000
Mercurio a alta presión	25 000
Haluros metálicos	11 000
Sodio a baja presión	8 000 – 12 000
Sodio a alta presión	8 000 - 12 000
LEDs	>50 000

Fuente: [22]

3.7. TIPOS DE LÁMPARAS Y BALASTOS MÁS COMUNES

3.7.1. Lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes basan su principio de funcionamiento en el calentamiento de un alambre (filamento), el mismo que a altas temperaturas emite una radiación que se genera en el campo visible del espectro y son la fuente de luz más antigua, que permite obtener la mejor reproducción de los colores a través de una luz muy cercana a la luz del sol [23].

- **Ventajas:** bajo costo y facilidad de instalación.
- **Desventajas:** corta vida y baja eficiencia luminosa (alto desperdicio de la energía en calor).

3.7.2. Lámpara incandescente halógena de tungsteno

Estas lámparas funcionan mediante el calentamiento de un alambre (filamento), a diferencia de las lámparas incandescentes normales, estas poseen halogenuro en la ampolla, factor que ayuda a conservar el filamento y, por ende, a prolongar su vida útil [24].

- **Ventajas:** económicas, facilidad de instalación, menor tamaño, alto flujo luminoso, color cálido de su luz, buena reproducción del color, no pierden intensidad de luz con las horas de trabajo.
- **Desventajas:** baja eficiencia luminosa (alto desperdicio de la energía en calor), emiten radiaciones ultravioletas.

3.7.3. Lámparas de descarga

La lámpara de descarga contiene la luz en la superficie interna y convierte la radiación ultravioleta generada por la descarga de sodio en radiación visible, obteniendo luz amarilla [25].

- **Ventajas:** alta eficiencia luminosa, larga vida.
- **Desventajas:** mala reproducción del color, después de apagar la lámpara hay que esperar 15 minutos antes de volver a encenderla, y finalmente, 15 minutos después de que la bombilla se enciende, alcanza su valor nominal.

3.7.4. Lámpara de sodio de alta presión

Una lámpara de sodio de alta presión es diferente a las lámparas de sodio de baja presión, debido a las diferencias de presiones en el tubo de descarga, ya que como su nombre lo indica es más alta. El exceso de sodio en el tubo de descarga, da como resultado un vapor saturado que sumado a los excesos de mercurio y xenón mejoran las condiciones de color y temperatura.

- **Ventajas:** alta eficiencia luminosa y larga vida
- **Desventajas:** pobre reproducción del color.

3.7.5. Lámpara de mercurio de baja presión

Una lámpara de mercurio de baja presión provee de una luz producida por los polvos fluorescentes emitidos, gracias a la energía ultravioleta de la descarga de mercurio.

- **Ventajas:** mayor eficiencia luminosa que las lámparas incandescentes normales, bajo consumo energético y larga vida de funcionamiento
- **Desventajas:** alto costo, baja reproducción del color, la tonalidad del color de la luz emitida es fría.

3.7.6. Lámpara de mercurio de alta presión

La luz producida en este tipo de lámparas se encuentra dentro de un tubo de descarga con una cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte que asiste el encendido. Como producto de esta descarga se produce una parte de la radiación visible del espectro como luz, pero otra parte es emitida en la región ultravioleta, esta última radiación UV es convertida en radiación visible por medio de un polvo fluorescente que cubre la ampolla en su interior [26].

- **Ventajas:** larga vida útil, buena eficiencia luminosa (3 veces más eficiente que las lámparas incandescentes).
- **Desventajas:** mala reproducción del color, alto costo, comparado con las lámparas de sodio, necesitan tiempo de enfriamiento para reencender en caliente.

3.7.7. LED (light emitting Diode)

Sus siglas en español traducen, diodo emisor de luz, fue creado a principios de la década de los sesenta (60) y pertenece a la familia de los diodos. Además, son de estado sólido, no poseen partes frágiles o movedizas, pueden durar por décadas y poseen más eficiencia luminosa que las lámparas comunes.

Los primeros LED que se comercializaron fueron rojos, los cuales se usaban como dispositivos de encendido y apagado en dispositivos electrónicos. Posteriormente fueron apareciendo LEDs de diferentes colores y más o menos en el año 1989 una empresa norteamericana insertó en el mercado un nuevo tipo de luz LED azul, de la combinación de estos colores surge la ahora utilizada y comercial luz LED blanca.

Hoy en día por las relaciones de costo-eficiencia ha hecho que este tipo de lámparas este revolucionando el mercado de la iluminación. Las luces LED blancas son los suficientemente eficientes para ser aplicadas a todo tipo de sistemas de iluminación tanto de interior como de exterior.

El diodo emisor de luz, más comúnmente llamado LED, usa menos energía que los demás tipos de lámparas, tienen mayor vida útil y una de las características más sobresalientes no dejan residuos de mercurio que dañan la capa de ozono como lo hacen las luces incandescentes. Las luces LED usan un tipo especial de diodo, el cual al ser atravesado por energía eléctrica desprende un tipo de luz.

Una explicación más científica consiste en que cuando la corriente atraviesa a través de un diodo semiconductor, esta inyecta huecos y electrones en las regiones p y n. Las regiones tipo p (positivo) y n (negativo) se refieren a dos tipos de materiales semiconductores alterados que permiten que la energía fluya en una dirección siempre que el material tipo p este de una tensión superior a la n.

Esta combinación de electrones y huecos son las encargadas de generar la luz. Dependiendo de la intensidad del paso de corriente hace que las recombinaciones entre electrones y huecos produzca un tipo de luz. El color que va a tener el LED lo determina el tipo de material del que está hecho.

Los LED poseen una lente hecha de una resina especial, esta puede ser clara o difusa. Esta resina encapsula el LED y a su vez provee un control óptico ya que evita las reflexiones en la superficie del semiconductor e incrementa el flujo luminoso [27].

- **Desventajas:** El precio es sin duda alguna una de las desventajas principales del LED, ya que su precio es comparativamente alto con respecto al resto de las lámparas existentes en el mercado.
- **Ventajas:** No posee ni filamentos ni electrodos como lo hacen las lámparas incandescentes y de descarga que son susceptibles a romperse o quemarse. Con el transcurso del tiempo el rendimiento de estas lámparas ha crecido por encima de 40 %. A su vez, los costos han disminuido en un 20 %

3.8. TIPOS DE POSTE

3.8.1. Postes circulares (tipo r)

Son postes vibrantes de hormigón armado con geometría exterior troncocónica y sección transversal circular hueca en el interior, permitiendo el paso de cables para conexiones internas. La pared del pilar mide 6 cm de largo. Superficie gruesa y lisa, con un estrechamiento constante desde la yema hasta la base (generalmente 20 mm /m).

3.8.2. Postes rectangulares (tipo H)

Las columnas rectangulares de hormigón armado vibrado tienen una geometría exterior piramidal de tronco-piramidal con alvéolos a lo largo de sus superficies. Como resultado, esta disposición da una típica sección transversal en forma de doble T, con nervaduras a lo largo de los pilares. La sección transversal del instrumento superior es un rectángulo sólido, con alvéolos en los pilares restantes, y su presión se alivia mediante un refuerzo regular, lo que hace que estas secciones transversales también sean rectangulares en estos puntos.

La superficie de la columna tiene un ahusamiento constante, y el tamaño desde la punta (arriba) hasta la parte inferior sigue aumentando, cumpliendo en todos los casos los límites especificados en las especificaciones técnicas.

3.9. CARGA ÚTIL (CARGA DE SERVICIO)

La carga útil (carga de servicio; P_s) se define como la carga máxima de trabajo de diseño de la barra, que se aplica 200 mm por debajo del punto o superior (para barras redondas; tipo R), para columnas rectangulares (tipo H), 250 mm, horizontalmente paralelo Perpendicular al eje de la varilla y se calcula dividiendo la carga de rotura horizontal nominal (P_{nr}) por el factor de seguridad especificado.

3.9.1. Carga nominal de rotura horizontal

La carga de rotura horizontal nominal (P_{nr}) se define como la carga de rotura definida por cálculo y especificada por el fabricante.

3.9.2. Factor de seguridad

Según Norma INEN 1 965 (1 993-09), el factor de seguridad de todas sus barras estándar es de dos (2) (carga de rotura horizontal nominal (Pnr)) y carga útil (o carga de servicio; Ps). Para garantizar el cumplimiento de nuestras normativas sobre postes de hormigón, el sistema realizará pruebas de control de producción y pruebas de postes a escala real hasta que se rompa.

3.9.3. Empotramiento

La longitud enterrada (L1) es la distancia entre la base y la parte enterrada de la columna, que es la parte donde se produce el momento flector máximo cuando se coloca en condiciones de trabajo.

Su valor se calcula utilizando la siguiente fórmula (expresada en metros): $L1 = L / 10 + 0.5$ donde L es la longitud total del pilote (la distancia entre el fondo y el final o la parte superior del pilote) en metros.

3.9.4. Conductores

Un conductor es un conductor que transporta energía eléctrica bajo una carga requerida. El cálculo y determinación del tamaño de los conductores incluye la selección de materiales y aislantes, así como las secciones transversales de los conductores que soportan cargas y caídas permitidas, y se dimensionan de acuerdo con las siguientes normas.

- Factor de corrección a la capacidad de transporte
- Dimensionamiento por la pérdida de voltaje

3.10. EQUIPOS PARA EL ENCENDIDO DE LÁMPARAS

Las lámparas funcionan con una descarga eléctrica mediante un gas, no funcionan a una red eléctrica de simple conexión, necesitan equipos adicionales como:

3.10.1. Condensador

Este elemento corrige el factor de potencia que tiene el circuito que cuenta con lámparas y balasto inductivo, permite evitar sobrecargas y consumo de energía reactiva. Dentro de sus características importantes se encuentran:

- El valor de la tensión nominal debe estar bajo el rango a la red a la que está conectado.
- Capacidad de la lámpara
- El aislamiento es importante para evitar el recalentamiento que afecta la vida útil del condensador [28].

3.10.2. Arrancador

El arrancador facilita el encendido, ya que actúa con el balasto o de forma independiente para obtener el voltaje requerido para el cebado de la lámpara.

Dentro de las principales características se tiene:

- La tensión del arrancador debe situarse entre los límites permitidos por la lámpara
- La lámpara le exige al arrancador una amplitud de impulso
- El arrancador debe tener resistencia al calentamiento

3.10.3. Balastro electrónico

Este componente electrónico reemplaza al transformador para mejorar la eficiencia incrementando el valor de la frecuencia de entrada a un rango de 20 y 50 kHz. Las lámparas operan dentro de estas frecuencias producen un flujo luminoso como el de un balastro electromagnético [29].

3.11. PARÁMETROS DE ILUMINACIÓN VIGENTES EN EL PAÍS

La FIFA estipula en el reglamento oficial de 2 006 que, en primer lugar, la cancha debe ser rectangular, es decir, la longitud de la línea de contacto debe ser mayor que la longitud de la línea de meta. Además, están los tamaños de los duelos locales y otros duelos internacionales, este organismo deportivo determina ciertas especificaciones tecnológicas conforme al avance, requiriendo de equipo para transmisiones televisivas, y no televisivas.

Estas situaciones en conjunto exigen niveles de iluminación idóneos para transmisiones en alta definición, valores de iluminación vertical, horizontal, coeficientes de uniformidad. Para este tipo de requerimientos menores se toma en cuenta la Tabla 4, mientras que la Tabla 5 muestran niveles acordes a la FIFA.

Los estadios de fútbol deben ser iluminados de acuerdo a los requerimientos óptimos de calidad de video digital de los medios de comunicación, y con precauciones de tener reflejos de luz con jugadores, árbitros evitando generar contaminación lumínica del escenario deportivo, considerando sistema de iluminación permanente, temporal y la mezcla de ambas.

- Los aspectos ambientales permiten tomar precauciones con iluminación invasiva, deslumbramientos internos y externos del campo.
- Los árbitros y jugadores deben tener la facilidad de moverse dentro de un espacio correctamente iluminado.

- Los espectadores deben visualizar los elementos de campo con facilidad, marcador, pantalla de video, partido, actividades de la cancha sin excedentes lumínicos.
- Los medios de comunicación requieren una calidad visual óptima para videos y retransmisiones producidas, libre de sombras y con iluminación estable.

3.11.1. Medidas de una cancha de fútbol

Las métricas para un partido local son:

- Longitud: 90 metros - 120 metros
- Ancho: 45 metros - 90 metros

Las medidas para compromisos internacionales no pueden ser tan extremas que las anteriores y estas son:

- Longitud: 100 metros - 110 metros
- Ancho: 64 metros - 75 metros

Otras medidas de un campo de fútbol:

- Hay un círculo en el centro de la cancha con un radio de 9,15 metros
- El área alrededor del arco, es decir, un área pequeña de 5,5 metros de largo y 7,32 metros de largo.

Finalmente, debe haber una distancia de 11 metros desde la línea de fondo hasta el punto de penalización [30].

3.11.2. Categorías de competiciones

Dentro de las clases de sistemas de iluminación se debe tomar en consideración si los partidos requieren de una calidad visual óptima para eventos televisados o no televisados como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Categorías de competiciones

Clase V	Partido internacional televisado	Campo libre de sombras y deslumbramiento
Clase IV	Partido nacional televisado	Campo libre de sombras y deslumbramiento
Clase III	Partido nacional no televisado	Campo libre de deslumbramiento, provisto de un mínimo de ocho postes (recomendado)
Clase II	Partido de liga y/o clubes no televisado	Campo libre de deslumbramiento, provisto de un mínimo de seis postes (recomendado)
Clase I	Entrenamientos y juegos de recreo no televisados	Campo libre de deslumbramiento, provisto de un mínimo de cuatro postes

Fuente: [28]

3.11.3. Posibles vistas de las cámaras

Las posiciones de las cámaras son trascendentales dentro de un campo de juego para emplearlos en la transmisión televisiva para lo cual se analiza la Figura 10, que brinda las pautas de iluminación y la ubicación del equipo para evitar reflejos de luz, además de obtener una buena calidad de video.

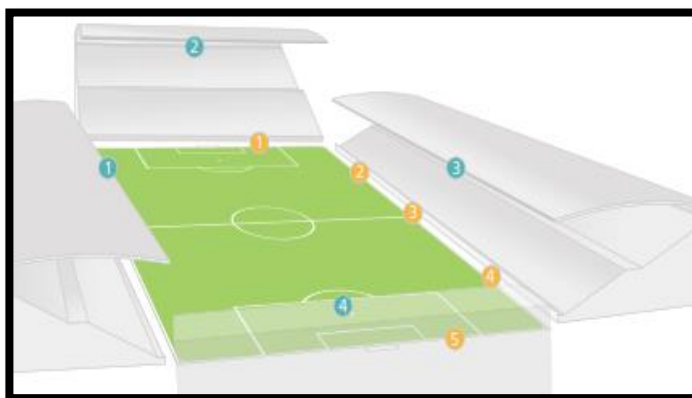


Figura 10. Vistas de las cámaras

Fuente: [31]

La correcta iluminación de un escenario deportivo tiene como objetivo alcanzar la simetría lumínica en bandas y metas, para un mejor resultado se puede insertar cámara móviles y fijas.

3.11.4. Ángulos visuales de jugadores y de la transmisión

Dentro de los aspectos más trascendentales resalta que el diseño no debe desconcentrar a los jugadores, árbitros y miembros de medios de comunicación. Debido a esto, se ha definido dos áreas como zonas sin iluminación artificial:

- **Zonas de las esquinas de la línea de meta:** se prohíbe la colocación de iluminarias dentro del rango de 10 grados en ambos lados de la línea de meta, para precautelar el desenvolvimiento de portero y jugadores atacantes.
- **Detrás de la línea de meta:** no se permite colocar iluminación dentro de los 25 grados sobre el centro del campo de juego ni debajo de los 75 grados de la horizontal en la zona de meta, para respaldar la visibilidad de jugadores atacantes y medios televisivos.

3.11.5. Control de sombras (direccionamiento multizona)

Existen varias limitaciones de sombras de contornos duros para los medios que usan implementos de alta calidad resolutive. El enfoque multizona hace referencia al alumbrado repetido de un sector del campo de juego desde diferentes puntos del campo de juego. La recomendación que se establece es colocar como mínimo cuatro dispositivos de iluminación

superpuestos por cada lado para programaciones deportivas internacionales como se muestra en la Figura 11 y de tres para nacionales tal como se indica en la Figura 12.

