UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA EL COLISEO DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – EXTENSIÓN LA MANÁ

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería en Electromecánica.

Autores:

Jaime Ernesto Lozada Gallo

Diego Jefferson Ruiz Lutuala

Tutor:

MSc. Rodrigo Romero

LA MANÁ-ECUADOR

AGOSTO-2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Lozada Gallo Jaime Ernesto, con cédula de ciudadanía No. 0504056045, Ruiz Lutuala Diego Jefferson, con cédula de ciudadanía No. 0550628895 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: "IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE TRABAJO PARA ANÁLISIS DE CALIDAD DE SOLDADURA SMAW Y GMAW EN ENTORNO DE FORMACIÓN TÉCNICA"**, siendo Ing. Freddy Rodrigo Romero Bedón MS.c., Tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

La Maná, agosto 18 del 2026

Lozada Gallo Jaime Ernesto
C.C: 0504056045

Ruiz Lutuala Diego Jefferson
C.C: 0550628895

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación, de conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, Carrera de Ingeniería Electromecánica; por cuanto, los postulantes: Lozada Gallo Jaime Ernesto y Ruiz Lutuala Diego Jefferson, con el título del Proyecto de Investigación: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA EL COLISEO DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ"**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

La Maná, 19 de agosto del 2026

Para constancia firman:

MSc. Hidalgo Osorio William Armando
C.C: 0502657885
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

PHD. Morales Tamayo Yoandrys
C.C: 1756958797
LECTOR 2 (MIEMBRO)

MSc. Pazuña Naranjo William Paul
C.C: 0503338592
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Culminar este trabajo de titulación ha sido posible gracias al respaldo de quienes nos acompañaron en este proceso. Agradecemos a la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, por brindarnos la formación académica necesaria para desarrollarnos como profesionales, y a nuestro tutor, Ing. Freddy Rodrigo Romero Bedón, MSc., por su orientación y disposición constante durante el desarrollo de este proyecto; asimismo, agradecemos a los docentes de la carrera por compartir su conocimiento y experiencia a lo largo de nuestra formación. Cada etapa cumplida es la prueba de que el esfuerzo constante siempre encuentra su recompensa.

Diego

Jaime

DEDICATORIA

Agradezco ante todo a Dios por darme salud, vida y fortaleza para llegar hasta este momento y permitirme cumplir uno de mis mayores sueños. Dedico este logro, de manera especial, a mis padres, Rubén Alejandro Ruiz Ugsha y María Laura Lutuala Sigcha, por ser mi mayor apoyo, por sus consejos y por enseñarme a nunca rendirme; también a mis hermanos, Édison Fabián Ruiz Lutuala y Rubén Alejandro Ruiz Lutuala, por estar siempre a mi lado y motivarme a seguir adelante. Este logro no es solo mío, sino también de toda mi familia Ruiz Lutuala, quienes siempre creyeron en mí y fueron parte fundamental de este sueño que hoy se hace realidad.

Diego

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre y a mi madre, agradeciendo profundamente su apoyo incondicional; a mis hermanas y hermano, por sus valiosos consejos; a los ingenieros de la carrera, por habernos guiado, enseñado y corregido para convertirme en un gran profesional; y, sobre todo, a Dios, por otorgarme la salud y el conocimiento necesarios para alcanzar esta meta.

Jaime

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA EL COLISEO DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – EXTENSIÓN LA MANÁ.

Autores:

Jaime Ernesto Lozada Gallo

Diego Jefferson Ruiz Lutuala

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo la implementación de un sistema de alimentación eléctrica y de iluminación para el Coliseo del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, con el propósito de mejorar las condiciones de funcionamiento, seguridad y eficiencia de la infraestructura eléctrica existente. Para el desarrollo del proyecto se realizó el levantamiento de información en campo, el diseño de planos eléctricos mediante AutoCAD y la simulación luminotécnica utilizando el software DIALux evo, herramientas que permitieron definir la distribución de luminarias, circuitos eléctricos, tomacorrientes y tablero de distribución antes de la ejecución de la obra.

La metodología aplicada comprendió el análisis de las condiciones iniciales del coliseo, la selección de materiales y equipos eléctricos, la implementación del sistema de alimentación, la instalación del sistema de iluminación y la construcción del sistema de puesta a tierra, finalizando con la verificación del funcionamiento de la instalación mediante pruebas eléctricas y mediciones de iluminancia y resistencia de puesta a tierra. El sistema implementado está conformado por un tablero de distribución independiente, seis reflectores LED de 200 W, seis lámparas tipo campana de 400 W, circuitos eléctricos para iluminación y tomacorrientes de 110 V y 220 V, además de un sistema de puesta a tierra construido con varilla de cobre y tratado con carbón vegetal y sal industrial para mejorar la conductividad del terreno en el cual dicho proyecto para la eficiencia luminosa Se abordo de acuerdo las normas ISO/CIE 8995-1 para su cumplimiento , con un total de 100 Lux, y una uniformidad de 0.40.

Palabras clave: sistema eléctrico, iluminación, DIALux evo, puesta a tierra, eficiencia energética, seguridad eléctrica.

ABSTRACT

This research project aimed to implement an electrical power supply and lighting system for the Block B Coliseum at the Technical University of Cotopaxi, La Maná Extension, with the purpose of improving the operating conditions, safety, and efficiency of the existing electrical infrastructure. The project development included field data collection, electrical plan design using AutoCAD, and luminotechnical simulation using DIALux evo softwaretools that made it possible to define the distribution of luminaires, electrical circuits, outlets, and the distribution panel prior to construction. The methodology applied comprised the analysis of the coliseum's initial conditions, the selection of electrical materials and equipment, the implementation of the power supply system, the installation of the lighting system, and the construction of the grounding system, concluding with verification of the installation's operation through electrical testing and measurements of illuminance and grounding resistance. The implemented system consists of an independent distribution panel, six 200 W LED floodlights, six 400W high-bay lamps, electrical circuits for lighting and 110 V and 220 V outlets, as well as a grounding system built with a copper rod treated with charcoal and industrial salt to improve the conductivity of the terrain. Luminous efficiency for this project was addressed in accordance with the ISO/CIE 8995-1 standard for compliance, achieving a total of 100 lux and a uniformity of 0.40.

Keywords: electrical system, lighting, DIALux evo, grounding system, energy efficiency, electrical safety.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL ix

ÍNDICE DE FIGURAS xvi

1 INFORMACIÓN GENERAL 1

2 INTRODUCCIÓN 2

3 JUSTIFICACIÓN 3

4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO 3

4.1 Beneficiarios principales 3

4.1.1 Estudiantes 3

4.1.2 Docentes 4

4.1.3 Personal administrativo y de mantenimiento 4

4.2 Beneficiarios secundarios 4

4.2.1 Visitantes de la universidad 4

4.2.2 Expositores, conferencistas e invitados 4

4.2.3 Comunidad universitaria en general 4

4.2.4 Futuros estudiantes de bachillerato 4

4.2.5 La sociedad 5

5 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 5

5.1 Problemática 5

5.2 Planteamiento del problema 6

6 OBJETIVOS 6

6.1 Objetivo general 6

6.2 Objetivos específicos 6

7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS DE RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS 7

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA 9
8.1 luminotécnico mediante DIALux evo 10
8.1.1 ¿Qué es DIALux evo? 10
8.1.2 Importancia del diseño luminotécnico 10
8.2 Elaboración de planos eléctricos mediante AutoCAD 11
8.2.1 ¿Qué es AutoCAD? 11
8.3 Instalaciones eléctricas 11
8.3.1 Concepto de instalaciones eléctricas 11
8.3.2 Componentes de una instalación eléctrica 12
8.3.3 Importancia de una instalación eléctrica 13
8.4 Alimentación eléctrica 13
8.5 Conductores eléctricos 13
8.5.1 Concepto 13
8.5.2 Importancia de una adecuada selección del conductor 14
8.5.3 Interruptores termomagnéticos (Breakers) 15
8.5.4 Importancia de las protecciones eléctricas 15
8.6 Sistema de puesta a tierra 16
8.6.1 Concepto de la puesta tierra 16
8.6.2 Componentes del sistema de puesta a tierra 16
8.6.3 Importancia de la puesta a tierra 17
8.7 Iluminación 17
8.7.1 Concepto de iluminación 17
8.8 Luminarias 18
8.8.1 Concepto de iluminación 18
8.8.2 Flujo luminoso 18
8.8.3 Intensidad luminosa 18

8.8.4 Iluminancia 19
8.8.5 Temperatura de color correlacionada (CCT) 19
8.8.6 Factor de mantenimiento (fm) 19
8.8.7 Coeficiente de utilización (CU) 20
8.8.8 Altura de montaje de las luminarias 20
8.8.9 Ventajas de la iluminación implementada 20
8.8.10 Importancia del uso de luminarias eficientes 21
8.9 Seguridad durante la instalación 21
8.9.1 Seguridad en los trabajos de instalación 21
8.9.2 Grados de protección de las luminarias 21
8.9.3 Trabajos en altura 22
8.9.4 Equipos de protección personal 22
8.9.5 Seguridad en instalaciones eléctricas 23
9 METODOLOGÍA, DISEÑO EXPERIMENTAL E IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA 24
9.1 Tipo de investigación 24
9.2 Enfoque de la investigación 25
9.3 Modalidad de la investigación 25
9.3.1 Investigación de campo 25
9.3.2 Investigación documental 26
9.4 Métodos de investigación 26
9.4.1 Método descriptivo 26
9.4.2 Método analítico 26
9.4.3 Método deductivo 27
9.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de información. 27
9.5.1 Técnicas de recolección de información 27
9.5.2 Instrumentos utilizados 27

9.6 Dimensionamiento y cálculos del sistema eléctrico y de iluminación 28
9.6.1 Levantamiento dimensional y cálculo del área del coliseo 28
9.6.2 Nivel de iluminación adoptado para el proyecto 29
9.6.3 Cálculo luminotécnico mediante el método de los lúmenes 30
9.6.4 Determinación de la altura útil de las luminarias 31
9.6.5 Cálculo de distribución y separación de luminarias 32
9.6.6 Determinación del índice del local k 34
9.6.7 Selección del factor de mantenimiento fm 35
9.6.8 Determinación del coeficiente de utilización CU 35
9.6.9 Determinación del número de luminarias 38
9.6.10 Plano unifilar 40
9.6.11 Plano de distribución eléctrica 41
9.6.12 Plano de iluminación y distribución de tomacorrientes 42
9.6.13 Verificación luminotécnica mediante DIALux evo 43
9.6.14 Resultados obtenidos 46
9.6.15 Cálculo de la potencia instalada 47
9.6.16 Cálculo de la corriente del circuito 48
9.6.17 Selección de los breakers 49
9.6.18 Selección de los conductores 49
9.6.19 Caída de tensión 51
9.6.20 Comprobación de la uniformidad de iluminación 55
9.7 Materiales y equipos utilizados 56
9.7.1 Materiales utilizados 56
9.7.2 Equipos e instrumentos utilizados 57
9.8 Procedimiento de implementación práctica 58
9.8.1 Secuencia general de implementación 58