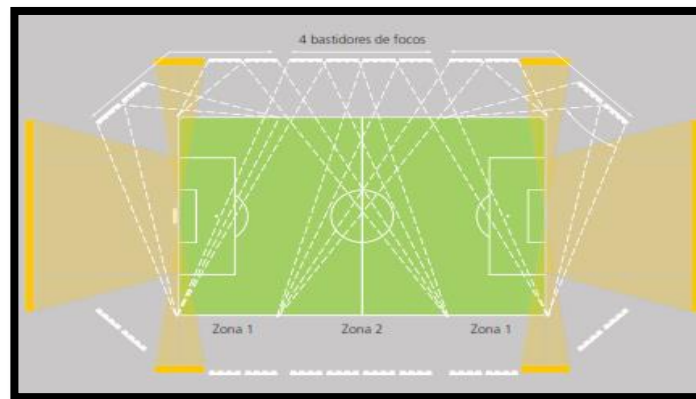


Figura 11. Direccionamiento de luz en eventos internacionales

Fuente: [31]

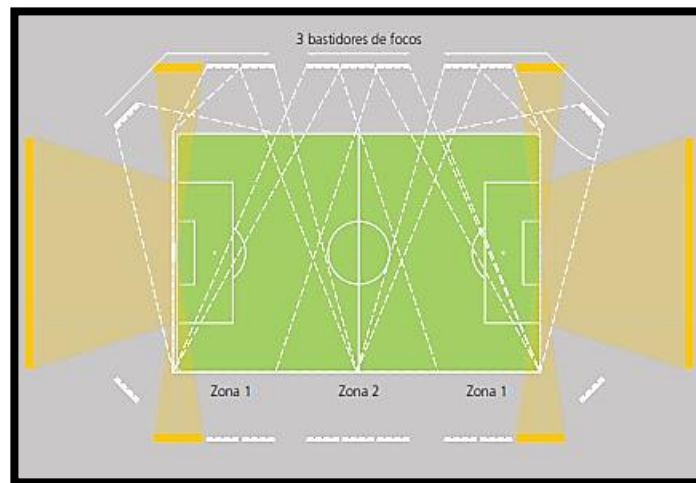


Figura 12. Direccionamiento de la luz en eventos nacionales

Fuente: [31]

3.11.6. Planificación de las instalaciones

La planificación de iluminación de escenarios deportivos depende si el encuentro es televisado o no, ya que según estos parámetros se acondiciona el estadio para obtener una calidad digital óptima, caso contrario se suprime el direccionamiento multizona, como se constata en la Figuras 13-15.

La planificación de instalaciones deportivas es una herramienta que los gobiernos autónomos descentralizados e instituciones públicas y privadas que cuenta con este tipo de escenarios desarrollan en base a los lineamientos y reglamentos nacionales e internacionales en favor de la recreación deportiva local y nacional.

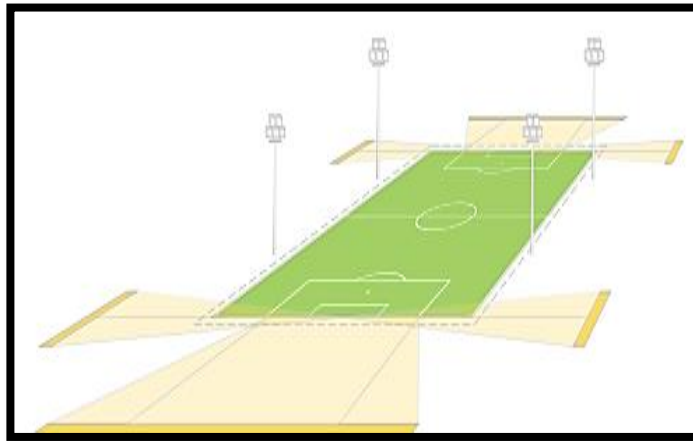


Figura 13. Entrenamiento y recreo

Fuente: [31]

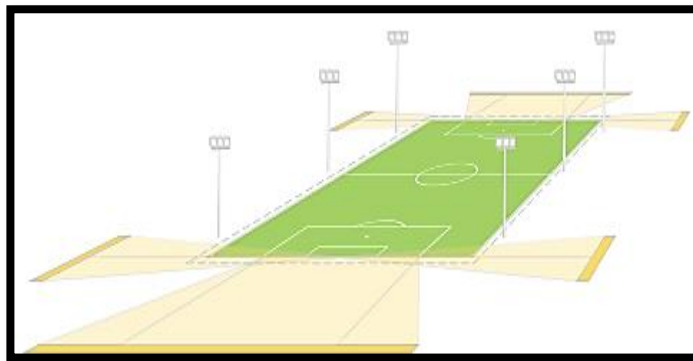


Figura 14. Partidos de liga y/o clubes

Fuente: [31]

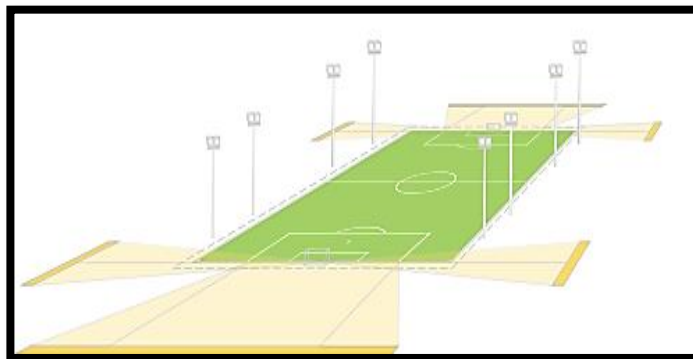


Figura 15. Partidos nacionales

Fuente: [31]

3.11.6. Normativa FIFA para sistemas de iluminación

3.11.6.1. Altura de montaje de las luminarias

Para el alumbrado se emplea aparatos de montaje referenciales para iluminar un escenario deportivo, como se muestra en la Figura 16. La posición geométrica de los aparatos de montaje

en bastidores de focos laterales y postes sobre 25° , aunque se les permite exceder esta recomendación, pero no sobrepasar los 45° .

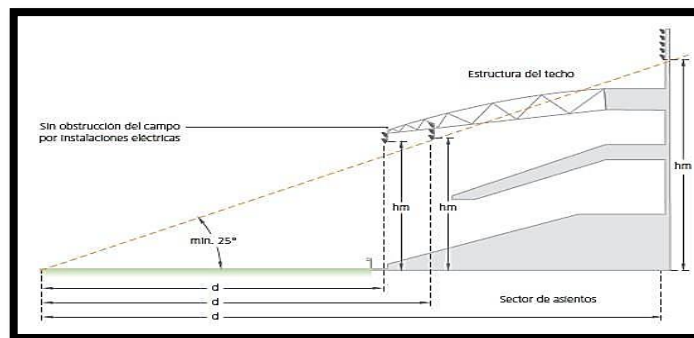


Figura 16. Altura de montaje de luminarias

Fuente: [31]

3.11.6.2. Iluminancia horizontal

La iluminación horizontal es importante como se muestra en la Figura 17 y dependerá de las especificaciones de la Tabla 5, se mide la luz a un metro de altura sobre el área de juego, para lo cual se aplica una rejilla de $10\text{m} \times 10\text{m}$ en el campo de juego para determinar parámetros de medición y anotar las iluminaciones máxima, mínima y media. La iluminación horizontal guarda relación con el nivel de competición o juego que se realiza en el escenario deportivo.



Figura 17. Iluminación horizontal

Fuente: [31]

3.11.6.3. Variación

El fútbol requiere de parámetros y especificaciones técnicas precisas dentro del gramado de juego con la finalidad de mantener una iluminación uniforme en toda el área del escenario deportivo para facilitar la transmisión de videos en alta definición por medio de los canales de televisión [31].

3.11.6.4. Iluminación vertical

El campo requiere de una iluminación vertical sobre la superficie de juego como se muestran en la Figura 18 con lo que se permite observar los detalles de jugadores y campo de juego.

Las diferencias en la variación de la iluminación vertical producen una imagen digital deficiente, por tal situación el diseñador del aspecto lumínico debe considerar un equilibrio en la iluminación de estos aspectos para reducir las áreas expuestas y subexpuestas.



Figura 18. Iluminación vertical

Fuente: [31]

3.11.6.5. Vertical de la cámara fija

La cámara fija vertical instalada sobre el campo de juego, enfoca las líneas de banda y de meta opuestas, además cubren todo el terreno de juego como en la Figura 19.

Las diferencias en la variación de la iluminación vertical producen una imagen digital deficiente, por tal situación el diseñador del aspecto lumínico debe considerar un equilibrio en la iluminación de estos aspectos para reducir las áreas expuestas y subexpuestas por la cámara fija.



Figura 19. Luz vertical sobre el campo

Fuente: [31]

3.11.6.6. Temperatura del color

La temperatura del color de las cámaras digitales permite manipular el contraste en rojo o azul que es la sensación visual, de acuerdo al tipo de iluminación empleado haciendo referencia a estadios descubiertos es de $\geq 4\ 000\text{K}$ [32].

3.11.6.7. Índice de reproducción de color (Rendering)

La habilidad de transformar luz artificial en luz natural se designa como reproducción de color, dentro del intervalo es Ra20 a Ra100, analizando que mientras mayor es la índice mejora es la calidad del color, por lo regular debe fluctuar en $Ra \geq 65$.

3.11.6.8. Especificaciones para eventos televisados

La Tabla 4 presenta criterios para eventos televisados detallando las consideraciones de iluminación vertical y horizontal, las características técnicas de las lámparas que generan temperaturas de color acorde a la actividad que se realiza en el escenario deportivo.

Tabla 4. Requerimientos de iluminación para eventos televisados

Actividad		Iluminación vertical			Iluminación horizontal			Propiedades de las lámparas	
		Lux	U1	U2	Lux	U1	U2	Temperatura de color [$^{\circ}\text{K}$]	Rendimiento de color [Ra]
Internacional	Cámara Fija	2 400	0,5	0,7	3 500	0,6	0,8	>4 000	≥ 65
	Cámara a nivel campo	1 800	0,4	0,7					
Nacional	Cámara Fija	2 000	0,5	0,7	2 500	0,6	0,8	>4 000	≥ 65
	Cámara a nivel campo	1 400	0,35	0,6					

Fuente: [31]

Notas:

- Todos los valores de iluminancia indicados representan valores constantes. La constante recomendada es 0,7; por lo tanto, el valor inicial será aproximadamente 1.4 veces el valor anterior.
- En todos los niveles, el índice de deslumbramiento de los jugadores en el campo debe ser $GR \leq 50$ en su ángulo de visión principal. Si se satisface la perspectiva del jugador, se satisface dicho índice.
- Aceptar y recomendar el uso de tecnología de iluminación constante.

3.11.6.9. Especificaciones para eventos no televisados

La Tabla 5 es un resumen de los criterios a considerar para eventos no televisados; expone las recomendaciones para la iluminancia horizontal, la uniformidad, y las propiedades de las lámparas, para cada clase de actividad.

Tabla 5. Requerimientos de iluminación para eventos no televisados

Actividad	Iluminancia [Lux]	Coeficiente de uniformidad		Propiedades de la lámpara	
	Emed	U1	U2	U2	Lux
Nacionales	750	0,5	0,7	>4 000	≥65
Ligas y clubes	500	0,4	0,6	>4 000	≥65
Entrenamientos	200	0,3	0,5	>4 000	≥65

Fuente: [28]

Notas:

- La constante recomendada es 0,70; por lo que el valor inicial es aproximadamente 1,4 veces el valor anterior
- La desigualdad de iluminancia no deberá exceder de 30 % por 10 metros.
- El ángulo de visión principal del reproductor debe evitar el deslumbramiento directo. Si se satisface el ángulo de visión del reproductor, se cumple este índice de deslumbramiento.

3.11.7. Impacto ambiental

Existen riesgo dentro del medio ambiente que tiene relación con las luminarias, sien la iluminación invasiva y el resplandor los más sobresalientes, presentes en escenarios deportivos y pistas automovilísticas. La comunidad local debe contar con seguridad dentro y fuera de un estadio, para ello se debe implementar dentro del diseño lumínico reflectores cut off, de alta eficiencia cuando los eventos deportivos necesiten de proyección televisiva, para el análisis de estos factores se toma en consideración la iluminación horizontal y máxima como se muestra en la Tabla 6 y Figura 20.

La invasión invasiva que proviene de la parte externa del estadio deportivo puede ser medida y controlada, los resplandores no solo en estadios sino en demás actividades que requieran de concentración son trascendentales para evitar accidente.

Tabla 6. Valores permitidos de contaminación lumínica

Ángulo de iluminación	Distancia desde el perímetro del estadio	Lux
Invasión horizontal	50 m	25
Invasión horizontal	200 m	10
Máximo vertical	50 m	40
Máximo vertical	200 m	20

Fuente: [31]

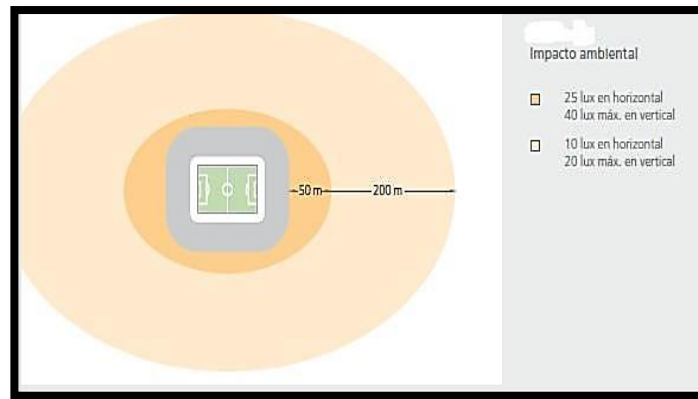


Figura 20. Contaminación lumínica

Fuente: [31]

3.12. NORMATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE REDES ELÉCTRICAS DE MT Y BT

3.12.1. Homologación de las unidades de propiedad (UP) en sistemas de distribución de energía eléctrica de redes subterráneas

Existen varios elementos que se utilizan en los sistemas de distribución de energía eléctrica, de acuerdo a estos requerimientos se junta el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable además de otras empresas, crean la Comisión de Homologación de Unidades de Propiedad para regular los materiales y accesorios en la construcción y montaje de equipos. Toda esta unificación de conceptos permite a las empresas del sector eléctrico realizar mejoras en el sistema de distribución.

3.12.1.1. Interruptor para redes subterráneas

Este tipo de interruptores permite dividir la carga y controla fallas de origen monopolar y tripolar en sitios ubicado al aire libre, cámaras que están colocadas en el piso y por debajo de él como se considera en la Tabla 7

Tabla 7. Principales especificaciones técnicas para interruptor de redes subterráneas

Descripción técnica	Frecuencia nominal	Corriente nominal	Voltaje Max. (Ur)	Nivel de aislamiento (Bil)
	Hz	Amp	kV	kV (valor pico)
Interruptores para 15kV	60	100	15,5	95
Interruptores para 27kV	60	95	27	125

Fuente: [33]

3.12.1.2. Ductos

a) Separadores de tubería

La separación de la tubería se realiza mediante láminas de PVC, los parámetros de separación horizontal y vertical es de 5 cm, la separación longitudinal es de 2,5 m.

b) Material de relleno de banco de ductos

Para la instalación de los ductos bajo las aceras se emplea arena y hormigón de resistencia igual a 140 Kg/cm², buscando con esto obtener una cama de arena o ripio de 5 cm uniforme para el banco de ductos.

El relleno del banco de ducto es arena, los separadores de tubería de la arena es 5 cm, y así de forma consecutiva siendo la última de 10 cm. Si el relleno del banco es hormigón los separadores se arman según las especificaciones rellenando todo por un valor de 10 cm por encima.

En ambos casos, después de la capa de 10 cm de espesor en la última tubería, se comprimirá manualmente una capa de material de relleno (sin piedras) de 20 cm, y luego se compactará mecánicamente la siguiente capa de 10 cm antes de colocar la capa de 10 cm. La cantidad de base compactada (arena o escombros) depende del material de revestimiento de la acera (si se trata de adoquines u hormigón, respectivamente). La distancia desde la pared de la zanja hasta la tubería será de 10 cm.