9.8.2 Instalación del nuevo tablero de distribución 59
9.8.3 Medición de la resistencia de puesta a tierra 59
9.8.4 Tratamiento del terreno 60
9.8.5 Resultado obtenido 61
9.8.6 Instalación de la alimentación eléctrica 62
9.9 Alimentación eléctrica 62
9.9.1 Instalación de luminarias 64
9.9.2 Pruebas eléctricas y de funcionamiento 65
10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 66
10.1 Resultados de la implementación del sistema eléctrico 66
10.2 Resultados del sistema de iluminación 67
10.2.1 Medición de iluminancia mediante luxómetro 68
10.2.2 Comparación entre la medición real y la simulación en DIALux evo 69
10.3 Resultados del sistema de puesta a tierra 70
10.4 Discusión de resultados 71
10.5 Validación del proyecto mediante encuesta 71
10.5.1 Caracterización de la población encuestada 72
10.5.2 Análisis de las preguntas de la encuesta 73
11 IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS 81
11.1 Impacto técnico 81
11.2 Impacto social 82
11.3 Impacto económico 83
12 PRESUPUESTO DEL PROYECTO 83
12.1 Presupuesto del sistema de iluminación y red eléctrica del coliseo 84
12.2 Materiales donados por la universidad 85
13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 85

13.1 Conclusiones 85

13.2 Recomendaciones 86

14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 87

15 ANEXOS 93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos……9

Tabla 2. Técnicas e instrumentos utilizados durante el desarrollo del proyecto……..28

Tabla 3. Comparación entre el criterio de diseño y el resultado obtenido……46

Tabla 4. materiales utilizados……..56

Tabla 5. Equipos e instrumentos utilizados durante el desarrollo del proyecto……..56

Tabla 6. Resultados de las mediciones de la resistencia de puesta a tierra……..61

Tabla 7. Comparación entre los resultados simulados y medidos……..70

Tabla 8. Resultados obtenidos en la medición del sistema de puesta a tierra…….71

Tabla 9. Presupuesto de materiales utilizados en la implementación del proyecto……84

Tabla 10. Materiales donados por la Universidad Técnica de Cotopaxi……..85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Varilla de cobre de 1,6 m de longitud para la puesta tierra……....17
Figura 2. EPP para trabajo en alturas……..23
Figura 3. Factores de reflexión de colores y materiales……..35
Figura 4. Factor de utilización para luminaria industrial suspendida tipo 2……37
Figura 5. Plano del unifilar del Coliseo del Bloque B……41
Figura 6. Plano de distribución eléctrica…….……42
Figura 7. Plano de iluminación y distribución de tomacorrientes del Coliseo del Bloque B……..42
Figura 8. Modelo tridimensional del Coliseo del Bloque B desarrollado en DIALux evo……43
Figura 9. Distribución de las luminarias en el modelo de simulación……43
Figura 10. Curva polar de distribución luminosa del reflector LED……44
Figura 11. Curva polar de distribución luminosa de la luminaria tipo campana……45
Figura 12. Resultados de la simulación del Dialux……45
Figura 13. Mapa de iluminancia obtenido en DIALux evo……46
Figura 14. Distribución de luminarias en el Coliseo del Bloque B……..47
Figura 15. Características eléctricas de conductores de cobre según calibre AWG……52
Figura 16. Diagrama de flujo del procedimiento de implementación del proyecto……..58
Figura 17. Tablero de distribución con los interruptores termomagnéticos instalados……59
Figura 18. Medición inicial de la resistencia de puesta a tierra (31,55 Ω)……..60
Figura 19. Medición final de la resistencia de puesta a tierra (15,22 Ω)……62
Figura 20. Alimentación eléctrica desde el tablero principal hacia el tablero de distribución del Coliseo del Bloque B……...63
Figura 21. Tablero de distribución instalado para el sistema eléctrico del Coliseo del Bloque B……64
Figura 22. Instalación de las luminarias del sistema de iluminación del Coliseo del Bloque B……65
Figura 23. Sistema eléctrico implementado en el Coliseo del Bloque B……67
Figura 24. Sistema de iluminación implementado……...68
Figura 25. medición con el luxómetro del coliseo……..69
Figura 26. Valores de medición del coliseo……69
Figura 27. Encuesta de carrera……72
Figura 28. Encuesta de Curso……..72
Figura 29. Primera pregunta de la encuesta……73

Figura 30. Segunda pregunta de la encuesta……74
Figura 31. Tercera pregunta de la encuesta……..75
Figura 32. Cuarta pregunta de la encuesta……...76
Figura 33. Quinta pregunta de la encuesta……...77
Figura 34. Sexta pregunta de la encuesta…….78
Figura 35. Séptima pregunta de la encuesta…….78
Figura 36. Octava pregunta de la encuesta……..79
Figura 37. Novena pregunta de la encuesta…….80
Figura 38. Decima pregunta de la encuesta…….……81

ÍNDICE DE FORMULAS

Formula 1. Intensidad luminosa…….19
Formula 2. Iluminancia……..……19
Formula 3. Coeficiente de utilización……20
Formula 4. Altura útil entre el plano de trabajo y la luminaria……..20
Formula 5. Cálculo del área del coliseo…….29
Formula 6. Cálculo del flujo luminoso requerido……..30
Fórmula 7. Cálculo de la altura útil de referencia para las luminarias……...31
Fórmula 8. Cálculo de la distancia entre el plano de luminarias y el techo……...32
Formula 9. Cálculo de la separación longitudinal entre luminarias……...32
Formula 10. Cálculo de la distancia desde la pared hasta la primera columna de luminarias……...33
Formula 11. Cálculo de la separación transversal entre luminarias……...33
Formula 12. Índice del local……...34
Fórmula 13. Interpolación lineal del coeficiente de utilización…….37
Formula 14. Cálculo del flujo luminoso útil de la luminaria tipo campana……...39
Formula 15. Cálculo del flujo luminoso faltante……39
Formula 16. Cálculo del número de reflectores LED requeridos……...40
Formula 17. Cálculo de la potencia total instalada……47
Formula 18. Cálculo de la corriente del circuito de iluminación……...48
Formula 19. Cálculo de la corriente del alimentador principal……..50
Formula 20. Cálculo de la caída de tensión……51
Formula 21. resistencia eléctrica del conductor…….52
Formula 22. Cálculo del porcentaje de caída de tensión……54
Formula 23. Cálculo de la uniformidad de iluminación…….55

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE PARA EL COLISEO DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – EXTENSIÓN LA MANÁ"

Fecha de inicio:	20/04/2026
Fecha de finalización:	18/08/2026
Lugar de ejecución:	Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná
Unidad académica que auspicia:	Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas CIYA
Carrera que auspicia:	Ingeniería Electromecánica
Proyecto de investigación vinculado:	Implementación de un sistema de iluminación eficiente para el coliseo del bloque B de la universidad técnica de Cotopaxi – extensión La Maná
Equipo de trabajo:	
Tutor del Proyecto:	MSc. Rodrigo Romero
Postulantes:	Jaime Ernesto Lozada Gallo Diego Jefferson Ruiz Lutuala
Área de conocimiento:	Ingeniería
Línea de investigación:	Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

2 INTRODUCCIÓN

La iluminación es uno de los elementos más importantes dentro de una instalación eléctrica, ya que permite que las personas desarrollen sus actividades de forma segura, cómoda y con una buena visibilidad. Un sistema de iluminación bien diseñado mejora el confort visual, facilita la realización de las tareas y contribuye a la seguridad de los usuarios. Además, una iluminación adecuada ayuda a optimizar el consumo de energía cuando se emplean tecnologías eficientes y un diseño apropiado del sistema [1].

En los últimos años, las luminarias con tecnología LED han sido una de las principales alternativas para mejorar la eficiencia energética en diferentes tipos de edificaciones, debido a su bajo consumo eléctrico, mayor vida útil y reducido mantenimiento. Estas características han permitido que sean utilizadas en instituciones educativas, edificios públicos y espacios de uso múltiple, donde se busca mejorar las condiciones de iluminación sin incrementar el consumo de energía.

El coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, es un espacio abierto de uso multifuncional donde se desarrollan actividades académicas, conferencias, actos institucionales, presentaciones culturales, reuniones y otros eventos organizados por la universidad. Durante el diagnóstico inicial se identificó que este espacio no contaba con una alimentación eléctrica propia para el sistema de iluminación, por lo que fue necesario diseñar e implementar una nueva línea eléctrica desde un tablero existente, incorporando un tablero de distribución independiente, circuitos para iluminación y tomacorrientes de 110 V y 220 V, dispositivos de protección y un sistema de puesta a tierra que garantice una instalación segura y confiable.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el software DIALux evo para realizar la simulación luminotécnica y verificar los niveles de iluminación obtenidos, mientras que AutoCAD fue empleado para la elaboración de los planos eléctricos. Como criterio de diseño se consideró una iluminancia de referencia de 100 lx, adecuada para un espacio universitario de uso multifuncional destinado al desarrollo de actividades académicas, culturales e institucionales. Finalmente, este proyecto busca mejorar las condiciones de iluminación del coliseo, optimizar el uso de la energía eléctrica y proporcionar una instalación segura que beneficie a toda la comunidad universitaria.

3 JUSTIFICACIÓN

El coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, es un espacio destinado a la realización de diversas actividades, entre ellas conferencias, actos académicos, presentaciones culturales, eventos institucionales, danzas, reuniones y otras actividades de integración universitaria. Debido a la diversidad de usos que presenta esta infraestructura, es indispensable contar con un sistema de iluminación que proporcione una distribución uniforme de la luz, garantice condiciones adecuadas de visibilidad y ofrezca una instalación eléctrica segura y confiable para todos los usuarios. La necesidad de desarrollar este proyecto surge a partir de la evaluación del sistema de iluminación existente, el cual presenta limitaciones relacionadas con la eficiencia energética, la distribución de la iluminación y la infraestructura eléctrica que alimenta las luminarias. Estas condiciones pueden afectar la calidad visual de los espacios, incrementar el consumo de energía eléctrica y dificultar el mantenimiento de la instalación, haciendo necesaria una propuesta de mejora basada en criterios técnicos y de ingeniería.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto permitirá diseñar un sistema de iluminación eficiente mediante la incorporación de luminarias LED de alto rendimiento, seleccionadas de acuerdo con los requerimientos lumínicos del coliseo y los criterios establecidos en las normas nacionales e internacionales para este tipo de instalaciones. Asimismo, se desarrollará el diseño de una nueva instalación eléctrica que incluirá un tablero de distribución exclusivo para el sistema de iluminación, circuitos independientes para tomacorrientes de 110 V y 220 V, dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos, conductores eléctricos correctamente dimensionados y un sistema de puesta a tierra que incremente la seguridad de la instalación.

4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1 Beneficiarios principales

4.1.1 Estudiantes

Dispondrán de mejores condiciones de iluminación para el desarrollo de actividades académicas, culturales y recreativas.

Se beneficiarán de un ambiente más seguro y confortable.

4.1.2 Docentes

Podrán desarrollar conferencias, clases, capacitaciones y eventos institucionales con una iluminación adecuada.

4.1.3 Personal administrativo y de mantenimiento

Tendrá una instalación eléctrica mejor organizada y más segura.

Se facilitarán las labores de operación y mantenimiento gracias a la distribución independiente de los circuitos y al nuevo tablero eléctrico.

4.2 Beneficiarios secundarios

4.2.1 Visitantes de la universidad

Participarán en eventos académicos, culturales y sociales en un espacio con mejores condiciones de iluminación y seguridad.

4.2.2 Expositores, conferencistas e invitados

Contarán con un ambiente adecuado para el desarrollo de conferencias, seminarios, capacitaciones y presentaciones.

4.2.3 Comunidad universitaria en general

Se beneficiará de una infraestructura más moderna y eficiente, fortaleciendo la imagen institucional.

4.2.4 Futuros estudiantes de bachillerato

Podrán utilizar este proyecto como referencia para investigaciones relacionadas con iluminación, eficiencia energética e instalaciones eléctricas.

4.2.5 La sociedad

Indirectamente se beneficia al promover el uso eficiente de la energía y la implementación de tecnologías sostenibles en instituciones de educación superior.

5 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1 Problemática

La Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, dispone del Coliseo del Bloque B como un espacio multifuncional destinado al desarrollo de actividades académicas, culturales, institucionales, recreativas y sociales, entre las que se incluyen conferencias, ceremonias, presentaciones artísticas, danzas, reuniones y otros eventos organizados por la comunidad universitaria. Para el adecuado desarrollo de estas actividades es indispensable contar con una infraestructura eléctrica que permita alimentar de forma segura y eficiente el sistema de iluminación y los equipos eléctricos requeridos durante cada evento.

Durante el diagnóstico realizado se evidenció que el coliseo no disponía de un punto de alimentación eléctrica propio para abastecer el sistema de iluminación ni para la instalación de tomacorrientes de servicio. Esta condición limitaba el funcionamiento del espacio y dificultaba la utilización de equipos eléctricos necesarios para el desarrollo de las diferentes actividades. Además, la ausencia de un tablero de distribución independiente impedía contar con circuitos específicos para iluminación y tomacorrientes, así como con dispositivos de protección adecuados que garantizaran la seguridad de la instalación.

Ante esta situación, fue necesario diseñar e implementar una nueva alimentación eléctrica a partir del tablero principal existente en otra área de la institución, con el propósito de suministrar energía al coliseo mediante un circuito independiente. Este diseño incluyó la instalación de un nuevo tablero de distribución, la implementación de circuitos para el sistema de iluminación, la incorporación de tomacorrientes de 110 V y 220 V, la selección de conductores eléctricos y dispositivos de protección, así como el diseño de un sistema de puesta a tierra que garantice la seguridad de las personas y de los equipos eléctricos.

Adicionalmente, se identificó la necesidad de realizar un estudio luminotécnico que permitiera determinar la distribución adecuada de las luminarias y verificar que los niveles de iluminación fueran apropiados para las actividades que se desarrollan en el coliseo. Para ello, se empleó el software DIALux evo, herramienta ampliamente utilizada para el diseño y la simulación de sistemas de iluminación en interiores y exteriores, permitiendo evaluar los niveles de iluminancia y comprobar el cumplimiento de los criterios de diseño antes de la ejecución del proyecto [2]. Asimismo, los planos eléctricos fueron elaborados mediante AutoCAD, facilitando la representación técnica de la instalación propuesta.

5.2 Planteamiento del problema

¿De qué manera la implementación de una nueva alimentación eléctrica, un tablero de distribución independiente y un sistema de iluminación eficiente contribuirán a mejorar la disponibilidad de energía eléctrica, las condiciones de iluminación, la seguridad de la instalación y la funcionalidad del coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná?

6 OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Implementar un sistema un eléctrica y de iluminación eficiente para el coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, mediante el diseño del sistema eléctrica, el dimensionamiento de los circuitos, la simulación luminotécnica y la selección de equipos de protección, con el fin de mejorar las condiciones de iluminación, la seguridad eléctrica y la funcionalidad del espacio para el desarrollo de actividades académicas, culturales e institucionales.

6.2 Objetivos específicos

- Realizar el diagnóstico de las condiciones eléctricas y luminotécnicas del coliseo del bloque B, identificando las necesidades de alimentación eléctrica y de iluminación para el adecuado funcionamiento del espacio.
- Diseñar del nuevo sistema eléctrica del coliseo mediante la implementación de un tablero de distribución independiente, el dimensionamiento de conductores, la selección de dispositivos

de protección y el diseño del sistema de puesta a tierra, garantizando el cumplimiento de criterios técnicos y de seguridad.

- Desarrollar el diseño luminotécnico utilizando el software DIALux evo para determinar la cantidad, ubicación y características de las luminarias que permitan obtener niveles adecuados de iluminación y uniformidad de acuerdo con las actividades realizadas en el coliseo.
- Elaborar los planos eléctricos y de distribución de luminarias mediante AutoCAD, representando la nueva instalación eléctrica y los elementos necesarios para la implementación del proyecto.
- Evaluar técnica y energéticamente la propuesta implementada, comparando las condiciones obtenidas con los requerimientos del coliseo y verificando la mejora en la funcionalidad, seguridad y eficiencia del sistema eléctrico y de iluminación.

7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS DE RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y metodología compuesta por los objetivos

Objetivo	Actividad	Resultado	Metodología
Implementar un sistema de alimentación eléctrica y de iluminación eficiente para el coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, mediante el diseño e implementación de la infraestructura eléctrica, el dimensionamiento de los circuitos, la simulación luminotécnica y la selección de equipos de protección,	Ejecutar el diagnóstico, diseño, simulación e implementación del sistema eléctrico y de iluminación del coliseo.	Sistema de alimentación eléctrica e iluminación implementado, con niveles adecuados de iluminancia y una instalación eléctrica segura y funcional.	Investigación aplicada con enfoque tecnológico, utilizando observación directa, cálculos eléctricos, simulación luminotécnica y evaluación de resultados.

con el fin de mejorar las condiciones de iluminación, la seguridad eléctrica y la funcionalidad del espacio para el desarrollo de actividades académicas, culturales e institucionales.			
Realizar el diagnóstico de las condiciones eléctricas y luminotécnicas del Coliseo, identificando las necesidades de alimentación eléctrica y de iluminación para el adecuado funcionamiento del espacio.	Inspeccionar el coliseo, levantar información de la instalación existente y medir las condiciones de iluminación.	Diagnóstico de la situación inicial del sistema eléctrico y de iluminación del coliseo.	Observación directa, levantamiento de información y medición de iluminancia mediante luxómetro.
Diseñar la nueva alimentación eléctrica del coliseo mediante la implementación de un tablero de distribución independiente, el dimensionamiento de conductores, la selección de dispositivos de para así garantizar un buen funcionamiento de los contactos eléctricos.	Realizar los cálculos eléctricos, seleccionar conductores, breakers, canalizaciones y diseñar el sistema de conexión a tierra.	Diseño de la instalación eléctrica con memoria de cálculo y selección de los componentes eléctricos.	Cálculos eléctricos basados en la normativa vigente y elaboración de diagramas eléctricos.
Desarrollar el diseño luminotécnico utilizando el software DIALux evo para determinar la cantidad, ubicación y características	Modelar el coliseo en DIALux evo, ubicar las luminarias y analizar los niveles de	Diseño luminotécnico validado con una distribución uniforme de la	Simulación luminotécnica mediante DIALux evo y

de las luminarias que permitan obtener niveles adecuados de iluminación y uniformidad de acuerdo con las actividades realizadas en el coliseo.	iluminancia obtenidos mediante simulación.	iluminación y niveles de iluminancia acordes con el uso del coliseo.	análisis de resultados.
Elaborar los planos eléctricos y de distribución de luminarias mediante AutoCAD, representando la nueva instalación eléctrica y los elementos necesarios para la realización del proyecto.	Dibujar los planos eléctricos, el plano de distribución de luminarias y el diagrama unifilar de la instalación.	Planos técnicos completos para la ejecución y mantenimiento del sistema eléctrico.	Diseño asistido por computadora utilizando AutoCAD.
Evaluar el funcionamiento técnico y el desempeño energético de la propuesta implementada, comparando las condiciones obtenidas con los requerimientos del coliseo y verificando la mejora en la funcionalidad, seguridad y eficiencia del sistema eléctrico y de iluminación.	Comparar los resultados de la simulación con las mediciones realizadas después de la implementación y analizar el funcionamiento general del sistema.	Verificación del cumplimiento de los objetivos del proyecto y evaluación del desempeño del sistema implementado.	Análisis comparativo entre la simulación, las mediciones de iluminancia y el funcionamiento de la instalación eléctrica.

Tabla 1. Actividades y sistemas de tareas en relación a los objetivos

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 luminotécnico mediante DIALux evo

8.1.1 ¿Qué es DIALux evo?

El diseño luminotécnico es una parte fundamental en cualquier proyecto de iluminación, ya que permite planificar la distribución de las luminarias antes de realizar la instalación física. Mediante este proceso es posible determinar el número aproximado de luminarias necesarias, su ubicación y el nivel de iluminación que se obtendrá en un determinado espacio, facilitando la toma de decisiones durante el diseño del sistema.

Para desarrollar este tipo de estudios se utilizó DIALux evo, un software especializado en el diseño y simulación de sistemas de iluminación para espacios interiores y exteriores. Este programa permite construir modelos tridimensionales, incorporar luminarias con sus características técnicas reales y obtener resultados relacionados con la iluminancia, la uniformidad y el comportamiento de la luz dentro del área analizada [2].

En el presente proyecto, DIALux evo fue utilizado para modelar el coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Con ayuda del software se definieron las dimensiones del coliseo, se ubicaron las luminarias seleccionadas y se evaluó la distribución de la iluminación antes de la implementación del sistema eléctrico.

8.1.2 Importancia del diseño luminotécnico

El diseño luminotécnico permite verificar que un sistema de iluminación proporcione condiciones adecuadas de visibilidad para las actividades que se desarrollan dentro de un espacio. Además, ayuda a optimizar el consumo de energía, mejorar el confort visual de los usuarios y evitar zonas con iluminación insuficiente o excesiva.

De acuerdo con la norma ISO/CIE 8995-1, durante el diseño de un sistema de iluminación deben considerarse aspectos como el nivel de iluminancia, la uniformidad de la luz que se realizan en el lugar, con el propósito de garantizar condiciones visuales adecuadas [1].

En este proyecto, el diseño luminotécnico permitió comprobar previamente el comportamiento del sistema de iluminación y realizar los ajustes necesarios antes de la instalación de las luminarias, contribuyendo a obtener una distribución uniforme de la luz en el coliseo.

8.2 Elaboración de planos eléctricos mediante AutoCAD

8.2.1 ¿Qué es AutoCAD?

La elaboración de planos eléctricos constituye una etapa importante dentro del desarrollo de un proyecto, ya que permite representar de forma gráfica la distribución de los elementos que conforman una instalación eléctrica. Estos planos facilitan la interpretación del diseño, la ejecución de la obra y las labores posteriores de mantenimiento.