Al instalar el grupo de tuberías debajo de la calzada, el material de relleno debe ser hormigón con una resistencia mínima de 180 Kg / cm². El material de relleno (sin piedras) se colocará al menos 10 cm por encima de la tubería en el grupo de tuberías. Se compactan mecánicamente dos capas de 25 cm, después de lo cual se colocarán 10 cm de capa base compactada (arena, grava o balasto), según el material de acabado de la carretera (si se trata de adoquines, hormigón o asfalto respectivamente). El fondo de la zanja tendrá un acabado uniforme y se colocará un lecho de grava de 5 cm.

c) Distancias de separación entre banco de ductos eléctricos y otros servicios

La distancia horizontal mínima entre tuberías eléctricas y otros servicios es de 25 cm. No se instalarán tuberías de otros servicios en paralelo por encima o por debajo de las tuberías eléctricas. En circunstancias especiales, la distancia vertical debe ser la misma que la anterior.

d) Profundidad

La Tabla 8 menciona la profundidad mínima para emplearse en ductos o bancos, en la parte superior de estos.

Tabla 8. Profundidad mínima de zanjas

Localización	Profundidad mínima (m)
En lugares no transitados por vehículos	0,6
En lugares transitados por vehículos	0,8

Fuentes: [33]

En el caso de que no se puedan obtener estos valores mínimos de profundidad, se debe colocar hormigón mecánicamente resistente en todo el recorrido de la zanja para asegurar la misma protección de la tubería que las condiciones de profundidad mínima establecidas.

e) Ancho de la zanja

Su ancho debe ser tal que se pueda colocar sobre la plantilla, acoplar y compactar el relleno sin dificultad, para ello utilizar la siguiente fórmula descrita en la Ecuación 1:

$$Bd = (N * D) + (N - 1) * e + 2x \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

Bd= Ancho de la zanja

N= Número de tubos (vías) en sentido horizontal

D= Diámetro exterior del tubo

E= Espacio entre tubos (Mínimo 5 cm)

X= Distancia entre la tubería y la pared de la zanja (Mínimo 10 cm)

f) Cintas de señalización

Para indicar la presencia de ductos eléctricos, se debe colocar cinta o cinta de PVC a lo largo de todo el recorrido del grupo de conductos de la Figura 21. La cinta o cinta debe colocarse a una profundidad de 20 cm desde el nivel del piso terminado de la acera o entrada. Cuando el

ancho de la ranura sea menor o igual a 0,5 m, se colocará una cinta marcadora, y si la ranura es mayor de 0,5 m, se colocarán dos cintas marcadoras.

Todas estas consideraciones previenen accidentes con personal que no especialista en el campo eléctrico, y para quienes intervienen directamente en el mantenimiento de las redes eléctricas subterráneas.



Figura 21. Cinta de señalización para instalaciones eléctricas subterráneas

Fuente: [33]

La cinta de señalética debe contener la siguiente información:

- La señalética de riesgos eléctricos se basa en la norma. (ISO 3864)
- Para los cables eléctricos se requiere de una leyenda de advertencia
- Sello de la empresa distribuidora

g) Ductos

Los cables deben tener un recubrimiento de tuberías PVC.

Ventajas:

- Reemplazar cables y cambiar aceite.
- Tiene ventajas mecánicas y ambientales al cable de enterrado directo
- Provee seguridad ante excavaciones
- Proyección ante el incremento del mercado.
- Alta confiabilidad

Desventajas:

- Alto costo
- Corriente muy baja

- No admite corte ni empalmaduras

h) Ductos

De acuerdo con las normas NTE INEN 2 227 y NTE INEN 1 869, se deben instalar tuberías de PVC de pared estructural tipo B e interiores lisos para redes de MT y BT (diámetros de 110 y 160 mm), y de servicio pesado tipo II para alumbrado público y conexiones domiciliarias de tubo de PVC de diámetro 50 mm, como en la Tabla 9.

i) Características

Dentro de las características más sobresalientes se puede resaltar las siguientes:

- Los ductos que están provistos de conductores y los de reserva deben estar protegidos de escombros, basuras, roedores, entre otros.
- Los accesorios de la tubería deben ser diseñados especialmente para estas tuberías.
- Se empleará materiales de fábricas certificadas que se rijan bajo la normativa INEN que especifica el color de este tipo de tuberías en naranja.
- El área de la sección transversal en conjunto no debe sobrepasar el 40 % en el interior de la canalización NEC 354.

Tabla 9. Ductos y tuberías a emplear en las canalizaciones y transiciones

Calibre del conductor (AWG o MCM)	Tensión (kV)	Diámetro del ducto (mm)	Transición Ducto (mm)
1/0,2/0,3/0,4/0,5/0,250,300,350,500	35	160	160
2,1/0,2/0,3/0,4/0,250,300,350	15-25	110	110
500	15-25	160	160
4,2,1/0,2/0,3/0,4/0	0,6	110	110
6,4,2,1/0	0,6	50	50

Fuente: [33]

Nota: Las redes y acometidas de bajo voltaje, tiene un número limitado de conductores puestos a tierra son 3.

j) Configuración de ductos

Los ductos de una zanja dependen del número de filas en contraste con el número de columnas, por lo que las siguientes configuraciones que se mencionan en la Tabla 10, señalan el primer dígito es el número de filas y el segundo corresponde al número de columnas [34].

Tabla 10. Configuración de ductos

Fila x Columna	Fila x Columna	Fila x Columna
1x2	1x3	1x4
2x2	2x3	2x4
3x2	3x3	3x4
4x2	4x3	4x4

Fuente: [33]

3.12.1.3. Pozos

Los pozos se emplean cuando hay modificaciones en dirección, transición aérea y subterránea, las especificaciones para las distancias entre pozos se ubica entre 30 y 60 m. Para el mantenimiento se debe verificar que el espacio de trabajo esté limpio, construido de hormigón armado de 210 Kg/cm² con un espesor de 12 cm. Las paredes internas del pozo se construyen de ladrillo o bloque se enlucen con mortero de 1:3.

Las tapas de los pozos podrán ser de:

- hormigón armado y
- Acero dúctil o grafito esferoidal

a) Dimensiones

La homologación de pozos se realiza mediante dimensiones interiores como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Dimensiones de los pozos de revisión

TIPOS	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Aplicación
Tipo A	0,6	0,6	0,75	AP-ACOMETIDA
Tipo B	0,9	0,9	0,9	MT-BT-AP
Tipo C	1,2	1,2	1,2	MT-BT-AP
Tipo D	1,6	1,2	1,5	MT-BT-AP
Tipo E	2,5	2	2	MT-BT-AP

Fuente: [33]

b) Forma

Se puede construir pozos en tres tipos de formas: cuadrada, rectangular y en casos especiales octogonales.

c) Consideraciones

Las calles y las veredas se construyen pozos y ductos cuando hay agua potable, alcantarillado, teléfonos, entre otros, el diseño y construcción de estos elementos se realiza con esta

información. La distancia entre el ducto y el pozo mínimo es de 10 cm, los bancos de ductos se deben situar a 5cm antes de la superficie interior del pozo y la curvatura del chaflán es 3 cm.

d) Tapas de hormigón

Las cubiertas de hormigón tendrán un marco y borde metálico construido con chapa de acero de 4 mm de espesor y base de 50 mm por 75 mm de alto con una apertura de 110° tanto para el borde como para el marco de la cubierta.

La resistencia del hormigón de la cubierta será de 210 kg/cm^2 , 70 mm de espesor en acera y 150 mm en carretera con refuerzo $\varnothing=12 \text{ mm}$ cada 100 mm, en ambos sentidos.

El marco y el borde deben tener una capa de pintura anticorrosiva, al menos dos capas. Para que el pavimento se inserte correctamente, tendrá anclajes incrustados en el contorno del pozo como se muestra en la Figura 22.

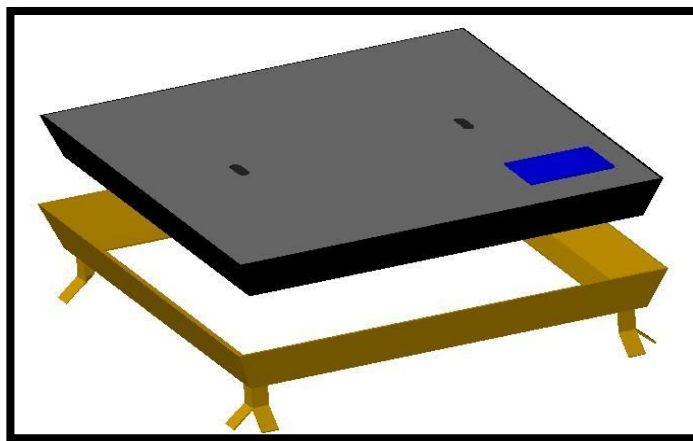


Figura 22. Tapa de hormigón

Fuente: [33]

e) Apertura de la tapa de hormigón

Para levantar la tapa de los huecos se dispone de dos orificios no fundidos formados por un tubo x tubo de metal rectangular de 2'' debidamente posicionado para distribuir el peso de la tapa y soldado al refuerzo, que recorre toda su longitud. Barra de hierro plegada en forma de "L" en la parte superior y se usa para levantar la tapa.

f) Tapas de grafito esferoidal

Los pozos ubicados en la vía deben tener un tapón de grafito esferoidal (acero dúctil) de clase D400-400 kN, que puede ser de uno o dos tapones articulados según el tamaño del pozo. Estas tapas tendrán cerradura de $\frac{1}{4}$ de vuelta con su respectiva llave.

Las cubiertas de hierro dúctil se apoyan en un marco de acero galvanizado, que proporciona soporte y bisagras para las cubiertas.

El diseño de la cubierta proporciona un soporte antideslizante para vehículos y peatones como se muestra en la Figura 23.

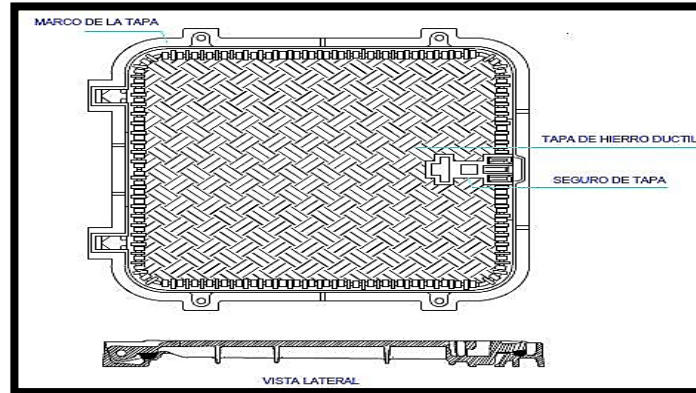


Figura 23. Tapa de grafito esférico

Fuente: [34]

g) Pisos de los pozos

Dependiendo del nivel freático de la zona donde se esté construyendo el sistema subterráneo, el piso de los pozos puede ser:

- Piso con hormigón y drenaje

El piso de los pozos se fusionará con una capa de concreto de al menos 10 cm y un Se instalará desagüe, opcional a juicio de la empresa, en función del nivel freático de la zona donde se instalará la red subterránea. Este drenaje consistirá en un sifón que se conectará al sistema de alcantarillado público a través de una tubería de PVC con un diámetro mínimo de 50 mm, preferiblemente agua de lluvia. La losa tendrá una pendiente del 1,5 % hacia el desagüe.

- Piso sin hormigón y material filtrante

El suelo del foso estará formado por una capa de material filtrante de al menos 10 cm (grava) que ocupará toda su superficie.

- Piso con hormigón y material filtrante

El piso de los pozos estará formado por una losa de hormigón de al menos 10 cm con pendiente de 1,5 % para evacuar el agua hacia una franja no fundida rellena con material filtrante (grava), que cubrirá un 10% menos de la superficie total del suelo del pozo.

h) Soportes

Los cables dentro de los pozos deben ser de fácil acceso y apoyados de tal manera que no sufran daños por su propia masa, dobleces o movimientos durante su operación, por esta razón los pozos contarán con soportes en acero galvanizado o fibra de vidrio para sujetar y ordenar los cables conductores en el interior como se muestran en la Figura 24.

- Los soportes de cables deben estar diseñados para soportar la masa de los propios cables y cargas dinámicas, mantenerlos separados en claros específicos y ser adecuados para el medio ambiente.
- Los cables deben apoyarse al menos 10 cm por encima del suelo para estar adecuadamente protegidos.
- La ubicación de los soportes debe permitir que el cable se mueva sin la concentración de fuerzas destructivas.

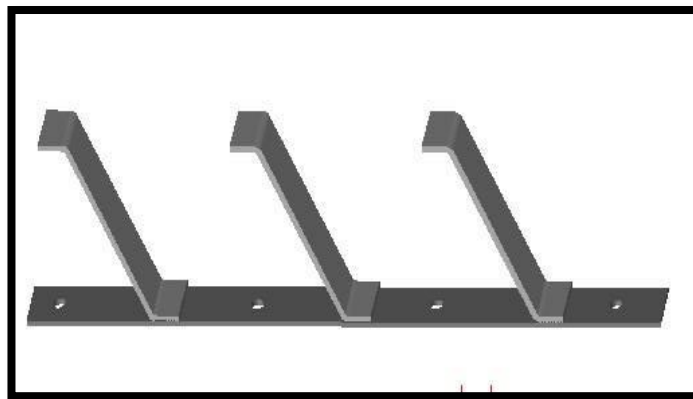


Figura 24. Soporte para cables en pozos de revisión

Fuente: [33]

3.12.1.4. Cámaras eléctricas

Los proyectos de diseño y construcción de salas eléctricas para uso de las empresas distribuidoras regirán estas especificaciones técnicas, que tienen como objetivo definir las características que deben reunir las obras necesarias para el correcto uso de dichas salas, parámetros eléctricos requeridos. Materiales de construcción, proyectos propuestos, iluminación interior, ventilación, drenaje, planos de distribución, detalles constructivos y otros según su aplicación.

a) Requerimientos básicos

Las especificaciones de cámaras, deben contemplar entre otros aspectos, la estética, seguridad, operatividad y la necesidad eléctrica.

En general, una vez terminada la construcción de las cámaras, se deberán comprobar que las obras civiles cumplan con el objetivo de alojar técnicamente los equipos eléctricos de acuerdo a las normas especificadas.

Todos los aspectos técnicos de construcción y diseño contendrán planos y documentos del proyecto.

b) Normas y reglamentos

El diseño y la construcción de la obra civil se ejecutarán de acuerdo con la última versión vigente de las siguientes normas y reglamentos:

- INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- ACI Código de Construcción para Concreto Reforzado.
- ASTM Organismo internacional de Normalización de EEUU.
- AAHSTO Sistema de clasificación de suelos.

Las normas y reglamentos de obra eléctrica son los siguientes:

- IEC Comisión Electrotécnica Internacional.
- ISO Organización Internacional de Normalización.
- INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NEC Código Eléctrico Nacional.
- ASTM Organismo internacional de Normalización de EEUU.
- ICEA Asociación de Ingenieros de Cables.
- NEMA Asociación de Fabricantes Eléctricos.
- NTE – IET Norma Tecnológica de Edificación.
- IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers [28].

c) Equipos y materiales

Los equipos, materiales y otros componentes utilizados en el proyecto deben ser nuevos y de la más alta calidad, y también deben estar certificados por un organismo de certificación acreditado.

d) Especificaciones técnicas generales para obras civiles de las cámaras eléctricas

- La infraestructura de la cámara de energía eléctrica debe ser diseñada en base a estas especificaciones.

- El punto de vista eléctrico y las estructuras existentes, se ejecuta obras civiles para cimentación, eléctricas,
- Se construirá en el sitio más idóneo desde el punto de vista eléctrico y considerando las estructuras existentes en el lugar, ejecutando las obras civiles para la cimentación, instalaciones eléctricas, seguridad y el equipamiento completo indicado en estas especificaciones.
- Las cámaras deben estar incluidas en un diseño con especificaciones que se detallan más adelante, dependiendo de la empresa o distribuidora.
- La cámara debe tener las especificaciones y características suficientes para soportar agentes externos, como agua, fuego, aire, entre otros.
- Se debe tener un acceso de libre conexión con la ruta pública para la empresa distribuidora.

e) Dimensiones

El tamaño interno de la cámara dependerá directamente de la potencia, la cantidad de transformadores y el tamaño del equipo a instalar, pudiendo variar su tamaño según la distancia mínima de seguridad para evitar accidentes al personal interno.

f) Parámetros y consideraciones para la determinación de las dimensiones de las cámaras eléctricas

La Tabla 12 muestra las dimensiones internas mínimas de las habitaciones de las empresas distribuidoras de energía y particulares con baterías o interruptores de MT de tres vías y cuadros de distribución de BT (aptos para potencias de 250 a 800 kVA), en función del número de transformadores y de la tensión nominal de cámara.

Tabla 12. Dimensiones de las cámaras eléctricas

Número de transformadores	Voltaje nominal de línea de distribución en MT	Dimensiones mínimas (cm)		
		A	B	C
1	<24 kV	420	540	300
2	<24 kV	420	600	300

Fuente: [33]

Las dimensiones internas mínimas de las salas eléctricas con transformadores inferiores a 250 kVA se dan en función del tamaño del equipo y la distancia de seguridad. Instalar únicamente transformadores de distribución y sus correspondientes secciones o dispositivos de protección con barras colectoras desconectables o unidades de MT en dichas cámaras, con al menos 3 circuitos de MT.

Ninguna cámara podrá ser inferior a estas medidas:

Largo= 3 m

Ancho= 2,2 m (Transformador Monofásico)

Ancho= 3,7 m (Transformador Trifásico)

Alto= 3 m

g) Equipos a instalarse

Los equipos subterráneos instalados en pozos y cámaras deben ser sumergibles. (Artículo 923-7b del NEC). La sala de distribución de energía puede ser subterránea u horizontal. Pueden consistir en equipos de manipulación, equipos de protección y transformadores.

h) Equipos de maniobra y protección

Las cámaras subterráneas se deben utilizar en equipos sumergibles de segmentación y protección, tales como: módulos premoldeados (conectores tipo codo, tipo "T" o codos portafusibles), barras colectoras des conectables e interruptores MT aislados en SF6.

En la cavidad horizontal se deben utilizar equipos de segmentación y protección, tales como: baterías de MT, módulos preformados (conectores tipo codo, tipo "T" o codos portafusibles), barras colectoras des conectables y cuadros de distribución BT.

Los transformadores se deben utilizar un transformador sumergible y en el tanque de nivel de líquido, se debe utilizar un transformador convencional sin callejones sin salida.

Los transformadores de tipo seco deben usarse en habitaciones horizontales construidas en el piso sobre el primer piso, y en lugares donde el riesgo de incendio es alto y no se pueden usar transformadores enfriados por aceite.

En lugares al aire libre, deben utilizarse transformadores de pedestal instalados sobre cimientos de hormigón.

i) Acceso a cámaras eléctricas

La cámara horizontal tendrá una puerta de acceso que se abre al menos hacia afuera, la puerta de acceso tiene al menos 2,30 m de alto y 1,4 m de ancho.

La puerta debe ser de metal con cerradura para evitar el acceso no autorizado.

Para facilitar la ventilación de la sala eléctrica, las partes superior e inferior de la puerta de acceso deben tener ranuras para la entrada o salida de aire.

La puerta será de chapa metálica de 1,5 mm de espesor, con un tiempo mínimo de resistencia al fuego de 3 horas. (NEC 450,43).

En todos los casos, el espacio de trabajo es suficiente para permitir que la puerta se abra en un ángulo de al menos 90 °.

En el diseño del canal que conduce a la cámara, se considerará el tamaño de los equipos más grandes a acomodar para que no tengan dificultades para entrar y salir del equipo.

j) Acceso de los equipos a las cámaras eléctricas

El espacio físico por donde los equipos ingresan a la sala eléctrica subterránea puede ser:

- Losa de hormigón móvil
- Tapa de acceso metálica de tamaño adecuado para la entrada del equipo, también se puede utilizar para acceso de personal

La losa de hormigón móvil se coloca mejor en el área de instalación del transformador para facilitar el acceso del equipo. De manera equidistante en cada tablero se sellarán adecuadamente cuatro orificios de una pulgada de diámetro, los cuales se utilizarán para introducir un refuerzo que permita que, si se reemplaza el equipo, se izará a su alrededor con perfiles metálicos de acero galvanizado. Se construirá con hormigón armado $f'c = 240 \text{ Kg} / \text{cm}^2$, con dobles armaduras como placas fijas. El tamaño mínimo de la placa superior es de 0,70 m de ancho x 2,30 m de largo.

3.12.1.5. Sistema de puesta a tierra para centro de transformación

La resistencia máxima de conexión a tierra es de 10 ohmios. Si se puede utilizar un valor mayor, se puede colocar una mayor cantidad de electrodos de cobre para mejorar la conexión a tierra o diseñar la rejilla de conexión a tierra.

La parte metálica de la cámara eléctrica que no transporta corriente debe conectarse a tierra en las condiciones especificadas en la norma NEC. Antes de colocar el piso de la caja, primero se debe construir la rejilla de puesta a tierra. Consiste en alambre de cobre desnudo # 2/0 AWG. Debe utilizarse soldadura exotérmica. Se debe instalar una varilla de acero revestida de cobre de 2,40 m x 5/8 '' de diámetro en la rejilla de conexión a tierra. El número de varillas dependerá de la resistividad del suelo y la resistencia de la rejilla al suelo. La resistencia de la rejilla de puesta a tierra medida en la cámara debe ser menor o igual a 10 ohmios.

En el punto de conexión entre el conductor de puesta a tierra y la malla, la caja de inspección o pozo de inspección debe tener un paso libre, en el que se pueda medir, inspeccionar y mantener

la resistencia de la malla. Esta caja o fosa de inspección será cuadrada o redonda, con un diámetro lateral mínimo de 30 cm o 30 cm, que se construirá donde el nivel freático lo permita.

Si la cámara está construida en un piso más alto, debe tener una rejilla o anillo perimetral para asegurar una superficie equipotencial. Instale estos postes en la habitación y asegure una buena conexión a tierra, y tierra a través de una tubería separada a través de un conductor.

Los elementos que se deben conectar a tierra en una cámara son los siguientes:

- La pantalla metálica de los cables de MT.
- Los herrajes de soporte de los cables.
- Las celdas e interruptores de MT.
- El tanque y neutro del transformador.
- Los tableros de BT.
- Equipos de medición.
- Puertas metálicas
- Ventanas
- Rejillas
- Escaleras

3.12.1.6. Cables

a) Cables para red de MT

En el sistema de distribución de energía subterránea de media tensión, cuando la tensión es 15, aislamiento del núcleo de cobre (100 % y 133 % de nivel de aislamiento), polietileno reticulado termoendurecible (XLPE) o polietileno reticulado retardante de llama en forma de árbol (TRXLPE) Se utilizará cable unipolar. kV, 25 kV y 35 kV.

Niveles de Aislamiento:

- **Nivel de 100 %.** - Este tipo de cable debe utilizarse en un sistema donde el punto neutro esté firmemente conectado a tierra y equipado con un dispositivo de protección para eliminar la falla a tierra lo antes posible, pero en cualquier caso debe eliminarse en 1 minuto. Siempre que cumplan con los requisitos del párrafo anterior, también se pueden utilizar en otros sistemas aceptables como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Características de los cables para MT

Características principales	
Conductor	Cobre suave
Forma del Conductor	Cableado concéntrico
Tipo de Aislamiento	Polietileno Reticulado XLPE ó TRXLPE
Pantalla sobre el aislamiento	Semiconductor de polietileno reticulado removible o de alta adherencia
Tipo de pantalla electrostática	Cinta metálica o alambre de cobre
Chaqueta	Material termoplástica PVC

Fuente: [33]

- Nivel de 133 %. - Los cables de esta categoría corresponden a cables previamente designados para sistemas con cables neutros aislados. Estos cables se pueden usar en situaciones en las que no se pueden cumplir los requisitos de eliminación de fallas de Clase I (nivel de aislamiento del 100 %), pero se puede garantizar razonablemente que la parte defectuosa se apague en no más de una hora. También se pueden utilizar cuando se requiere aislamiento adicional por encima de la categoría de nivel del 100 % como se observa en la Figura 25.

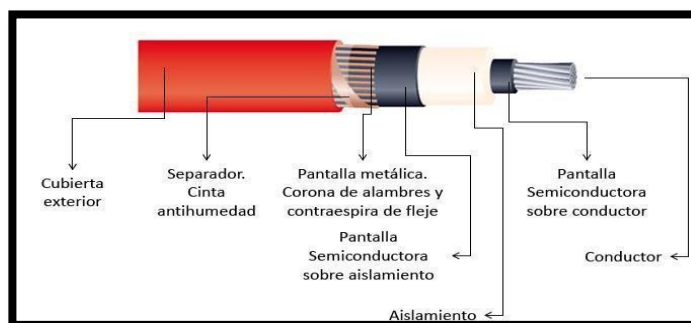


Figura 25. Partes de cable para MT

Fuente: [33]

b) Cables para red de BT

Para la red secundaria subterránea, se debe utilizar cables con conductores de cobre, aislamiento de 2 000 V con polietileno (PE) y revestimiento de cloruro de polivinilo (PVC) a prueba de humedad, todas estas características se resumen en la Tabla 14.

Tabla 14. Características de los cables para BT

Características principales	
Conductor	Cobre suave
Tipo de Aislamiento	Polietileno (PE)
Chaqueta	Policloruro de vinilo (PVC)

Fuente: [33]

3.12.1.7. Transición de red aérea subterránea

La transición de líneas aéreas a subterráneas o de subterráneas a aéreas se realizará sobre un poste, con una altura mínima de 12 m para media tensión y 10 m para baja tensión, y los cables utilizados en ella estarán contenidos en tubos rígidos de acero galvanizado.

En cualquier transición, el terminal para uso externo se instalará en el extremo del cable unipolar de media tensión, y todos los componentes recomendados por el proveedor se instalarán correctamente. La punta del terminal se seleccionará correctamente de acuerdo con el voltaje y las especificaciones del conductor.

a) Transición subterránea de media tensión

La transición subterránea de medio voltaje que se deriven de redes aéreas incluirá:

- Tiene una estructura de dos cruces, que se utiliza para instalar interruptores de aislamiento de tipo abierto y pararrayos
- Tiene estructura de cruceta para la fijación de cables de media tensión
- Kit de abrazadera de cable
- Alambre de cobre desnudo, alambre suave # 2 AWG 7, usado para conexión a tierra
- El conductor de tierra del pararrayos estará contenido en el poste.
- Seccionadores tipo abierto.
- Los terminales externos se seleccionan de acuerdo con la tensión de alimentación y el tamaño del cable unipolar de media tensión.
- Elija el tipo de conector, clavija o agujero de cobre según el tamaño del cable unipolar de media tensión.
- Codo metálico reversible o tapones de salida múltiple, utilizados para sellar el tubo en su extremo superior según el número y diámetro del conductor de transición.
- Tubo rígido de acero galvanizado con un diámetro mínimo de 4 ”, fijado a la varilla con correas metálicas y hebillas de acero inoxidable. La tubería debe conectarse a tierra a través del terminal de tierra de la tubería.
- Codo de metal rígido con curvatura de 90 ° de ancho, cuyo diámetro es igual al de la bajada, que se puede conectar al pozo instalado debajo del pie de la columna. El codo no debe cortarse ni más allá de la pared del pozo terminado. La tuerca corona se colocará en la entrada del codo metálico al orificio para evitar que el cable roce. La distancia desde la parte superior del pozo hasta el codo será de al menos 30 cm.

- La puesta a tierra consistirá en alambre de acero revestido de cobre con un diámetro de 1,80 m x 15,87 mm (5/8 "). La conexión se realizará mediante soldadura exotérmica.

b) Transición subterránea de media tensión

La transición subterránea de bajo voltaje que se deriven de redes aéreas incluirá:

- Cable de cobre desnudo, cableado suave #2 AWG 7 hilos, para puesta a tierra.
- Codo metálico reversible o tapón de salida múltiple, para sellar la tubería en su punto superior, seleccionada según el número y diámetro de los conductores de la transición.
- Tubería rígida de acero galvanizado con un diámetro mínimo de 2 ", asegurada al poste con cinta metálica y hebillas, de acero inoxidable. La tubería deberá ser aterrizada con un conector de aterrizamiento tubo-cable.
- Codo metálico rígido con curva amplia de 90 °, de igual diámetro que la bajante, para unir al pozo que se instala al pie del poste. El codo no debe ser cortado y no sobrepasará la pared terminada del pozo.
- Se colocará una tuerca corona en el ingreso del codo metálico al pozo para la protección contra fricción del cable.
- La distancia de la parte superior del pozo al codo será mínimo 30 cm.
- La puesta a tierra estará conformada por una varilla de acero recubierta de cobre de 1,80 m por 15,87 mm (5/8 ") de diámetro. La conexión se realizará mediante suelda exotérmica [34].

3.13. DESLUMBRAMIENTO

Las áreas brillantes dentro de un escenario deportivo pueden provocar deslumbramiento que resulta molesto o perturbador para los deportistas. El principal objetivo de dicho deslumbramiento es reducir la visibilidad de tarea, perturbación de visión que da lugar a errores y accidentes. Las áreas luminosas deben ser controladas mediante apantallamiento bajo un ángulo menor a 45 ° en referencia a la línea horizontal.

El nivel de deslumbramiento directo psicológico proviene de las luminarias viene valorado mediante el índice de tabulación de Deslumbramiento unificado de la Comisión Interamericana de la Iluminación (CIE), que analiza la contribución de las luminarias al sistema de iluminación de varios espacios entre ellos un escenario deportivo mediante el cálculo de UGR (índice de deslumbramiento unificado) empleando la Ecuación 2.

$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right) \quad \text{Ecuación 2}$$

L_b es la iluminancia de fondo en cd/m^2 , calculada como $E_{\text{ind}} \times \pi^{-1}$, en la que E_{ind} es la iluminancia indirecta vertical en el ojo del observador.

L es la iluminancia de las partes luminosas de cada luminaria en dirección del ojo del observador en cd/m^2

ω es el ángulo sólido (estereorradianes) de las partes luminosas de cada luminaria en el ojo del observador,

p es el índice de posición de Guth para cada luminaria que se refiere a su desplazamiento de la línea de visión.

La CIE determinar que los valores de UGR para escenarios deportivos debe situarse entre 10 y 30, el sistema de iluminación con un índice de UGR de 10 no producen deslumbramiento [32]. El deslumbramiento debe impedir los riesgos visuales en el desarrollo de una actividad, para los escenarios deportivos el riesgo por luminarias de alta intensidad dificulta críticamente el campo de visión de los jugadores debiéndose tomar en cuenta la posición y apantallamiento de las fuentes de luz.

3.14. ILUMINANCIA Y DEPORTISTAS

La iluminación de un escenario deportivo en el que se desarrolla un partido de fútbol requiere la consideración, de los elementos que participan en el espectáculo: 22 jugadores, 3 árbitros, espectadores, televisión.

La iluminación se debe cumplir en los planos horizontal y vertical, es decir, que alumbre al jugador por 360 grados, para que tenga una mejor óptica de encuentro afectando su seguridad y desempeño, ver al frente, a los costados, arriba y atrás; para determinar la posición del balón y del rival [29].

4. METODOLOGÍA

El proyecto se pretende desarrollar con la siguiente metodología:

- Método documental-bibliográfico: En la presente investigación se usará diferentes fuentes bibliográficas con lo que se pretende obtener información para selección de los componentes adecuados para realizar el diseño y estudio de un sistema de iluminación para el estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache.
- Método experimental: Este método de investigación permite interpretar la información adquirida con la investigación documental bibliográfica para obtener resultados.