Para realizar el plano correspondiente se utilizó AutoCAD, un software de diseño asistido por computadora (CAD) desarrollado por Autodesk, ampliamente empleado en las áreas de ingeniería, arquitectura y construcción.

Este programa permite elaborar planos con precisión, organizar la información técnica y representar cada uno de los componentes de del sistema eléctrico mediante simbología normalizada [3].

En este proyecto, AutoCAD fue utilizado para elaborar los planos eléctricos del sistema de iluminación del coliseo. A través de este software se representó la alimentación eléctrica, la distribución de los circuitos, la ubicación de las luminarias, los tomacorrientes y los demás elementos que forman parte de la instalación.

8.3 Instalaciones eléctricas

8.3.1 Concepto de instalaciones eléctricas

Una instalación eléctrica es el conjunto de conductores, canalizaciones, dispositivos de protección, equipos de maniobra y demás elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde la fuente de alimentación hasta los diferentes puntos de consumo de una edificación. Su diseño

debe garantizar un funcionamiento seguro, eficiente y confiable, protegiendo tanto a las personas como a los equipos eléctricos durante su operación.

En el presente proyecto se diseñó una nueva instalación eléctrica para el coliseo del de la institución con el propósito de suministrar energía al sistema de iluminación y a los tomacorrientes. Para ello se implementó una alimentación independiente, un tablero de distribución, circuitos eléctricos, dispositivos de protección y un sistema de puesta a tierra, permitiendo mantener una mayor protección en el sistema eléctrico.

8.3.2 Componentes de una instalación eléctrica

Una instalación eléctrica está conformada por un conjunto de elementos destinados a conducir, distribuir, proteger y controlar la energía eléctrica desde la fuente de alimentación hasta los diferentes puntos de consumo. Entre los principales componentes se encuentran la acometida, los conductores eléctricos, las canalizaciones, los tableros de distribución, los dispositivos de protección, el sistema de puesta a tierra y los accesorios de conexión. La correcta selección e instalación de estos elementos garantiza el funcionamiento seguro, eficiente y confiable de toda la instalación eléctrica [4].

Toda instalación eléctrica está formada por diferentes elementos que trabajan de manera conjunta para garantizar una correcta distribución de la energía. En este proyecto los principales componentes fueron:

- Alimentación eléctrica.
- Tablero de distribución.
- Conductores eléctricos.
- Canalizaciones y cajas de paso.
- Interruptores termomagnéticos.
- Luminarias LED.
- Tomacorrientes.
- Sistema de puesta a tierra.

Cada uno de estos materiales cumple con su respectiva función específica dentro de la instalación y fue seleccionado de acuerdo con las necesidades del proyecto, considerando aspectos de seguridad, capacidad de carga y facilidad de mantenimiento.

8.3.3 Importancia de una instalación eléctrica

Una instalación eléctrica correctamente diseñada permite distribuir la energía de forma segura y eficiente, disminuyendo el riesgo de accidentes eléctricos, daños en los equipos y fallas en el suministro. Además, una adecuada planificación facilita las labores de mantenimiento, permite futuras instalaciones para más servicios en el sistema.

Schneider Electric señala que una instalación eléctrica debe diseñarse considerando la seguridad de las personas, la protección de los equipos, la continuidad del servicio y la eficiencia energética, garantizando que todos sus componentes trabajen dentro de las condiciones para las cuales fueron diseñados [5].

En el Coliseo del Bloque B, la implementación de una nueva instalación eléctrica permitió disponer de un sistema organizado, con circuitos independientes para iluminación y tomacorrientes, incorporando dispositivos de protección y un sistema de puesta a tierra que mejoran la seguridad y el correcto funcionamiento de la instalación durante el desarrollo de las diferentes actividades.

8.4 Alimentación eléctrica

La alimentación eléctrica constituye el punto de partida de toda instalación eléctrica, ya que es el medio por el cual la energía es suministrada desde la fuente principal hasta los diferentes circuitos que alimentan las cargas eléctricas. Un diseño adecuado de la alimentación garantiza un suministro seguro, continuo y confiable, además de facilitar la protección y el mantenimiento de la instalación [6].

8.5 Conductores eléctricos

8.5.1 Concepto

Los conductores eléctricos son los elementos encargados de transportar la energía eléctrica desde la fuente de alimentación hasta las diferentes cargas conectadas en una instalación. Su selección debe realizarse considerando factores que puedan alterar ya sea la corriente y/o voltaje que circulará por el conductor, la longitud del recorrido, la caída de tensión permitida y las condiciones de instalación, con el fin de garantizar una buena protección y eficiencia. [6].

En este proyecto se utilizaron conductores de cobre con aislamiento adecuado para instalaciones eléctricas, seleccionados de acuerdo con la potencia total del sistema de iluminación y la distancia entre el tablero principal y el tablero de distribución del coliseo.

8.5.2 Importancia de una adecuada selección del conductor

Las protecciones eléctricas son dispositivos encargados de interrumpir el suministro de energía cuando se presenta una condición anormal en la instalación, como una sobrecarga o un cortocircuito. Su función principal es proteger a las personas, los conductores y los equipos eléctricos, evitando cualquier tipo de daño y reduciendo el riesgo de accidentes

Seleccionar correctamente el conductor eléctrico permite garantizar un funcionamiento seguro de la instalación, reducir pérdidas de energía y evitar sobrecalentamientos que puedan afectar tanto a los equipos como a las personas.

Además, un conductor correctamente dimensionado facilita futuras ampliaciones del sistema y disminuye la necesidad de realizar reemplazos prematuros por deterioro del aislamiento o exceso de temperatura. Por esta razón, la selección del calibre constituye una parte muy importante cuando se diseña una instalación eléctrica [6]

En una instalación eléctrica, la selección adecuada de las protecciones debe realizarse considerando la corriente de operación de cada circuito, la capacidad de los conductores y las características de las cargas conectadas.

8.5.3 Interruptores termomagnéticos (Breakers)

Los interruptores termomagnéticos, conocidos comúnmente como breakers, son dispositivos de protección que desconectan automáticamente el circuito cuando detectan una sobrecarga o un cortocircuito.

Su funcionamiento se basa en dos mecanismos de protección:

- Protección térmica, que actúa cuando circula una corriente superior a la nominal durante un tiempo determinado.
- Protección magnética, que actúa de forma inmediata cuando se produce un cortocircuito.

Gracias a estas características, los breakers constituyen uno de los principales elementos de seguridad dentro de una instalación eléctrica, ya que permiten aislar rápidamente el circuito afectado, evitando daños en los conductores, equipos y reduciendo el riesgo de incendios de origen eléctrico [7].

Por eso es importante el dimensionamiento de los mismo ya que con ello se tiene una mejor protección y se evita posibles problemas futuros principal mente se recomienda tener una protección mino mayor al 20% del valor real en la medida de lo posible.

Muchos subestiman el daño que puede causar no solo a los equipos eléctricos sino también a la propia estructura y personal que este cerca durante una falla eléctrica por eso mismo es importante siempre mantener una siempre una protección ideal y en buena condición.

8.5.4 Importancia de las protecciones eléctricas

Las protecciones eléctricas son elementos fundamentales dentro de una instalación, ya que permiten interrumpir automáticamente el suministro de energía cuando se presentan sobrecargas o cortocircuitos, evitando daños en los conductores, los equipos eléctricos y reduciendo el riesgo de accidentes.

Según López Fuentes y Viteri Morales, la correcta selección y aplicación de fusibles e interruptores termomagnéticos constituye una parte esencial de la seguridad eléctrica, debido a que estos dispositivos protegen tanto la vida de las personas como la integridad de las instalaciones y de los equipos eléctricos [6].

8.6 Sistema de puesta a tierra

8.6.1 Concepto de la puesta tierra

El sistema de puesta a tierra es un conjunto de elementos conductores que permiten conducir hacia el terreno las corrientes producidas por fallas eléctricas o descargas, protegiendo a las personas, los equipos eléctricos y la instalación. Su principal función es reducir el riesgo de choques eléctricos y proporcionar una trayectoria segura para la disipación de las corrientes de falla.

En toda instalación eléctrica, la puesta a tierra constituye el principal elemento de protección en caso de descargas, ya que da una ruta de escape a la carga y disminuye la posibilidad de daños ocasionados por fallas eléctricas.

8.6.2 Componentes del sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra implementado en el coliseo del bloque B estuvo conformado por los siguientes elementos:

- Varilla de cobre de 1,60 m de longitud.
- Conductor de puesta a tierra.
- Conectores de unión.
- Terreno tratado para mejorar la conductividad eléctrica.

Cada uno de estos componentes fue instalado siguiendo criterios técnicos con el propósito de obtener un sistema de puesta a tierra seguro y confiable.
En la figura 1 se puede ver a la varilla con conector de unión.



Figura 1. Varilla de cobre de 1,6 m de longitud para la puesta tierra.
Fuente: Elaboración propia.

8.6.3 Importancia de la puesta a tierra

La puesta a tierra constituye una de las principales medidas de protección en una instalación eléctrica, ya que permite limitar las tensiones peligrosas y facilita la actuación de los dispositivos de protección cuando ocurre una falla.

Según la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), un sistema de puesta a tierra correctamente diseñado protege a las personas frente a contactos indirectos, contribuye al funcionamiento adecuado de las protecciones eléctricas y mejora la seguridad general de la instalación [8].

En el presente proyecto, la implementación del sistema de puesta a tierra permitió incrementar la seguridad de la instalación eléctrica del coliseo del Bloque B, proporcionando una trayectoria segura para la circulación de corrientes de falla y contribuyendo al correcto funcionamiento de los dispositivos de protección.

8.7 Iluminación

8.7.1 Concepto de iluminación

La iluminación es uno de los factores más importantes dentro de una edificación, ya que permite desarrollar las diferentes actividades de forma segura, cómoda y eficiente. Un sistema de iluminación correctamente diseñado mejora la visibilidad, disminuye la fatiga visual y proporciona mayor confort a los usuarios durante el desarrollo de sus actividades [1].

En espacios de uso multifuncional, como el Coliseo del Bloque B, es necesario que la iluminación se distribuya de manera uniforme para garantizar condiciones adecuadas de visibilidad durante la realización de actividades académicas, culturales, institucionales y recreativas.

8.8 Luminarias

8.8.1 Concepto de iluminación

La iluminación comprende la aplicación y distribución de la luz en un determinado espacio con el propósito de permitir una adecuada percepción visual y facilitar el desarrollo de las actividades de los usuarios. Un sistema de iluminación no consiste únicamente en proporcionar luz, sino en controlar su cantidad, distribución y características para obtener condiciones apropiadas de visibilidad, seguridad y confort.

Las luminarias son dispositivos diseñados para distribuir y dirigir la luz producida por una fuente luminosa, permitiendo obtener niveles adecuados de iluminación según las necesidades de cada espacio. Actualmente, la tecnología LED es una de las más utilizadas debido a su alta eficiencia energética, larga vida útil y bajo consumo de electricidad [9].

8.8.2 Flujo luminoso

El flujo luminoso o potencia lumínica es la representación de luz emitida por una fuente luminosa considerando la sensibilidad del punto de vista humano a las diferentes longitudes de onda. A diferencia del flujo radiante, esta magnitud pondera la radiación de acuerdo con la respuesta visual humana, por lo que permite representar la cantidad de luz perceptible producida a su origen. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen(lm)

8.8.3 Intensidad luminosa

La intensidad luminosa indica qué tan fuerte se dirige la luz hacia una zona o dirección concreta. Este valor no representa toda la luz producida por una fuente, sino solamente la parte que se proyecta hacia un punto determinado. Se representa con la letra I y se mide en candelas (cd).

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

Formula 1. Intensidad luminosa.

$$I = intensidad\ luminosa\ (cd)$$
$$\Phi = flujo\ luminoso\ (lm)$$
$$\omega = ángulo\ sólido\ (sr)$$

8.8.4 Iluminancia

La iluminancia representa la cantidad de flujo luminoso que se indica sobre una determinada superficie. Su símbolo es E y se representa en lux (lx), donde un lux equivale a un lumen sobre un metro cuadrado.

$$\mathrm{E} = \frac{S}{\Phi}$$

Formula 2. Iluminancia

8.8.5 Temperatura de color correlacionada (CCT)

La temperatura de color correlacionada (CCT) es una característica de una fuente de luz blanca que permite describir su apariencia cromática y se expresa en kelvin (K). Los valores bajos se relacionan con una apariencia de luz más cálida, mientras que los valores elevados corresponden a una apariencia visual más fría o azulada. Este parámetro constituye una característica importante en el diseño de iluminación debido a su influencia sobre la percepción del ambiente y el confort visual.

8.8.6 Factor de mantenimiento (fm)

El factor de mantenimiento (fm) permite considerar la disminución del desempeño luminoso de una instalación durante su tiempo de funcionamiento. Esta reducción puede producirse debido al envejecimiento de las fuentes luminosas, acumulación de polvo y suciedad sobre las luminarias y disminución de las propiedades reflectantes de algunos factores que son parte del sistema. Por esta razón, el factor de mantenimiento se expresa mediante un valor menor o igual a la unidad y permite considerar estas pérdidas dentro del diseño luminotécnico.

8.8.7 Coeficiente de utilización (CU)

El coeficiente de utilización (CU) representa la relación entre el flujo luminoso útil que alcanza el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las luminarias. Este valor permite considerar que no todo el flujo producido por una luminaria alcanza directamente la superficie que se desea iluminar, debido a factores relacionados con la distribución de la luz, las dimensiones del recinto y la reflexión producida por el techo, las paredes y el piso.

$$\mathrm{CU} = \frac{\Phi \mathrm{L}}{\Phi \mathrm{U}}$$

Formula 3. Coeficiente de utilización.

$$\Phi U = flujo\ luminoso\ útil$$
$$\Phi L = flujo\ luminoso\ emitido\ por\ la\ luminaria$$

8.8.8 Altura de montaje de las luminarias

Este valor de las luminarias constituye un parámetro importante en el diseño de iluminación, debido a que influye directamente sobre la distribución de la luz y el área cubierta por cada fuente. Para su análisis se consideran la altura total del recinto, la altura del plano de trabajo y la distancia existente entre dicho plano y la luminaria.

$$h = \frac{5}{4}(HT - hs)$$

Formula 4. Altura útil entre el plano de trabajo y la luminaria.

$$HT = altura\ total\ del\ local$$
$$hs = altura\ del\ plano\ de\ trabajo$$
$$h = altura\ útil\ entre\ el\ plano\ de\ trabajo\ y\ la\ luminaria$$

8.8.9 Ventajas de la iluminación implementada

La utilización de reflectores LED junto con las lámparas tipo campana permitió mejorar las condiciones de iluminación del coliseo, aprovechando además los equipos disponibles proporcionados por la universidad.

Entre las principales ventajas del sistema implementado se destacan:

- Mejor distribución de la iluminación.
- Mayor eficiencia energética.
- Reducción del consumo eléctrico.
- Mayor vida útil de los reflectores LED.
- Menores costos de mantenimiento.
- Aprovechamiento de las lámparas tipo campana existentes para optimizando los recursos disponibles.

8.8.10 Importancia del uso de luminarias eficientes

El uso de luminarias eficientes contribuye a disminuir el consumo de energía eléctrica y mejorar la calidad de la iluminación en los espacios destinados al desarrollo de diferentes actividades. De acuerdo con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), la incorporación de sistemas de iluminación eficientes esto permite tener una reducción en el consumo y el desempeño de las instalaciones de iluminación [9].

8.9 Seguridad durante la instalación

8.9.1 Seguridad en los trabajos de instalación

Durante la implementación del sistema de iluminación fue necesario realizar actividades de instalación de luminarias, tendido de conductores eléctricos, montaje de canalizaciones y conexión de equipos eléctricos. Debido a que varias de estas labores se desarrollaron a una altura considerable, fue indispensable aplicar medidas de seguridad para reducir los riesgos durante la ejecución de los trabajos [10].

El correcto cumplimiento de las normas contribuye a proteger la integridad física del personal y a disminuir la probabilidad de accidentes durante las labores de instalación y mantenimiento.

8.9.2 Grados de protección de las luminarias

El grado de protección IP (Ingress Protection) es un sistema de clasificación utilizado para indicar rango de protección de la luminaria frente a elementos externos. La norma IEC 60529 establece la clasificación de los grados de protección proporcionados por las envolventes de equipos eléctricos mediante el código IP [11].

La selección del grado de protección constituye un aspecto importante en las luminarias, debido a que permite identificar su capacidad para operar frente a la presencia de partículas, polvo y humedad. Un mayor grado de protección permite utilizar el equipo en condiciones ambientales más exigentes, siempre que las características indicadas por el fabricante sean compatibles con el lugar de instalación.

El código IP está formado por dos cifras. La primera está relacionada con los nivele de protección proporcionada por la envolvente frente al acceso y penetración de cuerpos sólidos, mientras que la segunda se relaciona con la protección frente al ingreso de agua. Por esta razón, hay diferencia en los grados IP.

8.9.3 Trabajos en altura

Los trabajos en altura corresponden a todas aquellas actividades que se realizan en niveles elevados y que pueden representar riesgo de caída para el trabajador.

La colocación de las luminarias se realizó con ayuda de los andamio, lo que permitió alcanzar de forma segura las partes altas del coliseo donde debían instalarse cada una de las luminarias así evitando el riesgo de colgarse.

Durante estas actividades se procuró mantener condiciones seguras de trabajo, verificando la estabilidad del andamio y utilizando los equipos de protección personal necesarios evitar cualquier posible riesgo asociados a este tipo de labores [10].

8.9.4 Equipos de protección personal

Durante la elaboración del proyecto se emplearon equipos de protección personal (EPP) con el propósito de reducir los riesgos presentes durante la instalación eléctrica.

Entre los principales equipos utilizados se encuentran:

Casco de seguridad.
Guantes de protección.
Botas de seguridad.
Ropa de trabajo.
Andamio para el acceso a las luminarias.

El uso de estos elementos permitió desarrollar las actividades de manera más segura y proteger al personal frente a posibles accidentes como se muestra en la figura 2 el ascenso con el equipo.

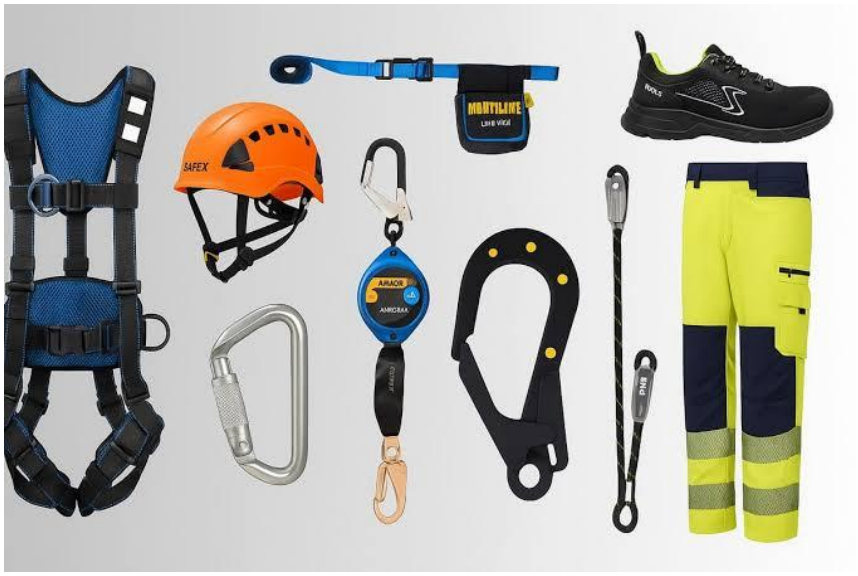


Figura 2. EPP para trabajo en alturas.
Fuente: Elaboración propia.

8.9.5 Seguridad en instalaciones eléctricas

Antes de realizar cualquier conexión eléctrica se verificó el estado de los conductores, dispositivos de protección y herramientas utilizadas durante la instalación. Asimismo, se procuró efectuar las conexiones con el circuito des energizado para disminuir el riesgo de accidentes eléctricos.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), la planificación de los trabajos eléctricos y la utilización de equipos de protección adecuados constituyen medidas fundamentales para prevenir accidentes y garantizar condiciones seguras durante la ejecución de las actividades [12].

La aplicación de estas medidas permitió desarrollar la instalación del sistema eléctrico del Coliseo del Bloque B bajo condiciones de mayor seguridad para los responsables de la ejecución del proyecto.

9 METODOLOGÍA, DISEÑO EXPERIMENTAL E IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA

9.1 Tipo de investigación

Para desarrollar este proyecto se utilizó un tipo de investigación aplicada, ya que estuvo orientado a resolver una necesidad existente en el coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Para ello se diseñó e implementó un nuevo sistema de alimentación eléctrica y de iluminación que permitiera mejorar las condiciones de funcionamiento del espacio.

La investigación aplicada se caracteriza por utilizar los conocimientos científicos y técnicos para dar solución a problemas reales mediante el desarrollo de propuestas que puedan ser implementadas. En este proyecto se realizaron actividades como el levantamiento de información del coliseo, el diseño de planos eléctricos, la simulación luminotécnica con DIALux evo, el dimensionamiento de conductores y dispositivos de protección, así como la implementación del sistema eléctrico y de puesta a tierra.

El desarrollo del proyecto permitió obtener una solución funcional que mejoró las condiciones de iluminación, incrementó la seguridad de la instalación eléctrica y proporcionó una alimentación independiente para el coliseo, facilitando el desarrollo de actividades académicas, culturales e institucionales.

De acuerdo con F. G. Arias, la investigación aplicada tiene como finalidad resolver problemas específicos mediante la utilización de conocimientos científicos y técnicos, generando soluciones prácticas para una determinada realidad [13].

9.2 Enfoque de la investigación

Este proyecto se desarrolló bajo un enfoque mixto, ya que durante su ejecución se emplearon procedimientos tanto cuantitativos como cualitativos para cumplir con los objetivos planteados en el mismo.