- Método deductivo: Mediante este proyecto de investigación se propone una hipótesis, el cual será comprobada a partir de los datos obtenidos en las pruebas y resultados.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CÁLCULO LUMÍNICO

Para el desarrollo del diseño de iluminación se aplica el método de los lúmenes ya que este método se adhiere al estadio deportivo, con dicho método ya implementado vemos el correcto dimensionamiento lumínico obteniendo valores aproximados a la realidad, los cálculos que se requieren son hechos de forma manual, analizados también en la simulación hecha con la ayuda del software DIALux 4.13.

Los cálculos aplicando el método de lúmenes son para la luminaria:

a) Dimensiones del área a iluminar

La cancha del estadio tiene las siguientes dimensiones:

- Largo: 105 m
- Ancho: 70 m

b) Determinar nivel de iluminación

Según la Tabla 5 referida de la FIFA establece que este tipo de escenarios deben alcanzar una iluminación horizontal de 200 lux.

c) Selección del tipo de lámparas

Para la selección de lámparas se consideraron que cumplan con las siguientes especificaciones:

- Temperatura calor $>4\ 000\ K$
- Reproducción de color $\geq 65\ \%$

d) Altura de aparatos

Para determinar la altura mínima se emplea la Ecuación 3:

$$h \geq x \tan 25^\circ \quad \text{Ecuación 3}$$

$$h \geq 70 \tan 25^\circ$$

$$h \geq 32,64$$

Para determinar la altura máxima se emplea la Ecuación 4:

$$h \leq x \tan 45^\circ \quad \text{Ecuación 4}$$

$$h \leq 70 \tan 45^\circ$$

$$h \leq 70$$

Conclusión $32,641 \geq h \leq 70$

e) Determinar la superficie a iluminar

Para obtener el valor de la superficie se necesita aplicar la Ecuación 5.

$$\text{Superficie} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$\text{Superficie} = (105 \times 70) \text{ m}^2$$

$$\text{Superficie} = 7350 \text{ m}^2$$

f) Determinar el coeficiente de utilización

Para definir el coeficiente de utilización a emplear se observa la Tabla 5 acorde a las características de la luminaria.

$$fu = 0,43 \text{ (Tabla 15)}$$

Tabla 15. Cálculo general del factor de utilización de una luminaria

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

Fuente: [28]

g) Factor de mantenimiento

Suponiendo limpieza cada año y suciedad normal, en ambiente moderadamente limpio se tiene el siguiente análisis:

$$fm = 0,7$$

h) Cálculo flujo luminoso total

Para realizar el cálculo flujo luminoso total se toma en consideración la ecuación 6:

$$\varphi_T = \frac{E \times S}{f \times fu} \varphi_T = \frac{200 \text{ lux} \times 7350 \text{ m}^2}{0,7 \times 0,43} = 4 883 720,93 \text{ lum} \quad \text{Ecuación 6}$$

i) Cálculo número de luminarias led 400 W

$$N = \frac{200 \times 7350}{60200 \times 1 \times 0,7 \times 0,43} = 81,12 \text{ luminarias}$$

Distribuidas en 4 postes

$$N = \frac{81,12}{4} = 20,28 \text{ luminarias}$$

j) **Cálculo número de luminarias led 1 000 W**

$$N = \frac{200 \times 7350}{150000 \times 1 \times 0,7 \times 0,43} = 32,55 \text{ luminarias}$$

Distribuidas en 4 postes

$$N = \frac{32,55}{4} = 8,13 \text{ luminarias}$$

Para la obtención de estos resultados se realiza un análisis de los dos sistemas mediante el software DIALux 4.13 para cuantificar el número de luminarias requeridas para el escenario deportivo como se presenta en la Tabla 16.

Tabla 16. Propuesta de luminarias

Propuesta	Número de luminarias
Reflector Led 400 W	81
Reflector Led 1 000 W	32

Fuente: [28]

5.2. EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA

5.2.1. Introducción

Se realizará la evaluación técnico económico de dos propuestas de sistemas de iluminación: LED. Dado que estos dos tipos de lámparas cumplen con los requisitos de la normativa FIFA, se realizarán evaluaciones técnicas y económicas sobre estas dos recomendaciones, a saber: la temperatura de color es igual o superior a 4 000 K y la reproducción del color es superior al 65 %, además de cumplir con niveles locales de voltaje y frecuencia Parámetros de funcionamiento bajo.

5.2.2. Evaluación técnica

La evaluación técnica describe las características de luminosidad, cromaticidad, técnicas y de vida útil de la tecnología de iluminación propuesta, que incidirán en la elección de una fuente de luz.

5.2.2.1. Comparación de las características técnicas y fotométricas de las luminarias propuestas

La Tabla 17 y la Tabla 18 presentan las características técnicas, tamaño y luminosidad de los iluminadores LED para verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos de la normativa FIFA.

Tabla 17. Datos técnicos de luminaria Leds de 400 W

Descripción	LUMINARIA LED
ESPECIFICACIONES GENERALES	THREELINE 1 OLP400W BN 100X60
Tipo de luminaria	Proyector LED
Temperatura de color (K)	6 500
Voltaje de alimentación (V)	AC100-110V/220-240V
Frecuencia (Hz)	50/60
Potencia nominal de la luminaria (W)	400
Flujo útil total por luminaria (lm)	60 200
Eficacia luminosa (lm/W)	150,5
Vida útil (h)	50 000
Marca	THREELINE
Modelo	OLP400W BN 100X60
Cantidad de Leds por luminaria	8
Reproducción de color (CRI)	>85 %
Protección	IP66

Tabla 18. Datos técnicos de Luminarias Leds de 1000 W

Descripción	LUMINARIA LED
ESPECIFICACIONES GENERALES	THREELINE 1 OLP1000W BF 30
Tipo de luminaria	Proyector LED
Temperatura de color (K)	6 500
Voltaje de alimentación (V)	AC100-110V/220-240V
Frecuencia (Hz)	50/60
Potencia nominal de la luminaria (W)	1 000
Flujo útil total por luminaria (lm)	150 000
Eficacia luminosa (lm/W)	150
Vida útil (h)	60 000
Marca	THREELINE
Modelo	OLP400W BN 100X60
Cantidad de Leds por luminaria	8
Reproducción de color (CRI)	>85 %
Protección	IP66

Fuente: [28]

Estas tablas muestran que estas características técnicas superan los requisitos de la norma FIFA, es decir, temperatura de color $\geq 4\ 000$ K y reproducción de color índice superior al 65 %.

5.2.2.2. Distribuciones fotométricas

En la Figura 26 y Figura 27 se muestran las distribuciones fotométricas de las luminarias led.

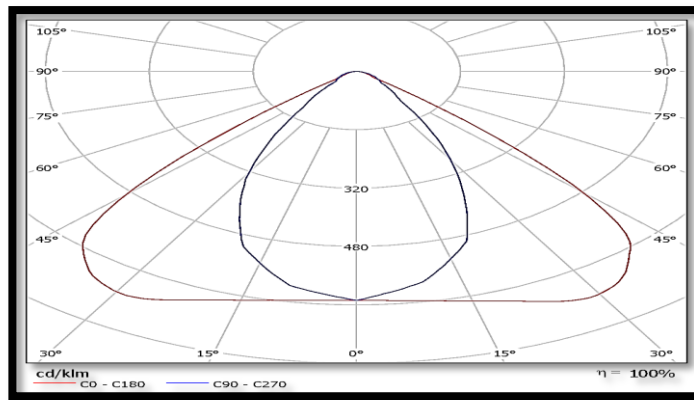


Figura 26. Esquema de fotometría luminaria Led Threeline 1 Oldp400W BN 100x60

Fuente: [28]

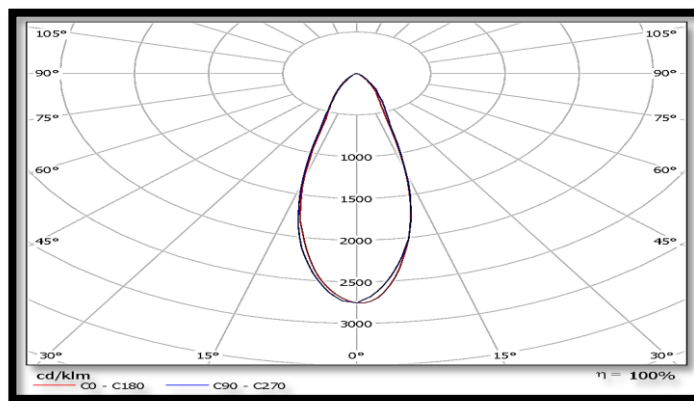


Figura 27. Esquema de fotometría luminaria led THREELINE 1 OLP1000W BF 30

Fuente: [28]

Al simular el sistema de iluminación se utilizará la distribución de luminosidad de la luminaria, pues cada luminaria tiene una distribución de luminosidad diferente, por lo que la dirección de cada tipo de luminaria será diferente, iluminador led de 400 W e iluminador led de 1 000 W en el sistema de iluminación fotométrico diferente las medidas se muestran en dos planos.

5.2.2.3. Vida útil

En la Tabla 19 se presenta el tiempo en horas de la vida útil de las luminarias descritas en las propuestas.

Tabla 19. Vida útil de las lámparas

Tipo de luminaria	Vida Útil (horas)
LED 400 W	50 000
LED 1 000 W	60 000

Fuente: [28]

La vida útil expresada en años:

$$\text{Vida útil lámpara LED 400 W} = \frac{50000}{365 \times 5} = 27 \text{ años}$$

$$\text{Vida útil lámpara LED 1 000 W} = \frac{60000}{365 \times 5} = 33 \text{ años}$$

Para el cálculo de la vida útil de la lámpara se consideró 5 horas de encendido diario, durante los 365 días del año, en cuanto a las horas de encendido de las luminarias el horario de 5:00 pm a 10:00 pm. Con estos resultados se determina que la vida útil de las luminarias led es eficiente para el proyecto que se realizara posteriormente.

5.2.3. Evaluación económica

Se deben comparar los costos operativos de los diferentes sistemas para obtener el precio de la lámpara, el costo de mantenimiento y el costo del consumo de energía.

5.2.3.1. Evaluación de costos de las propuestas de sistemas de iluminación

En este apartado se presenta la evaluación del presupuesto que representa la implementación de los distintos sistemas de iluminación propuestos, los costos fueron determinados con respecto al formato de proyectos de ELEPCO S.A, los costos unitarios de los materiales y los rubros se los presenta en el Anexo 2. La Tabla 20, y Tabla 21 muestran los valores que representan la implementación de cada sistema de iluminación.

Tabla 20. Costo propuesta LED 400 W

COSTO TOTAL DEL PROYECTO			
No	PARÁMETRO	Precio unitario (USD)	Precio total con IVA (USD)
1.1	DETALLE DE COSTOS DIRECTOS & INDIRECTOS		
1.2	Total costos	38 961,54	38 961,54
1.3	Administración y dirección técnica 5 % (USD)	1 948	1 948
2	TOTAL DEL PROYECTO		40 909,62

Tabla 21. Costo propuesta LED 1 000 W

COSTO TOTAL DEL PROYECTO			
No.	PARÁMETRO	Precio unitario (USD)	Precio total con IVA (USD)
1.1	DETALLE DE COSTOS DIRECTOS & INDIRECTOS		
1.2	Total costos	51 319,65	51 319,65
1.3	Administración y dirección técnica 5 % (USD)	2 566	2 566
2	TOTAL DEL PROYECTO		53 885,64

5.2.3.2. Costos de consumo de energía

Según la lista de precios de la electricidad de la compañía eléctrica, el valor de la electricidad es de \$ 0,093 / kWh. Los costos de consumo de energía de estas dos propuestas se enumeran en la Tabla 22 y la Tabla 23.

Tabla 22. Costo de energía con propuesta LED 400 W

CONSUMO DE ENERGIA LED 400 W	
N° de lámparas	81 Led 400 W
Sumatoria Total en (kw)	32.4 kw
Valor de energía eléctrica (USD/kWh)	0,093
Tiempo de encendido por mes (5 horas diarias)	155
Costo mensual de energía (USD)	467,04
Costo anual (USD)	5 604,55

Tabla 23. Costo de energía con propuesta LED 1 000 W

CONSUMO DE ENERGIA LED 1 000 W	
N° de lámparas	32 Led 1 000 W
Sumatoria Total en (Kw)	32 Kw
Valor de energía eléctrica (USD/kWh)	0,093
Tiempo de encendido por mes (5 horas diarias)	155
Costo mensual de energía (USD)	461,28
Costo anual de energía (USD)	5 535,36

5.2.3.3. Costos de operación y mantenimiento

Además del precio de la electricidad, se debe considerar el precio del mantenimiento preventivo que requiere el sistema, esta frecuencia es de al menos una vez al año y el precio del mantenimiento preventivo por cada lámpara es de \$ 38,83 (S.I.E S.A. 2020). Los dos costos de operación y mantenimiento recomendados se detallan en la Tabla 24.

Tabla 24. Costos de producción y mantenimiento

COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		
	LED 400 W	LED 100 W
Ítem	Costo (USD)	Costo (USD)
Costo de energía	5 604,55	5 535,36
Mantenimiento Anual	3 145	1 242,56
Total Anual	8 749,55	6 777,92

5.3. SELECCIÓN DE POSTES

Al seleccionar el sistema de postes, nos atenemos a las reglas de la FIFA estipuladas en la sección del marco teórico, que establece que para una escena de juego con niveles de entrenamiento y entretenimiento Tipo I, se debe implementar un sistema de postes de iluminación de cuatro barras. Además de colocarlos de una manera que no afecte la visibilidad de la audiencia, también deben mantenerse a ambos lados del campo de juego. El tipo de poste que utiliza hormigón de alta resistencia para fijar la plataforma es de 20 m de altura porque están diseñados para soportar hasta 40 o más proyectores, independientemente de su potencia, siempre que sean simétricos.

La plataforma se instalará en el lateral del campo de fútbol y será de hormigón armado para soportar y orientar el proyector. El cálculo de la fuerza provocada por el viento se determinará según la norma NEC-11, es decir la Norma Ecuatoriana de la Construcción y se calculará también en base a normas internacionales como la TIA/EIA-222-F. Para el cálculo de la presión causada por el viento sobre los postes de iluminación se usa la Ecuación 6:

$$p = 0.5 \times \rho \times Vb^2 \times C_e \times C_f \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

ρ = Densidad del aire

Vb= Velocidad básica del viento

Ce= Coeficiente de entorno de altura

Cf= Coeficiente de forma

En general para la densidad del aire se puede adoptar un valor de 1,25Kg/m³ mientras que la velocidad básica del viento se la obtiene del instituto nacional de meteorología e hidrología INAMHI donde indica que en el sector de Salache registra una velocidad de 5m/s, el coeficiente de entorno Cf se lo obtiene de la Tabla 25, mientras que el coeficiente de forma lo obtenemos de la Tabla 26.

Tabla 25. Factor de forma

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0,8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular elíptica	+0,7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2,0	

Arcos y cubiertas cilíndricas con ángulo de inclinación que no exceda los 45 grados	+0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15 grados o menos	+0,3 - 0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 15 y 60 grados	+0,7 – 0,3	-0,3
Superficies inclinadas entre 60 grados y la vertical	+0,8	-0,6
En signo positivo (+) indica presión. El signo negativo (-) indica succión		

Fuente: [35]

Tabla 26. Coeficiente de entorno/altura

Entorno del edificio	Altura del elemento sobre el nivel de suelo exterior (m)					
	3	5	10	20	30	50
Centro de grandes ciudades	1,63	1,63	1,63	1,63	1,68	2,15
Zonas urbanas	1,63	1,63	1,63	1,96	2,32	2,82
Zonas rurales	1,63	1,63	1,89	2,42	2,75	3,2
Terreno abierto con obstáculos	1,64	1,93	2,35	2,81	3,09	3,47

Fuente: [35]

Los resultados obtenidos de la presión causada por el viento en los distintos tramos del poste rectangular aplicando la Tabla 27 en la ecuación $\sigma_{MAX} = \frac{M}{S}$

Tabla 27. Resultados cargas por viento

H (m)	V max (m/s)	Densidad aire (p)	Vb (m/s)	Ce	Cf	P (NEWTONS/m ²)	P (Kgf/m ²)
5	12	1,25	5,8	1,63	2,0	68,5415	6,991233
10			6,6	1,89	2,0	102,9105	10,496871
15			7,4	2,42	2,0	165,649	16,896198
20			8,2	2,42	1,5	152,55075	15,5601765

a) Longitud de empotramiento (L₁)

Distancia comprendida entre la base y la sección de empotramiento del poste y la resultante de dividir la longitud total del poste para 10 y sumar 500 mm mostrada en la fórmula de la Ecuación 7.

$$L1 = \frac{1}{10}L + 500 \text{ mm} \quad \text{Ecuación 7}$$

Aplicando la ecuación obtenemos:

$$L1 = \frac{1}{10}20 + 0,5 \text{ m}$$

$$L_1 = 2,5 \text{ m}$$

b) Longitud útil (L_2)

Distancia comprendida entre la sección de empotramiento y la punta o cima del poste.

c) Longitud total

Distancia comprendida entre la base y la punta o cima del poste aplicando la fórmula descrita en la Ecuación 8.

$$L_T = L_1 + L_2 \quad \text{Ecuación 8}$$

$$L_T = 2,5 + 17,5$$

$$L_T = 20 \text{ m}$$

d) Carga de rotura

Carga que aplicada a 500 mm de la cima produce el colapso estructural del poste por fluencia del acero por aplastamiento del hormigón o por ambas causas simultáneamente, tal como se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28. Ficha técnica postes rectangulares H.A.

Ítem	Descripción Técnica	Altura (m)	Dimensión Punta		Dimensión Base (mm)		Carga Horizontal de Rotura (kgf)
			A0	B0	A1	B1	
1	Poste Rectangular de Hormigón Armado, 17 metros	17	160	222	366	513	1 000 1 200
2	Poste Rectangular de Hormigón Armado, 18 metros	18	160	222	378	530	1400
3	Poste Rectangular de Hormigón Armado, 19 metros	19	160	222	390	547	1 600 2 000
4	Poste Rectangular de Hormigón Armado, 20 metros	20	160	222	402	564	2 400
5	Poste Rectangular de Hormigón Armado, 21 metros	21	160	222	414	581	3 600
6	Poste Rectangular de Hormigón Armado, 23 metros	23	160	222	438	616	4 000 4 800

Fuentes: [36]

Los esfuerzos de todos los tramos de los postes rectangulares son inferiores a los admisibles de tal forma que tienen un factor de seguridad que se puede confirmar que serán seguros

5.4. SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Fue necesario para la simulación del sistema de iluminación la revisión del manual de DIALux 4.13 así como los respectivos tutoriales que permitieron obtener los resultados necesarios en el diseño.

En el Anexo 3 está la simulación del sistema de iluminación, la Figura 28 y la Figura 29 muestran la simulación obtenida de la iluminación del estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache, dicha simulación consta de cuatro postes rectangulares de 20m con 8 luminarias Led de 1 000 W por poste, allí se verá los resultados obtenidos en la simulación del estadio.

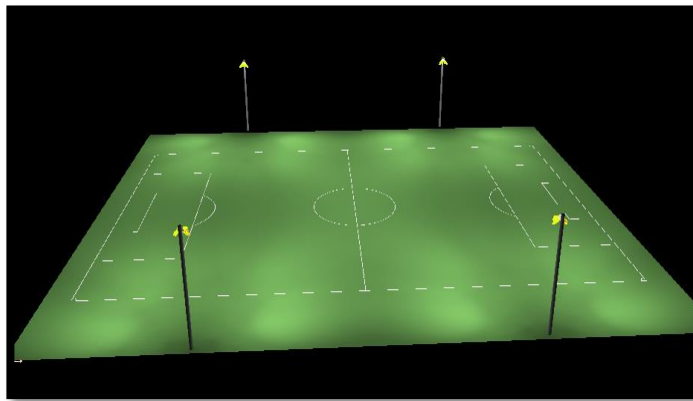


Figura 28. Simulación con DIALux 4.13 del estadio U.T.C. con luminarias LED vista horizontal.

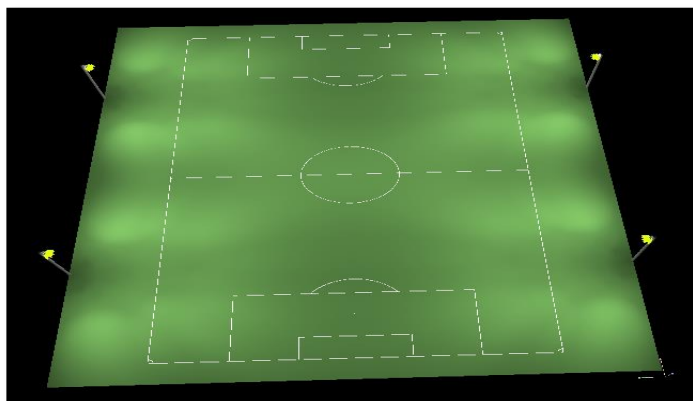


Figura 29. Simulación con DIALux 4.13 del estadio U.T.C. con luminarias Led vista vertical.

La Figura 30 y Figura 31 son una representación del sistema de iluminación en colores falsos que se obtuvo de la simulación donde se puede representar las áreas donde la luz incide con mayor o menor intensidad.

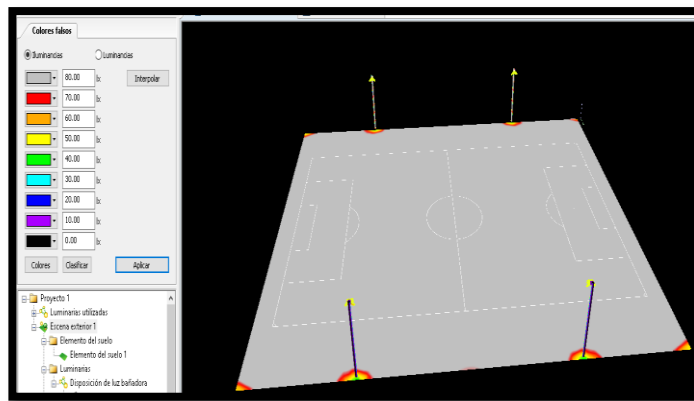


Figura 30. Simulación DIALux 4.13 colores falsos (ILUMINANCIA)

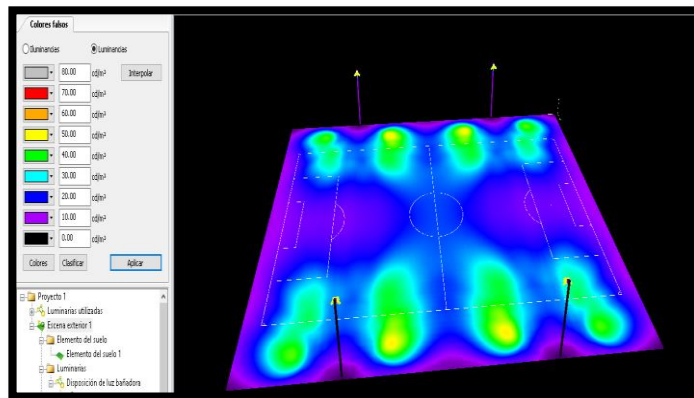


Figura 31. Simulación DIALux 4.13 colores falsos (LUMINANCIA)

La lámpara obtiene una buena iluminación, lo cual es muy importante porque puede utilizar de manera completa y efectiva la luz emitida por cada luminaria para cumplir con el nivel de uniformidad que determina la normativa de equipos de iluminación. FIFA. En la Figura 32, Figura 33 y Figura 34, puede ver los resultados de la simulación bajo la guía de la luz utilizada en cada poste y obtener valores de uniformidad dentro del rango permitido.

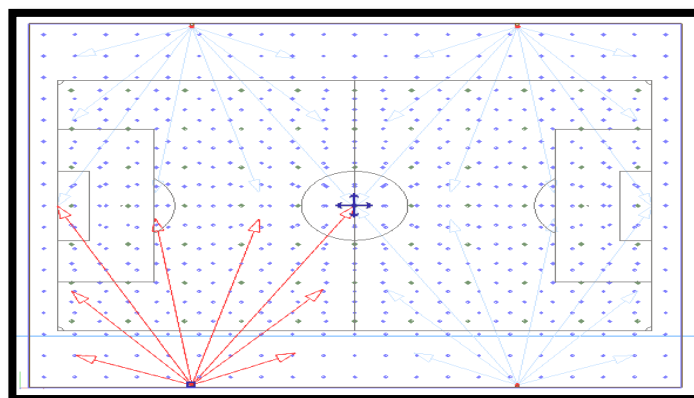


Figura 32. Simulación DIALux 4.13 Direccionamiento de la luz en cada poste

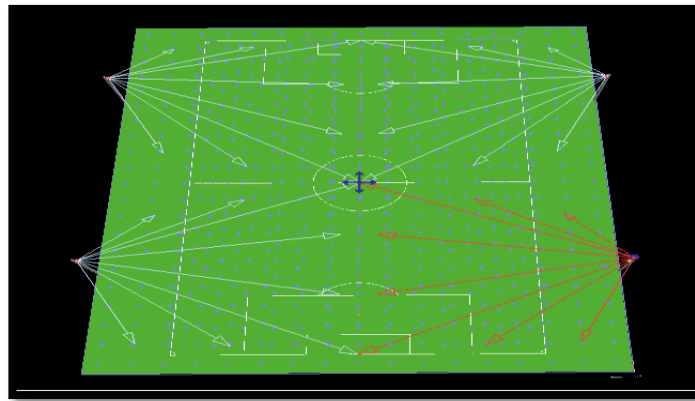


Figura 33. Simulación DIALux 4.13 Direccionamiento de la luz 3D

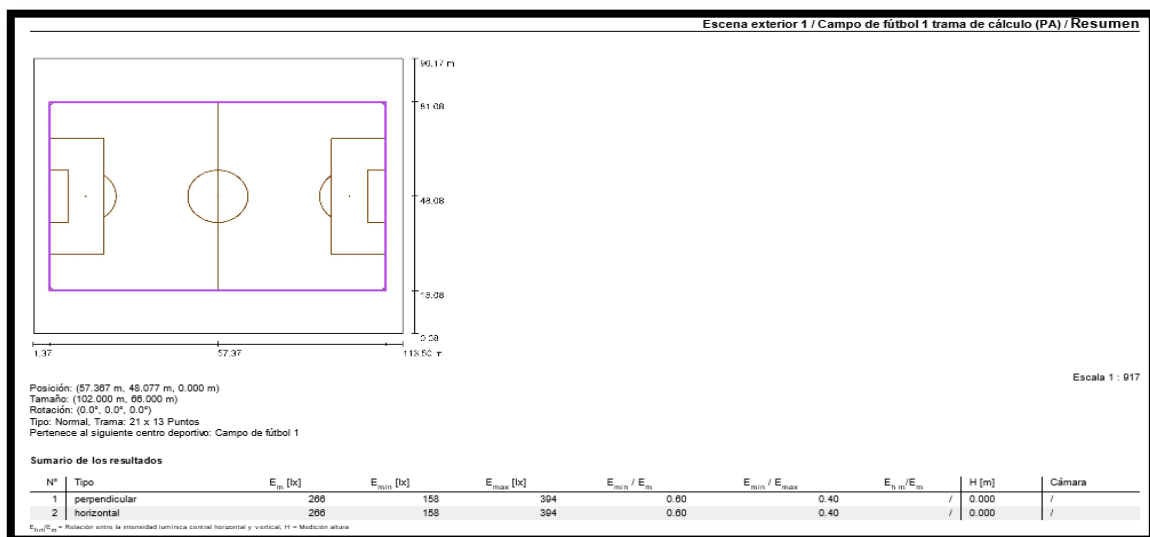


Figura 34. Resultados de la simulación en el software DIALux 4.13

En el Anexo 3 se presenta la simulación del sistema de iluminación donde se puede observar más detalladamente dicho sistema puesto en funcionamiento, además del informe emitido por el software DIALux 4.13 donde se encuentran todos los detalles del sistema de iluminación como: número y tipo de luminarias, nivel de iluminación, nivel de uniformidad, entre otros.

5.5. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

5.5.1. Consideraciones generales

El circuito de distribución sigue las normas establecidas por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. (ELEPCO S.A).

Para la implementación se utilizará conductores con calibres que permitan mantener los valores de caída de tensión, los cuales estén dentro de los parámetros exigidos por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., cumpliendo con un valor que sea inferior a 3,5 %

El arranque de la red en baja tensión (BT) del sistema se lo hará desde el poste de alimentación existente, el cuales se encuentran ubicados junto al estadio. La red proyectada será subterránea la cual será continuación de una red aérea, cumpliendo los parámetros establecidos por la ELEPCOSA.

5.6. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

5.6.1. Consideraciones generales

El circuito de distribución existente cumple las normas establecidas por la Empresa Eléctrica Cotopaxi (ELEPCO SA). El calibre del conductor que se encuentra instalado permite mantener los valores de caída de tensión dentro de los parámetros exigidos por la Empresa Eléctrica Cotopaxi (ELEPCO SA), es decir un valor que sea inferior al 5 % para la red primaria.

La red proyectada de baja tensión (BT) será subterránea la cual partirá desde un medidor trifásico, teniendo en cuenta las necesidades a cumplir y los parámetros establecidos por ELEPCO SA.

5.6.2. Transformador de 35 kVA

Cumpliendo con el procedimiento establecido por el MEER se realizó el cálculo de la potencia del transformador, se selecciona un transformador trifásico tipo convencional de 35 kVA como en el Anexo 4.

Características generales:

El transformador seleccionado es de tipo convencional se fabrica especialmente para zonas de intemperie, para la distribución de energía en media tensión, su montaje se realiza en pórticos que debe cumplir las normas establecidas.

5.6.2. Accesorios del transformador

Los accesorios con los que cuenta el transformador de tipo convencional mostrados en la Figura 34 son los siguientes:

- Indicador del nivel de aceite.
- Válvula de drenaje para aceite.
- Conector para derivación de tierra del tanque.
- Placa de características y dispositivos de elevación (ganchos).

Deberá además satisfacer las disposiciones que en cuanto a diseño, fabricación, pérdidas y pruebas se establecen en las Normas ANSI C-57-12-20 y NTE INEN 2114:2004, y además se aplicaran las normas INEN, ICONTC, ANSI, o similares en sus últimas revisiones.

La temperatura de perdidas considerara a 85 °C, en la placa de características se indicará el año de fabricación.

Descripción del transformador:

- Transformador Convencional de 30 kVA de potencia nominal a régimen continuo con una temperatura ambiente de 30 °C un sobrecalentamiento de 65 °C, a 3 000 msnm, clase de distribución, sumergido en aceite y auto refrigerado.
- Voltaje nominal primario: 13 200V. Voltaje nominal secundario: 240/120V.
- Numero de bushing: 3 en M.T. con derivaciones para el lado primario 4x2, 5 % de la relación de transformación, para conmutación sin carga, con el conmutador localizado exteriormente.
- Impedancias máximas de régimen continuo 4% sobre las bases de sus kVA nominales.
- Frecuencia 60 Hz.
- Clase de aislamiento lado primario: 24 kV, BIL: 125 kV.
- Clase de aislamiento en el lado secundario: 1,2 KV, BIL: 30 kV.



Figura 345 Transformador trifásico convencional

Fuente: [37]

Aplicación del transformador:

Son de aplicación en zonas urbanas, industrias, minería, explotaciones petroleras, grandes centros comerciales y toda actividad que requiera la utilización intensiva de energía eléctrica.

5.6.3. Protección y seccionamiento trifásico

En la transición de red aérea al transformador se encuentra instalado 3 seccionadores porta fusibles unipolares tipo abierto, adecuado para una tensión máxima de diseño de 15 kV con una capacidad nominal de 100 Amperios. La capacidad de interrupción simétrica de 5 600 A y asimétrica de 8000 A. BIL 125 kV, completo con tubo porta fusible y accesorios de soporte para montaje en cruceta de hierro tipo “L”.

El seccionador cumple con las normas y especificaciones técnicas de la Empresa Eléctrica Cotopaxi (ELEPCO SA).

En el circuito de BT se usarán los elementos descritos en la Tabla 29.