El enfoque cuantitativo estuvo presente en las mediciones realizadas en el Coliseo del Bloque B, el cálculo de la demanda eléctrica, el aproximado de conductores, la selección de dispositivos de protección, las mediciones de la resistencia del sistema de puesta a tierra y el análisis de los resultados que nos entrega la simulación luminotécnica en DIALux evo.

Por otra parte, el enfoque cualitativo se aplicó mediante la observación directa de las condiciones de la infraestructura eléctrica existente, la identificación de las necesidades del coliseo y la evaluación de los aspectos relacionados con la seguridad, la funcionalidad y la distribución de la iluminación.

La integración de ambos enfoques permitió desarrollar una propuesta técnica basada tanto en los resultados obtenidos mediante cálculos y mediciones como en las condiciones reales observadas durante la ejecución del proyecto.

9.3 Modalidad de la investigación

9.3.1 Investigación de campo

En la parte de investigación de campo se desarrolló directamente en el coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, donde se realizó el levantamiento de información necesaria para el desarrollo del proyecto. Durante esta etapa se efectuaron mediciones de las dimensiones del coliseo, se inspeccionó la instalación eléctrica existente y se identificaron las necesidades relacionadas con la alimentación eléctrica, el sistema de iluminación y la puesta a tierra.

Asimismo, se realizaron las mediciones de la resistencia del sistema de puesta a tierra antes y después del tratamiento aplicado al terreno, permitiendo verificar la mejora obtenida y comprobar el correcto funcionamiento de la instalación implementada.

9.3.2 Investigación documental

La investigación documental consistió en la revisión y análisis de normas técnicas, manuales de fabricantes, libros y documentos especializados relacionados con instalaciones eléctricas, iluminación, sistemas de puesta a tierra y dispositivos de protección. Esta información sirvió de apoyo para el desarrollo de los cálculos eléctricos, la elaboración de los planos en AutoCAD y la simulación luminotécnica mediante DIALux evo.

Según Baena Paz, la investigación documental consiste en la recopilación, organización y análisis de información proveniente de diversas fuentes bibliográficas, con el propósito de fundamentar teóricamente una investigación y respaldar el desarrollo de un proyecto [14].

9.4 Métodos de investigación

Para el desarrollo del presente proyecto se emplearon diferentes métodos de investigación que permitieron obtener la información necesaria y desarrollar una propuesta técnica acorde con las necesidades del coliseo.

9.4.1 Método descriptivo

El método descriptivo permitió identificar y describir las condiciones de la instalación eléctrica existente en el coliseo, así como las características del sistema de iluminación, la infraestructura disponible y las necesidades de alimentación eléctrica. La información obtenida sirvió como base para plantear la propuesta de implementación del nuevo sistema eléctrico.

9.4.2 Método analítico

El método analítico se utilizó para estudiar los diferentes tipos de materiales, como la alimentación eléctrica, los conductores, las protecciones, el sistema de puesta a tierra y la distribución de las luminarias. Este análisis permitió seleccionar los componentes más adecuados y verificar que cumplieran con los requerimientos técnicos del proyecto.

9.4.3 Método deductivo

El método deductivo permitió aplicar conocimientos generales sobre instalaciones eléctricas e iluminación para resolver las necesidades específicas del Coliseo del Bloque B. A partir de normas técnicas, manuales y criterios de diseño se realizaron los cálculos, la simulación luminotécnica y la implementación del sistema eléctrico propuesto.

De acuerdo con Baena Paz, los métodos de investigación constituyen procedimientos que orientan el desarrollo de un estudio y permiten obtener información confiable para cumplir los objetivos planteados [14].

9.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de información.

9.5.1 Técnicas de recolección de información

Para el desarrollo del proyecto se emplearon diversas técnicas que permitieron obtener la información para para así realizar el diseño e implementación del sistema de alimentación eléctrica y de iluminación del coliseo.

La observación directa permitió identificar el estado de la infraestructura eléctrica existente, las condiciones del coliseo y las necesidades relacionadas con el sistema de iluminación. Asimismo, se realizó el levantamiento de información en campo, mediante la medición de las dimensiones del coliseo y la inspección de los puntos donde se instalaron los diferentes componentes del sistema eléctrico.

Además, se efectuaron mediciones eléctricas, principalmente en el sistema de puesta a tierra, con el propósito de verificar la resistencia obtenida antes y después del tratamiento aplicado al terreno. Finalmente, se empleó la simulación para poder apreciar el funcionamiento de la iluminación antes de aplicarla.

9.5.2 Instrumentos utilizados

Para la ejecución del proyecto fue necesario utilizar diferentes instrumentos de medición, herramientas y programas informáticos, los cuales permitieron realizar el levantamiento de

información, los cálculos técnicos, la elaboración de planos y la simulación del sistema de iluminación.

Tabla 2. Técnicas e instrumentos utilizados durante el desarrollo del proyecto.

Técnica	Instrumento utilizado	Finalidad
Observación directa	Inspección visual	Identificar el estado del coliseo y de la instalación eléctrica existente.
Levantamiento de información	Flexómetro	Medir las dimensiones del coliseo para el diseño eléctrico y luminotécnico.
Medición eléctrica	Telurómetro	Determinar la resistencia del sistema de puesta a tierra.
Medición eléctrica	Multímetro	Verificar parámetros eléctricos durante la instalación.
Elaboración de planos	AutoCAD	Diseñar los planos eléctricos del proyecto.
Simulación luminotécnica	DIALux evo	Simular la distribución de la iluminación y verificar los niveles de iluminancia.

9.6 Dimensionamiento y cálculos del sistema eléctrico y de iluminación

9.6.1 Levantamiento dimensional y cálculo del área del coliseo

Para iniciar el dimensionamiento del sistema de iluminación se realizó el levantamiento de las dimensiones físicas del Coliseo del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. El espacio presenta una geometría rectangular, con un largo de 37 m, un ancho de 23 m y una altura aproximada de 12 m.

La determinación del área constituye un parámetro necesario para los cálculos luminotécnicos posteriores, debido a que la iluminancia relaciona el flujo luminoso incidente con el área de la

superficie sobre la cual se distribuye la luz. La Illuminating Engineering Society (IES) define la iluminancia como la densidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie, expresada mediante la relación entre flujo luminoso y área [15].
Para determinar el área del coliseo se empleó la ecuación:

$$A = L * W$$

Formula 5. Cálculo del área del coliseo

Donde:

A = área del coliseo (m^2)
L = longitud del coliseo (m)
W = ancho del coliseo (m)

Sustituyendo los valores obtenidos durante el levantamiento:

$$A = 37m * 23m$$

Por lo tanto, el área total considerada para el diseño y distribución del sistema de iluminación es de:

$$A = 851m^2$$

Este valor será utilizado posteriormente para determinar el flujo luminoso requerido y efectuar el cálculo de la cantidad luminarias necesarias mediante el método de los lúmenes, el cual relaciona las características del recinto, el número y tipo de luminarias y la iluminancia media requerida sobre el plano considerado.

9.6.2 Nivel de iluminación adoptado para el proyecto

De acuerdo con la norma ISO/CIE 8995-1, los espacios destinados a actividades de uso general deben disponer de niveles de iluminación acordes con las tareas que se realizan en ellos [1].

Considerando que el Coliseo del Bloque B es utilizado para conferencias, actos institucionales, reuniones, presentaciones culturales y otras actividades universitarias, en este proyecto se adoptó un criterio de diseño de 100 lx como nivel de iluminación de referencia para garantizar condiciones adecuadas de visibilidad.

9.6.3 Cálculo luminotécnico mediante el método de los lúmenes

9.6.3.1 Cálculo del flujo luminoso requerido

Una vez determinada el área del coliseo y establecido el nivel de iluminación de 100 lx, se procedió a calcular el flujo luminoso útil requerido para cubrir la superficie considerada.

La iluminancia indica la cantidad de flujo luminoso que llega a una determinada superficie. Por esta razón, para conocer el flujo luminoso necesario se utiliza la relación entre la iluminancia requerida y el área que se desea iluminar [15].

La expresión utilizada es:

$$\Phi = E * A$$

Formula 6. Cálculo del flujo luminoso requerido.

Donde:

Φ = flujo luminoso requerido (lm).
E = iluminancia requerida (lx).
A = área del coliseo (m

Para el presente proyecto se adoptó una iluminancia de 100 lx, de acuerdo con el criterio de diseño establecido para el Coliseo del Bloque B.

Por lo tanto, sustituyendo los valores:

$$\Phi = 100lx * 851m^2$$

Por consiguiente, el flujo luminoso útil requerido para proporcionar una iluminancia de 100 lx sobre el área de 851 m² es:

$$\Phi = 85100\ lm$$

9.6.4 Determinación de la altura útil de las luminarias

Para complementar el dimensionamiento del sistema de lumínico se consideró la relación existente entre la altura del local, la zona a iluminar y la ubicación de las luminarias. El alto del montaje constituye un parámetro importante debido a que influye en la cobertura y separación que puede existir entre los diferentes puntos de iluminación.

Para instalaciones con iluminación directa, semidirecta y difusa, el material de diseño luminotécnico establece como referencia una altura óptima equivalente a cuatro quintas partes de la distancia comprendida entre la altura total del local y el plano de trabajo [16].

Para el Coliseo del Bloque B se consideró una altura total aproximada de 12 m, de acuerdo con el criterio presentado para el cálculo de alturas en instalaciones de iluminación.

$$h = \frac{4}{5}(HT - hs)$$

Fórmula 7. Cálculo de la altura útil de referencia para las luminarias.

Donde:

$$h = altura\ entre\ el\ plano\ de\ trabajo\ y\ las\ luminarias\ (m)$$
$$HT = altura\ total\ del\ local\ (m)$$
$$hs = altura\ del\ plano\ de\ trabajo\ respecto\ al\ suelo\ (m)$$

$$HT = 12\ m$$
$$hs = 0\ m$$

$$h = \frac{4}{5}(12)$$

$$h = 9{,}6\ m$$

De acuerdo con el criterio de cálculo utilizado, la altura útil de referencia obtenida entre el plano de trabajo y las luminarias es de aproximadamente 7,2 m.

$$d = HT - h$$

Fórmula 8. Cálculo de la distancia entre el plano de luminarias y el techo.

Entonces:

$$d = 12 - 9{,}6 = 2{,}4\ m$$

9.6.5 Cálculo de distribución y separación de luminarias

Una vez determinada la cantidad de luminarias que forman parte del sistema, se procedió a establecer su distribución dentro del Coliseo del Bloque B. Para obtener una iluminación más uniforme, las 12 luminarias se distribuyeron en una retícula formada por 4 columnas y 3 filas, permitiendo cubrir de manera ordenada los 851 m² del coliseo.

La separación se determinó considerando las dimensiones del coliseo de 37 m de largo y 23 m de ancho, procurando mantener distancias regulares entre los puntos de iluminación.

Para calcular la separación aproximada entre los centros de las luminarias se utilizó:

$$D_L = \frac{L}{N_L}$$

Formula 9. Cálculo de la separación longitudinal entre luminarias.

Donde:

$$D_L = \ distancia\ entre\ luminarias\ en\ el\ sentido\ longitudinal.$$
$$L = longitud\ del\ coliseo.$$
$$N_L = \ número\ de\ columnas\ de\ luminarias.$$

$$D_L = \frac{37m}{4}$$

$$D_L = 9{,}25m$$

Por lo tanto, la separación aproximada entre columnas de luminarias es de 9,25 m.

Para obtener una distribución centrada, la distancia entre la pared y la primera columna corresponde aproximadamente a la mitad de la separación entre luminarias, tomando en cuenta que como tal no existe una pared física si se toma como referencia las mismas columnas:

$$D_{PL} = \frac{L}{2N_L}$$

Formula 10. Cálculo de la distancia desde la pared hasta la primera columna de luminarias.

$$D_{PL} = \frac{37m}{2(4)}$$

$$D_{PL} \approx 4{,}63m$$

Cálculo de la separación en el ancho.

$$W = 23m$$

$$N_A = 3$$

$$D_A = \frac{W}{N_A}$$

$$D_A = \frac{23m}{3}$$

$$D_A \approx 7{,}67m$$

Por lo tanto, la separación aproximada entre las filas de luminarias es de 7,67 m.

Distancia desde la pared hasta la primera fila.

$$D_{PA} = \frac{W}{2N_A}$$

Formula 11. Cálculo de la separación transversal entre luminarias.

$$D_{PA} = \frac{23m}{2(3)}$$

$$D_{PA} \approx 3{,}83m$$

9.6.6 Determinación del índice del local k

El material de Diseño Lumínico establece que primero debe determinarse el valor k, posteriormente, considerar los factores de reflexión para obtener el coeficiente de utilización.

$$\mathrm{k} = \frac{\mathrm{a} \cdot \mathrm{b}}{\mathrm{h}(\mathrm{a} + \mathrm{b})}$$

Formula 12. Índice del local.

$$k = índice\ del\ local$$

$$b = ancho\ del\ local\ (m)$$

$$h = altura\ útil\ entre\ el\ plano\ de\ trabajo\ y\ las\ luminarias\ (m)$$

$$a = longitud\ del\ local\ (m)$$

$$a = 37\ m$$

$$b = 23\ m$$

$$h = 6{,}52\ m$$

$$\mathrm{k} = \frac{(37)(23)}{6{,}52(37 + 23)}$$

$$k = 2{,}18$$

De acuerdo con las dimensiones del Coliseo del Bloque B y la altura útil de referencia calculada, se obtuvo un índice del local de k=2,18. Este valor será utilizado posteriormente para determinar el coeficiente de utilización CU, considerando además los factores de reflexión correspondientes a las superficies del recinto.

9.6.7 Selección del factor de mantenimiento fm

El factor de mantenimiento permite considerar la disminución del rendimiento luminoso de una instalación a lo largo de su funcionamiento, debido al envejecimiento de las fuentes de luz, la acumulación de polvo y suciedad y las condiciones propias del ambiente. Un adecuado mantenimiento de las luminarias es necesario para conservar los niveles de iluminación requeridos y garantizar condiciones apropiadas de visibilidad [16].

Debido a las características del Coliseo del Bloque B, donde pueden presentarse condiciones normales de acumulación de polvo y suciedad propias de un espacio amplio destinado a diferentes actividades, se adoptó un factor de mantenimiento intermedio de fm=0,60.

9.6.8 Determinación del coeficiente de utilización CU

El coeficiente de utilización CU representa la relación entre el flujo luminoso que ilumina la zona requerida y el flujo luminoso total emitido por las luminarias. Para su determinación se consideran el índice del local, el tipo de distribución luminosa y los factores de reflexión de las superficies interiores.

Para determinar los factores de reflexión se consideró el color predominante de las superficies interiores. El techo y las paredes presentan una tonalidad gris clara. De acuerdo con los valores de referencia para diferentes colores y materiales, una superficie de color gris claro presenta un factor de reflexión comprendido entre 0,40 y 0,50 como sebe en la figura 3. [17].

Color	Factor de reflexión	Material	Factor de reflexión
Blanco	0,70 - 0,85	Mortero claro	0,35 - 0,55
Techo acústico	0,50 - 0,65	Mortero oscuro	0,20 - 0,30
blanco, según		Hormigón claro	0,30 - 0,50
orificios		Hormigón oscuro	0,15 - 0,25
Gris claro	0,40 - 0,50	Arenisca clara	0,30 - 0,40
Gris oscuro	0,10 - 0,20	Arenisca oscura	0,15 - 0,25
Negro	0,03 - 0,07	Ladrillo claro	0,30 - 0,40
Crema, amarillo	0,50 - 0,75	Ladrillo oscuro	0,15 - 0,25
claro		Mármol blanco	0,60 - 0,70
Marrón claro	0,30 - 0,40	Granito	0,15 - 0,25
Marrón oscuro	0,10 - 0,20	Madera clara	0,30 - 0,50
Rosa	0,45 - 0,55	Madera oscura	0,10 - 0,25
Rojo claro	0,30 - 0,50	Espejo de vidrio plateado	0,80 - 0,90
Rojo oscuro	0,10 - 0,20	Aluminio mate	0,55 - 0,60
Verde claro	0,45 - 0,65	Aluminio anodizado y abrillantado	0,80 - 0,85
Verde oscuro	0,10 - 0,20	Acero pulido	0,55 - 0,65
Azul claro	0,40 - 0,55	Cobre	0,48 - 0,50
Azul oscuro	0,05 - 0,15	Cromo pulido	0,60 - 0,70
		Cromo mate	0,52 - 0,55
		Madera clara de abedul y arce	0,55 - 0,65
		Madera de roble, laqueada clara	0,40 - 0,50
		Madera de roble, laqueada oscura	0,15 - 0,40
		Madera de caoba o nogal	0,15 - 0,40

Figura 3. Factores de reflexión de colores y materiales.

Fuente: Adaptado de “Factores de Reflexión”, Scribd [17].

Como se observa en la Figura 3, para superficies de color gris claro se establece un intervalo de reflexión entre 0,40-0,50

Para el presente cálculo se adoptó el valor superior del intervalo, debido a que las superficies presentan una tonalidad gris clara y se requiere relacionar este valor con los porcentajes disponibles en la tabla de coeficientes de utilización. Por lo tanto, se consideró 0.50

Para seleccionar el coeficiente de utilización se tomó como referencia el documento denominado Tablas de Factor de Utilización de Luminarias, en el cual se presentan diferentes configuraciones de luminarias industriales, fluorescentes, difusas, directas e indirectas [28]. Entre las alternativas disponibles se encuentran tres configuraciones clasificadas como luminarias industriales suspendidas.

Considerando que las luminarias empleadas en el coliseo del corresponden a un reflector led de 200 W y una luminaria tipo campana de 400 W, ambas destinadas a dirigir el flujo luminoso hacia la superficie inferior, se adoptó como referencia la Luminaria 2 – Industrial suspendida. Esta configuración se utilizó como una aproximación común para determinar el coeficiente de utilización de los dos tipos de luminarias, permitiendo aplicar el mismo criterio de cálculo en función del índice del local y de las condiciones de reflexión existentes como se ve en la figura 28.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8			0.7			0.5			0.3		0
		Factor de reflexión de las paredes											
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.66	.62	.60	.66	.62	.60	.65	.62	.59	.62	.59	.58
	0.8	.75	.71	.68	.75	.71	.68	.74	.71	.68	.70	.68	.67
	1.0	.80	.76	.73	.80	.76	.73	.79	.76	.73	.76	.73	.72
	1.25	.85	.81	.80	.85	.81	.80	.84	.81	.78	.80	.78	.77
	1.5	.88	.86	.82	.88	.85	.82	.88	.84	.82	.84	.82	.81
	2.0	.94	.90	.88	.93	.90	.88	.92	.89	.87	.88	.87	.85
	2.5	.96	.93	.92	.96	.93	.91	.94	.92	.90	.91	.89	.88
	3.0	.99	.95	.94	.98	.95	.93	.96	.94	.92	.93	.91	.89
$D_{max} = 0.7\ H_m$	4.0	1.01	.99	.96	1.00	.98	.96	.98	.97	.95	.95	.94	.92
r_m .70 .75 .80	5.0	1.02	1.01	.99	1.01	1.00	.98	1.00	.98	.97	.97	.96	.94

Figura 4. Factor de utilización para luminaria industrial suspendida tipo 2.

Fuente: Adaptado de Linares, “Tablas de Factor de Utilización de Luminarias” [28].

Para saber cuál es el coeficiente de utilización se empleó la tabla correspondiente a la Luminaria 2 – Industrial suspendida [28]. Para su lectura se consideró un índice del local de k=2,4, una reflectancia de la cubierta del 50 % y, debido a la condición abierta del coliseo, una reflectancia lateral del 10 % como valor mínimo de referencia disponible en la tabla.

Considerando que los dos tipos de luminarias empleados en el coliseo dirigen principalmente su flujo luminoso hacia la superficie inferior, se adoptó la Luminaria 2 como configuración de referencia común para el cálculo manual. Esta selección constituye una aproximación metodológica y no implica que la tabla corresponda específicamente a los modelos comerciales instalados.

Debido a que el índice del local obtenido, k=2,4, no aparece de manera exacta en la tabla de factor de utilización, se aplicó una interpolación lineal entre los valores tabulados inmediatamente inferior y superior. La Universidad Politécnica de Catalunya establece que, cuando el factor de utilización no puede obtenerse mediante lectura directa de la tabla, es necesario recurrir a la interpolación [19].

$$\mathrm{CU} = \mathrm{CU1} + \frac{\mathrm{k} - \mathrm{k1}}{\mathrm{k2} - \mathrm{k1}} (\mathrm{CU2} - \mathrm{CU1})$$

Fórmula 13. Interpolación lineal del coeficiente de utilización.

$$CU = coeficiente\ de\ utilización\ interpolado$$
$$CU1 = coeficiente\ correspondiente\ al\ índice\ inferior$$
$$CU2 = coeficiente\ correspondiente\ al\ índice\ superior$$
$$k = índice\ del\ local\ calculado$$
$$k1 = índice\ inferior\ tabulado$$
$$k2 = índice\ superior\ tabulado$$

La interpolación lineal consiste precisamente en estimar un valor situado entre dos datos conocidos aproximando el comportamiento entre ambos mediante una línea recta.

Para nuestro caso:

$$k = 2{,}4$$
$$k1 = 2{,}0$$
$$k2 = 2{,}5$$

De la tabla seleccionada:

$$CU1 = 0{,}87$$
$$CU2 = 0{,}90$$
$$\mathrm{CU} = 0{,}87 + \frac{2.4 - 2.0}{2.5 - 2.0}(0{,}90 - 0{,}87)$$
$$\mathrm{CU} = 0{,}89$$

Este coeficiente se utilizará como valor de referencia tanto para los reflectores led de 200 W como para las luminarias tipo campana de 400 W, debido a que para ambas se adoptó la misma configuración de luminaria industrial suspendida en el cálculo manual.