Tabla 29. Elementos de protección (Tablero de distribución)

Elementos de Protección					
	Descripción	Cantidad	Intensidad Nominal (In)	Nº Polos	Curva
Tablero de distribución general	Interruptor termomagnético	4	100	2	C

El tablero de distribución general costa de 4 interruptores termomagnéticos el cual cada uno de ellos energiza el sistema eléctrico de un poste, mientras que cada poste de iluminación es activado a través de un interruptor termomagnético ubicado en el tablero de distribución general.

Los elementos de los tableros de distribución general y parcial se muestran en los planos del Anexo 5.

5.6.4. Puesta a tierra

Para el diseño y cálculo del sistema de puesta a tierra se han basado en la norma IEEE 80 std-200, teniendo presente las condiciones y requerimientos que indica el Ministerio de electricidad y energías renovables (MEER).

5.6.4.1. Puesta a tierra en circuito de BT

Los finales de circuito en baja tensión serán aterrados mediante conductor de cobre desnudo # 2 AWG - cableado, este conductor a la vez, se conectará a una varilla cooperweld de 5/8" x 1,8 metros por medio de suelda exotérmica.

5.7. SELECCIÓN DE CABLES

a) Cables para red de BT

Para red secundaria subterránea se utilizan cables con conductor de cobre, aislamiento de 2 000 V con polietileno (PE) y chaqueta de policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad. (MEER, 2011).

Características principales:

- Conductor: Cobre suave.
- Tipo de Aislamiento: Polietileno (PE).
- Chaqueta: Policloruro de vinilo (PVC).

La Tabla 30 muestra el área mínima que debe tener los cables en baja tensión con respecto a la corriente.

Tabla 30. NEC 310-16

Capacidad de conducción de corriente en amperes de conductores aislados de 0 a 2 000 Volts, 60 a 90°C, no más de 3 conductores en un cable, en una canalización 0 directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30							
Área de la sección transversal (AWG-MCM)	Área de la sección transversal (mm ²)	Temperatura máxima de operación					
		Cobre			Aluminio		
		60 C	75 C	90 C	60 C	75 C	90 C
18	0,82			14			
16	1,31			18			
14	2,08	20	20	25			
12	3,31	25	52	30	20	20	25
10	5,26	30	35	40	25	30	35
8	8,37	40	50	55	30	40	45
6	13,3	55	65	75	40	50	60
4	21,2	70	85	95	55	65	75
2	33,6	95	115	130	75	90	100
1	42,4	110	130	150	85	100	115
1/0	53,5	125	150	170	100	120	135
2/0	67,4	145	175	195	115	135	150
3/0	85	165	200	225	130	155	175
4/0	107	195	230	260	150	180	205
250	127	215	255	290	170	205	230
300	152	240	285	320	190	230	255
350	177	260	310	350	210	250	280
400	203	280	335	380	225	270	305
500	253	320	380	430	260	310	350
600	304	355	420	475	285	340	385
750	380	400	475	535	320	385	435
1 000	507	455	545	615	375	445	500

Fuente: [38]

5.8. CÁLCULO DEL CONDUCTOR ELÉCTRICO

Para lámparas LED 1 000 W se aplica la Ecuación 9 empleando los siguientes datos.

Numero de proyectores por poste= 8

Potencia= 1000 W

$$P = V * I \quad \text{Ecuación 9}$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{8000}{220}$$

$$I = 36,36 \text{ Amp}$$

Realizado el cálculo el amperaje para la iluminación LED 400 W son de 37 amperios.

Factor de seguridad = 1,5

$$\text{Imáxima} = 36,36 * 1,5$$

$$\text{Imáxima} = 54,54 \text{ Amp}$$

Para lámparas LED 400 W se aplica la Ecuación 10 para determinar la Intensidad.

Datos:

Numero de proyectores por poste = 21

Potencia= 400 W

$$P = V * I \quad \text{Ecuación 10}$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{8,400}{220}$$

$$I = 38,18 \text{ Amp}$$

Realizado el cálculo el amperaje para la iluminación LED 1 000 W son de 38,18 amperios.

Factor de seguridad = 1,5

$$\text{Imáxima} = 38,18 * 1,5$$

$$\text{Imáxima} = 57,27 \text{ Amp}$$

La Tabla 31 muestra el tipo de aislamiento, calibre y material de los cables utilizados para el proyecto.

Tabla 31. Cables seleccionados para el proyecto

Aplicación	Material	Configuración	Calibre del conductor AWG	Tipo de aislamiento
Baja tensión cableado (220 v)	Cobre suave	2F3C	3X4	THHN (2 Kv)

5.9. CÁLCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Para realizar este cálculo se aplica la Ecuación 11 para obtener la resistencia eléctrica, mientras que para obtener este valor se emplea la Ecuación 12.

$$E = I * R \quad \text{Ecuación 11}$$

E = Caída de tensión

I = Amperaje

R= Resistencia eléctrica

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad \text{Ecuación 12}$$

P= resistividad (cobre $1,70 * 10^{-8}$)

L = longitud de cable (140m)

S= Área transversal

$$R = 1,70 * 10^{-8} \frac{140}{21,2}$$

$$R = 0,000000112 \Omega$$

Reemplazando en la ecuación de caída de tensión

$$E = 57,27 * 0,000000112$$

$$E = 6.4x 10^{-6} V$$

En 140 metros de cableado la corriente eléctrica ha tenido una caída de tensión de $6.4x 10^{-6}$ V, eso nos da una seguridad que el vano que está diseñado para cada poste cumple con lo requerido por la FIFA.

5.10. OBRA CIVIL

Para redes subterráneas en sistemas de distribución las estructuras homologadas son:

- Banco de ductos
- Pozos

5.10.1. Banco de ductos

Según la (Tabla 11) la profundidad mínima de los ductos será de 0,6 m, mientras que el ancho se determina aplicando la Ecuación 11, para el proyecto se efectuó el siguiente cálculo.

$$\mathbf{Bd = (N * D) + (N - 1)e + 2x}$$

$$Bd = (1 * 20.32) + (1 - 1)5 + 2 * 10$$

$$\mathbf{Bd = 40, 32 \text{ cm}}$$

Bd= ancho de la zanja

N=número de tubos (vías) en sentido horizontal

D= diámetro exterior del tubo

e= espacio entre tubos (mínimo 5 cm)

x= distancia entre la tubería y la pared de la zanja (mínimo 10 cm)

En el Anexo 6 se presenta los planos de detalle de los ductos requeridos para este sistema.

5.10.2. Pozos tipo A

Siguiendo las normas establecidas por el MEER que indica que los pozos sean ubicados cuando se presente un cambio de dirección o en trayectorias que se encuentren entre 30 y 60 metros para lo cual se requerirá un total de 8 pozos.

En el Anexo 6 se presenta los planos de detalle de los pozos tipo A que serán usados en este proyecto.

6. DISCUSIÓN

El diseño del sistema de iluminación para el estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache está cumpliendo con las normas FIFA, la cual es una entidad a nivel internacional que determina cuales escenarios están aptos para su funcionamiento, para lo cual se requiere cumplir los niveles de iluminación horizontal, coeficiente de uniformidad e índice de deslumbramiento (UGR). El diseño del sistema de iluminación fue desarrollado atendiendo los criterios de normas y parámetros a nivel nacional e internacional de manera que se tomaron

en consideración los sistemas de iluminación más usados, actualmente es el sistema con luminarias LED.

Realizado el análisis económico, se determinó que se debe utilizar la propuesta con luminarias LED que nos otorga un índice de reproducción cromática mayor del 65%, que permite que la visión del ojo humano se adapte mejor a la luz, además de costos inferiores en comparación con las diferentes propuestas de luminarias, por estas razones la mejor alternativa es la iluminación con luminarias LED de 1000 W.

Para la determinación del número de luminarias se usó el método de los lúmenes donde debíamos obtener una iluminación horizontal de 200 lux, luego se procedió a la corrección del número de luminarias con la ayuda del software DIALux 4.13, además el software utilizado permitió el arreglo de las luminarias de manera que se obtuvo una iluminación horizontal de 246 lux, uniformidad media de 0,65, una uniformidad mínima de 0,53. De esta manera el sistema cumplirá tanto con los estándares nacionales como los internacionales.

Para el dimensionamiento eléctrico se usó el manual de construcciones de ELEPCO SA “Normas Técnicas Para El Diseño De Redes Eléctricas Urbanas y Rurales” para sistemas de distribución subterránea donde se determinó el número de pozos que se deben utilizar, así como la cantidad y el tipo de material que se debe utilizar.

Uno de los puntos de mayor importancia a la hora de la selección del sistema es el económico por lo cual se realizó un análisis económico determinando que los costos de implementación sean de bajo costo y eficientes, de esta manera se pretende ver que el sistema produzca menos gastos para este proyecto.

7. CONCLUSIONES

- El software DIALux 4.13 permitió la simulación del sistema de iluminación diseñado facilitando el dimensionamiento de cargas, infraestructuras, parámetros de diseño eléctrico con lo cual se obtuvo una iluminación horizontal de 246 lux, uniformidad media de 0,65, uniformidad mínima de 0,53 dichos valores cumplen los estándares nacionales e internacionales de la normativa FIFA.
- Mediante el diagrama unifilar del sistema de iluminación se determinó las protecciones para el circuito eléctrico y el tipo de conductor, de esta manera se realiza los cálculos de corriente y caída de tensión en el tendido del conductor a una distancia de 140 m desde la fuente hasta la carga más alejada del sistema dando así una corriente de 54,54 A y una caída de tensión de $6,4 * 10^{-6} V$, estos valores cumplen con las normas establecidas por la empresa eléctrica ELEPCO S.A.
- Mediante el análisis técnico económico se pudo comprobar que el sistema de iluminación LED propuesto es eficaz ya que tiene un presupuesto de bajo costo dentro del mercado eléctrico, dejando comprobado que el sistema de iluminación para el estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache es viable y cumple con las normas mencionadas en nuestro proyecto de titulación.

8. RECOMENDACIONES

- Antes de realizar un diseño de sistema de iluminación se debe realizar un análisis de diferentes tecnologías de iluminación con mayor eficiencia (lm/W) que permita disminuir el número de luminarias, disminuir el monto de inversión y el costo de energía, para obtener un sistema eficiente y óptimo.
- Para seleccionar una luminaria se debe realizar un estudio previo de las características, también es muy importante saber que no todas las luminarias aunque consuman la misma energía brindan la misma cantidad de lúmenes.
- Para poder obtener un diseño óptimo del sistema de iluminación se debe realizar previamente una visita al estadio o lugar donde realizara el diseño, ya que mediante esta visita técnica se podrá obtener medidas exactas y también conocer diferentes aspectos importantes a la hora de una implementación, como son la alimentación para el sistema de iluminación y el tipo de escenario deportivo.

9. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. A. Armijos Calva, «Sistema de seguimiento solar y monitoreo de energía,» 2020.
- [2] W. R. Haro Sánchez y W. M. Ocampo Taco, Diseño de un sistema de iluminación, alimentado mediante generación fotovoltaica para el complejo deportivo "La Bombonerita", Latacunga, 2019.
- [3] V. Bravo Nieto, L. Rendón y G. Salazar, «Propuesta de Normativa de Iluminación para Zonas Recreativas y Deportivas de Ciudad de Quito, realizando un estudio técnicoeconómico con la situación actual,» Quito, 2020.
- [4] M. Pendón, E. Williams, N. Cibeira, R. Couselo, G. Crespi y M. Tittone, «Energía renovable en Argentina: Cambio de paradigma y oportunidades para su desarrollo,» Buenos Aires, 2017.
- [5] E. Rousand, «Energías renovables: características, tipos y nuevos retos,» 30 agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.factorenergia.com/es/blog/noticias/energias-renovables-caracteristicas-tipos-nuevos-retos/>.
- [6] B. O. Fernández, Energía hidráulica y energía mareomotriz, Madrid: Elearning S. L., 2019.
- [7] A. M. Alarcón, Energía eólica, Sevilla, 2019.
- [8] A. B. Meinel y M. P. Meinel, Aplicaciones de la energía solar, Río de Janeiro, 1982.
- [9] C. Del Razo, «Energía geotérmica, con potencial en México?,» 4 enero 2021. [En línea]. Available: <https://www.energiaadebate.com/energia-limpia/energia-geotermica-con-potencial-en-mexico/>.
- [10] J. A. Reyes Pachecho, «Rediseño de las instalaciones eléctricas para el estadio Nayón y el estadio de Inchapicho,» Quito, 2020.
- [11] A. Gago y J. Fraile, Iluminación con tecnología LED, Madrid: Ediciones Paraninfo, 2012.
- [12] L. Rodríguez, «Iluminación,» 4 enero 2021. [En línea]. Available: <https://iluminaciondeinteriores.blogspot.com/2009/04/tipos-de-iluminacion.html>.
- [13] G. L. Uribe Jiménez, «Análisis de riesgo e implementación correctiva en instalaciones eléctricas residenciales de la comuna 1 de la ciudad de Medellín,» Medellín, 2019.
- [14] V. Blanca Giménez, N. Castilla Cabanes, A. Martínez Antón y M. Pastor Villa, «Magnitudes fotométricas, unidades de medida,» Madrid, 2016.

- [15] F. I. Kappes, «Sistema de medición y relevamiento para dispositivos de iluminación vehicular,» Paraná, 2017.
- [16] I. G. Pérez Foronda, «Diseño y fabricación de luminarias LED,» San Andrés, 2018.
- [17] J. E. Alberola Sendra, «Diseño de luminaria,» Valencia, 2019.
- [18] S. E. Briones García, «Formación técnica en instalaciones eléctricas "Luz Led" y su incidencia en el rendimiento académico de los estudiantes del Colegio Fiscal de Bachillerato "Simón Bolívar" Parroquia Tarquí, Cantón Guayaquil, Provincia del Guayas,» Babahoyo, 2019.
- [19] M. B. Huto Pacheco, «Análisis y propuesta de cambio de lámparas convencionales por lámparas led en el municipio de Namibe (Angola),» Angola, 2017.
- [20] D. M. Ordóñez Alvarado, «Estimación y análisis de efectos derivados de la aplicación de dispositivos de estado sólido en los sistemas de iluminación residenciales como parte del proyecto de sustitución masiva de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas,» Guayaquil, 2015.
- [21] Á. Aldana Vítores, «Diseño de luminaria,» Valencia, 2019.
- [22] L. I. Ruiz Villalobos, «Diseño del sistema de iluminación Led del campo deportivo Coliseo Multiusos en el Complejo Qhapac Ñan-Cajamarca,» Lambayeque, 2019.
- [23] E. A. Pérez Moir, «Evaluación del tratamiento de lámparas fluorescentes para la separación del mercurio mediante un equipo de tratamiento industrial,» Guatemala, 2019.
- [24] A. A. Ricardo Borbor, «Uso de la tecnología Led para el alumbrado público y domiciliario de la provincia de Santa Elena,» Babahoyo, 2019.
- [25] B. R. Carpio González, «Diseño lumínico para el estadio de la Universidad Nacional de Loja,» Loja, 2019.
- [26] H. D. Gómez Sánchez y C. L. Morales Guachamin, «Auditoría eléctrica en industria de productos alimenticios Inprolac S.A.,» Quito, 2019.
- [27] E. Ulario, «Medidas de la cancha de fútbol,» 3 marzo 2016. [En línea]. Available: <https://futboldequintoaenfxela.blogspot.com/2016/03/medidas-de-la-cancha.html>.
- [28] FIFA, «Estadíos de fútbol,» 2011.
- [29] «Iluminación deportiva,» 9 febrero 2021. [En línea]. Available: https://www.ecoluxlite.com/home/phocadownloadpap/especializados/deportivo_reducido.pdf.