9.6.9 Determinación del número de luminarias

Para la luminaria tipo campana se tomó como referencia el modelo ASTZ RSP05-400-721 y sus respectivas características fotométricas [20].

El flujo luminoso de cada luminaria tipo campana es:

$$\Phi_c = 17956\ lm$$

Para determinar su aporte útil se consideró:

$$Coeficiente\ de\ utilización\colon CU_C = 0.89$$
$$Factor\ de\ mantenimiento\colon fM_C = 0.60$$
$$Capacidad\ considerada\colon C = 0.50$$

El factor de mantenimiento y de utilización permite considerar la disminución del rendimiento del sistema de iluminación debido al envejecimiento de las fuentes luminosas, la acumulación de suciedad y las condiciones de operación de las luminarias [21].

Para determinar el flujo luminoso útil de cada luminaria se consideraron el coeficiente de utilización y el factor de mantenimiento previamente determinados. El coeficiente de utilización permite

considerar la proporción del flujo luminoso que alcanza la superficie útil, mientras que el factor de mantenimiento considera las pérdidas producidas durante el funcionamiento de la instalación.

La expresión utilizada fue:

$$\Phi_{Cr} = \Phi_C * Cu_C * fM_C * C$$

Formula 14. Cálculo del flujo luminoso útil de la luminaria tipo campana.

$$\Phi_{Cr} = 17956\ lm * 0.89 * 0.60 * 0.50$$
$$\Phi_{Cr} = 4.794{,}25lm$$

Este valor corresponde al aporte útil considerado para una campana.

Como se disponía de seis unidades:

$$\Phi_C = 6 * 4.794{,}25lm$$
$$\Phi_C = 2.8765.5lm$$

Por lo tanto, las seis campanas existentes fueron consideradas con un aporte útil total aproximado de 24 509,94 lm.

El flujo que debía ser cubierto mediante luminarias LED se obtuvo restando el aporte de las campanas al flujo requerido:

$$\Phi_F = \Phi_R - \Phi_C$$

Formula 15. Cálculo del flujo luminoso faltante.

$$\Phi_F = 85100lm - 2.8765.5lm$$
$$\Phi_F = 56.334{,}5lm$$

Cada reflector LED presenta un flujo luminoso de:

$$\Phi_L = 22654lm$$

Considerando:

$$UC_L = 0.89$$
$$fM_L = 0.60$$

el aporte útil de una luminaria LED es:

$$\Phi_{LR} = 22654lm * 0.89 * 0.6$$
$$\Phi_{LR} = 12.097{,}24lm$$

La cantidad de luminarias LED necesarias se determinó mediante:

$$N_L = \frac{\Phi_F}{\Phi_{LR}}$$

Formula 16. Cálculo del número de reflectores LED requeridos.

$$N_L = \frac{56.334{,}5lm}{12.097{,}24lm}$$
$$N_L \approx 4.66 \approx 5$$

Por lo tanto, el cálculo determinó que se requerían como mínimo cinco reflectores LED para complementar las seis luminarias tipo campana existentes y alcanzar el nivel medio de iluminación requerido. Sin embargo, para mantener una distribución más uniforme y simétrica de los puntos de iluminación dentro de los 851 m² del coliseo, se decidió instalar seis reflectores LED, obteniendo finalmente:

$$L_T = 6_C + 6_L$$
$$L_T = 12$$

9.6.10 Plano unifilar

El plano unifilar representa de forma simplificada la instalación eléctrica mediante una sola línea por circuito. En él se muestra el recorrido de la fuente principal del tablero de distribución, y los

dispositivos de protección y las cargas conectadas, facilitando la comprensión del funcionamiento general del sistema eléctrico.

En el presente proyecto, el plano unifilar como se puede observar en la figura 5 permitió graficar el recorrido de la alimentación eléctrica desde el tablero principal hasta el nuevo tablero instalado en el coliseo, así como la distribución de los diferentes circuitos destinados al sistema de iluminación y a los tomacorrientes de 110 V y 220 V.

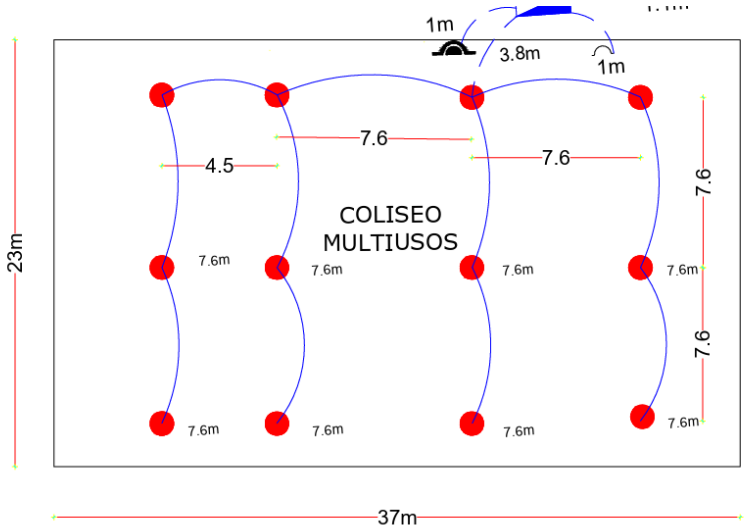


Figura 5. Plano del unifilar del Coliseo del Bloque B.

Fuente: Elaboración propia.

9.6.11 Plano de distribución eléctrica

El plano de distribución eléctrica muestra el recorrido de las canalizaciones, la ubicación de las cajas de paso y la distribución de los diferentes circuitos eléctricos dentro del coliseo. Este plano sirve como guía durante la instalación de los conductores y facilita futuras labores de mantenimiento o ampliación del sistema.

En este proyecto como se observa en la figura 6 se elaboró un plano de distribución que permitió organizar el recorrido de la alimentación eléctrica y definir la ubicación de los elementos que conforman la instalación.

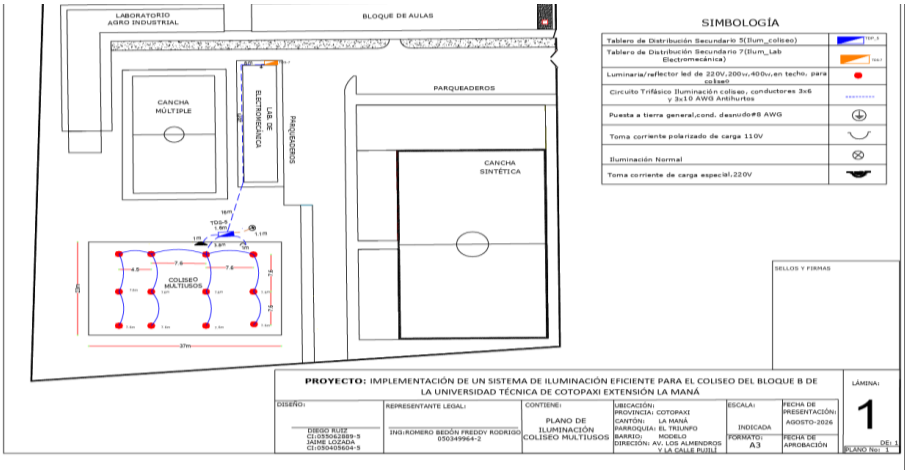


Figura 6. Plano de distribución eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

9.6.12 Plano de iluminación y distribución de tomacorrientes

El plano de iluminación representa la ubicación de las luminarias dentro del coliseo, así como la distribución de los tomacorrientes de 110 V y 220 V que forman parte de la nueva instalación eléctrica. Este plano permite identificar la ubicación de cada elemento, los circuitos que los alimentan y su relación con el diseño eléctrico general del proyecto.

La elaboración de este plano se realizó tomando como base el diseño luminotécnico desarrollado en DIALux evo y la distribución de los circuitos eléctricos definida para el coliseo. De esta manera, se obtuvo una representación gráfica clara de la instalación, facilitando las labores de montaje, inspección y mantenimiento, como se puede observar en la figura 7 además de servir como documento técnico para futuras modificaciones o ampliaciones del sistema.

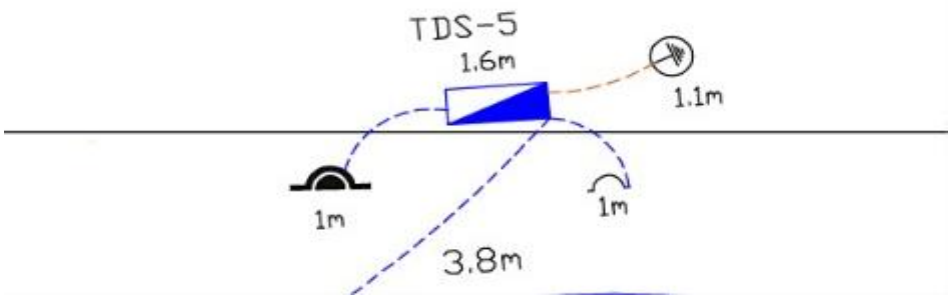


Figura 7. Plano de iluminación y distribución de tomacorrientes del Coliseo del Bloque B.

Fuente: Elaboración propia.

9.6.13 Verificación luminotécnica mediante DIALux evo

Una vez definidas las dimensiones del coliseo y seleccionadas las luminarias LED, se elaboró el modelo tridimensional en DIALux evo. Posteriormente se ubicaron las luminarias de acuerdo con la propuesta de diseño y se configuraron sus características técnicas para simular el comportamiento real del sistema de iluminación. En la Figura 8 se observa el modelo tridimensional del coliseo del bloque B desarrollado en DIALux evo, utilizado como base para representar las condiciones físicas del área analizada.

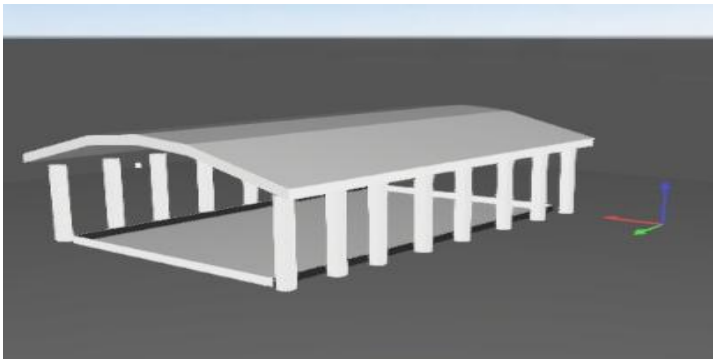


Figura 8. Modelo tridimensional del coliseo del bloque B desarrollado en DIALux evo.
Fuente: Elaboración propia.

La simulación permitió visualizar la distribución de la luz dentro del coliseo y obtener reportes técnicos sobre los niveles de iluminancia y uniformidad. Estos resultados sirvieron como base para verificar que el sistema de iluminación cumpliera con los criterios de diseño establecidos para un espacio multifuncional destinado a actividades académicas, culturales e institucionales. En la Figura 9 se observa la distribución de las luminarias dentro del modelo de simulación, permitiendo identificar su ubicación y disposición en el área del coliseo.