- [30] M. S. Gutiérrez Cunalata, «Estudio comparativo de las metodologías de diseño de redes de distribución subterráneas,» Latacunga, 2020.
- [31] J. Tamayo, «Manual de construcción del sistema de distribución eléctrica de redes subterráneas,» 8 enero 2021. [En línea]. Available: <http://unidadespropiedad.com/pdf/2d/Subterranas/Manual%20de%20construccion.pdf>.
- [32] P. Hurtado Granados, «Diseño de iluminación de espacios deportivos,» Costa Rica, 2016.
- [33] G. Lazo, «Norma ecuatoriana de la construcción - NEC,» Quito, 2017.
- [34] «Postes rectangulares de hormigón armado,» Latacunga, 2017.
- [35] 8 febrero 2021. [En línea]. Available: <https://ineldec.com/producto/transformador-trifasico-convencional-30-kva/>.
- [36] 8 febrero 2021. [En línea]. Available: https://t3.lappcdn.com/fileadmin/DAM/Lapp_Mexico/Fichas_tecnicas/Codigo_Electrico_Nacional__NEC_.pdf.
- [37] Á. Alemany , C. Cols Clotet, R. M. Fabregat, T. Majim i Jordi, L. Martín Casalderrey y M. Perramon Marcet, La humanidad y la luz, Rioja, 2015.
- [38] O. R. M. Vásquez, Propuesta de diseño para la iluminación, Guatemala, 2015.
- [39] R. C. Rodríguez, Estudio y diseño del sistema de iluminación de un estadio, Madrid, 2011.
- [40] J. Roca, «El mercado fotovoltaico mundial instaló 115GW en 2019 y ya acumula 627GW,» 5 mayo 2020. [En línea]. Available: <https://elperiodicodelaenergia.com/el-mercado-fotovoltaico-mundial-instalo-115-gw-en-2019-y-ya-acumula-627-gw/>.
- [41] 22 mayo 2018. [En línea]. Available: <https://gruposinelec.com/el-crecimiento-de-la-energia-solar/>.
- [42] D. V. Montalvo Ureta, «Análisis y diseño del alumbrado en espacios exteriores utilizando lámparas LED microcontroladas, alimentadas por un sistema de energía fotovoltaico,» Guayaquil, 2016.
- [43] «Los detalles de la iluminación deportiva,» 12 octubre 2009. [En línea]. Available: <https://www.iluminet.com/los-detalles-de-la-iluminacion-deportiva/>. [Último acceso: 25 febrero 2021].

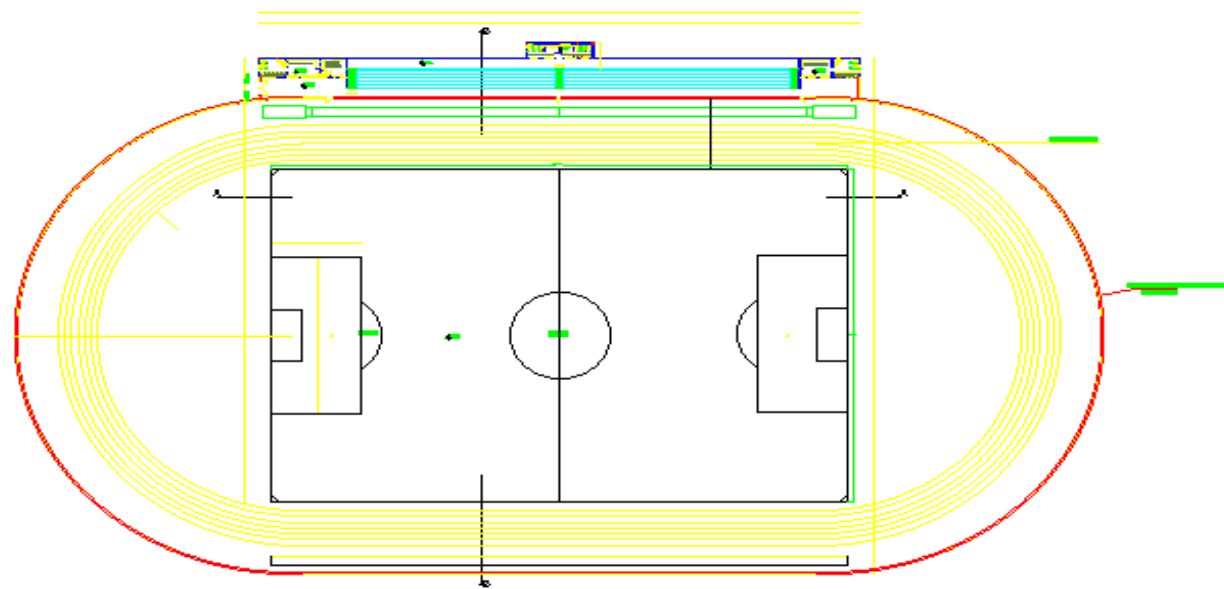
10. ANEXOS

En la Tabla 32 se presenta los anexos, la forma de visualizar los archivos del presente proyecto, a causa del tamaño de los archivos no podrán ser presentados de manera física, y se presentarán en formato digital.

Tabla 32. Índice de anexos

ANEXO	CONTENIDO	ARCHIVO	TIPO
1	Plano del escenario deportivo	Digital	AutoCAD 2014
2	Análisis de precios unitarios (rubros)	Físico	
3	Simulación del sistema de iluminación	Digital	DIALux 4.13
4	Cálculo de la potencia del transformador	Físico	
5	Diagrama unifilar del sistema de iluminación	Digital	AutoCAD 2014
6	Plano de ductos y pozos tipo A	Digital	AutoCAD 2014
7	Plano ubicación de postes y pozos	Digital	AutoCAD 2014
8	Implementación de un modelo de iluminación para uso de laboratorio en el estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache	Digital	Word

Anexo 1:
Plano del escenario deportivo



PLANTA DEL ESTADIO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA COPIAVAL	
	
CONSTRUCCION ESTADIO COPAVAL	
AUTOR: _____ FECHA: _____ ESCALA: _____ TÍTULO: _____	
A 1/1	PLAN: _____ HOJA: _____ TOTAL: _____

Anexo 2:
Análisis de precios unitarios

1.1 COSTOS DIRECTOS DEL SISTEMA DE ILUMINACION ESTADIO UTC					
No.	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total sin IVA (USD)
1.2	DETALLE DE MATERIALES PARA SISTEMA DE ILUMINACION DEL ESTADIO UTC				
1.3	POZOS TIPO A 60X60X75cm	UNI	8	135	1 080
1.4	Tubería PVC de 2 pulgadas	UNI	100	6,2	620
1.5	Poste de hormigón rectangular reforzado de 15m X 1000 kgf de rotura	UNI	4	1400	5 600
1.6	Cruceta Galvanizada de 2,40m X 1/4 X 2 1/2"	UNI	4	38,5	154
1.7	Abrazadera tipo U galvanizada de 5/2	UNI	4	6,9	27,6
1.8	Pie amigo tipo L de 70cm X 1/4 X 70cm X 1/2"	UNI	8	15,8	126,4
1.9	Perno rosca corrida 5/8" X 8"	UNI	4	6,8	27,2
1.10	Perno maquina rosca corrida 5/8	UNI	48	2,6	124,8
1.11	Caja de distribución tipo rieldin 4 servicios	UNI	1	265	265
1.12	Termomagnético unipolar de 50Amp	UNI	4	8,9	35,6
1.13	Terminales de compresión tipo punta para conductor de cu número 6 AWG	UNI	12	0,45	5,4
1.14	Borneras de unión tipo barra 30Amp	UNI	20	2,6	52
1.15	Cinta Eléctrica Auto fundente, 3m, 23	UNI	4	12,6	50,4
1.16	Precintos plásticos	UNI	100	0,16	16
1.17	Cable de CU concéntrico 4x6 AWG	m	306	6,8	2080,8
1.18	LUMINARIA LED THREELINE 1 OLP1000W BF 30	UNI	32	994,56	31 825,92
2	TOTAL DE MATERIALES				42 091,12
2.1	IVA				5050,9344
2.2				TOTAL INCLUIDO IVA 0,12 %	47 142,05
1.1.COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO					

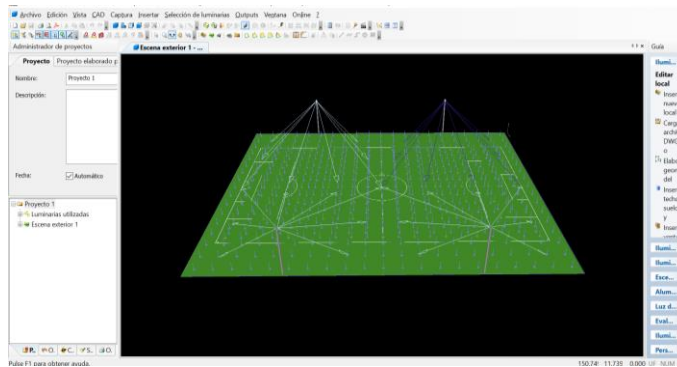
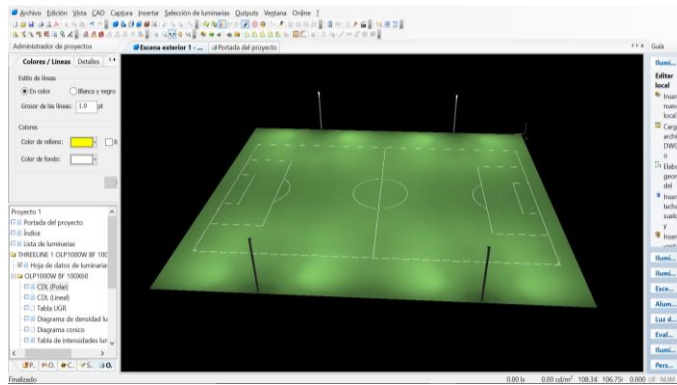
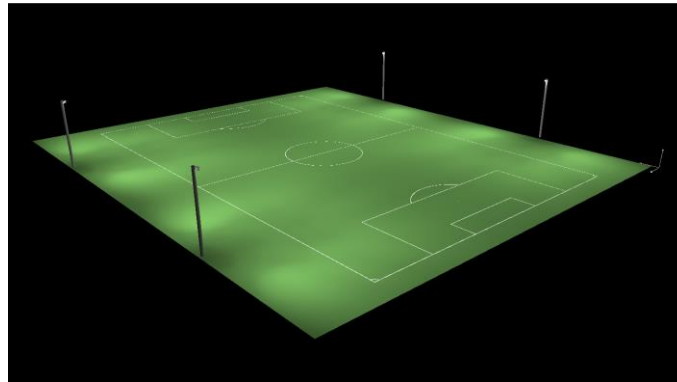
No	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario (USD)	Precio total sin IVA (USD)
1.2	DETALLE DE COSTOS INDIRECTOS PARA SISTEMA DE ILUMINACION DEL ESTADIO UTC				
1.3	Servicio de grúa (Transporte, Izada de postes)	U	1	320	320
1.4	Servicio de Gallineta (Excavación pozos y zanjas para ductos)	U	1	300	300
1.5	Mano de obra (Tendido de cable, montaje de estructuras, reflectores, tablero de control)	U	1	2 900	2 900
1.6	Viáticos	U	6	35	210
2	TOTAL COSTOS MAQUINARIA, MANO DE OBRA, TRANSPORTE.				3 730,00
2.1	IVA				447,6
2.2	TOTAL INCLUIDO IVA 0,12 %				4 177,60
1.1 COSTO TOTAL DEL PROYECTO					
No.	PARAMETRO			Precio unitario (USD)	Precio total con IVA (USD)
1.2	DETALLE DE COSTOS DIRECTOS & INDIRECTOS				
1.3	Total costos			51 319,65	51 319,6544
1.4	Administración y dirección técnica 5 % (USD)			2 566	2 566
2	TOTAL DEL PROYECTO				53 885,64

En este apartado se detalla los costos directos y los indirectos del proyecto óptimo de 1 000 W para el escenario deportivo.

Anexo 3

Simulación del sistema de iluminación DIALux 4.13

Simulación del sistema de iluminación



La simulación fue realizada con los parámetros establecidos según la normativa de la FIFA para escenarios deportivos, para una revisión detallada del sistema dejamos a disposición la respectiva simulación en digital.

Anexo 4:

Cálculo de la potencia del transformador

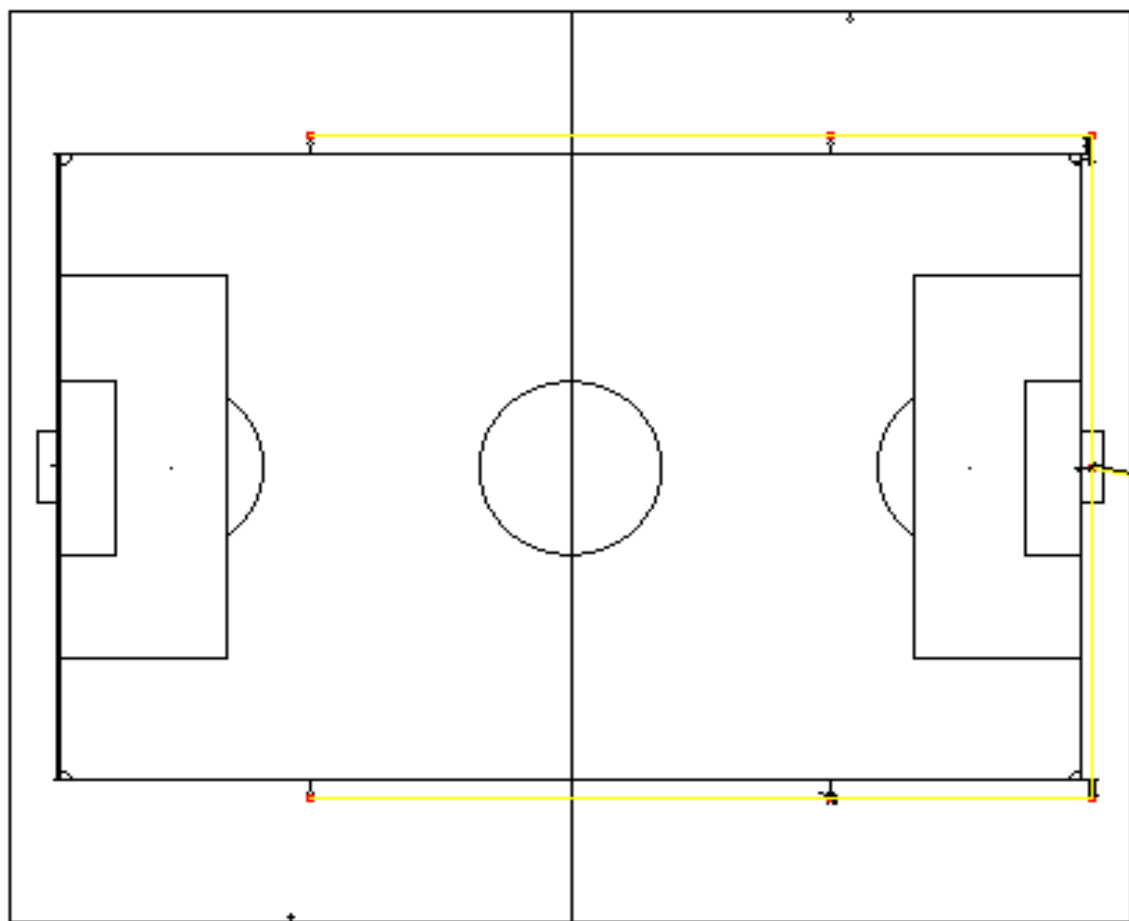
Cálculo de la potencia del transformador para luminarias de 1 000 W								
Nº	Descripción	Tipo	Cantidad	Alimentación	Potencia(W)	Potencia Total (W)	Corriente (A)	Potencia Total (kva)
1	THREELINE 1 OLP400W BN 100X60	Luminaria proyector LED	32	AC100- 110V/220-240V	1 000	32 000	145,455	35,556
							Dimensionamiento del Transformador - Kva	35,6

En este apartado se realizó el cálculo de la capacidad máxima que utilizara el transformador con la implementación del proyecto definitivo en el estadio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Campus Salache

Anexo 5:
Plano diagrama unifilar del sistema de iluminación

Anexo 6:
Plano de ductos

Anexo 7:
Plano ubicación de postes y pozos tipo A



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE QUITO



PROYECTO: CONSTRUCCION ESTADIO GEYPSA

PROFESOR:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE QUITO
CARRERA INGENIERIA CIVIL

ESTUDIO:

LABOR:

A 1/2

FECHA:

FECHA PRESENTACION:

GRUPO:

CIUDAD:

QUITO

FECHA DE ENTREGA:

Anexo 8:

**Implementación de un modelo de iluminación para uso de laboratorio en el estadio de la
Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache**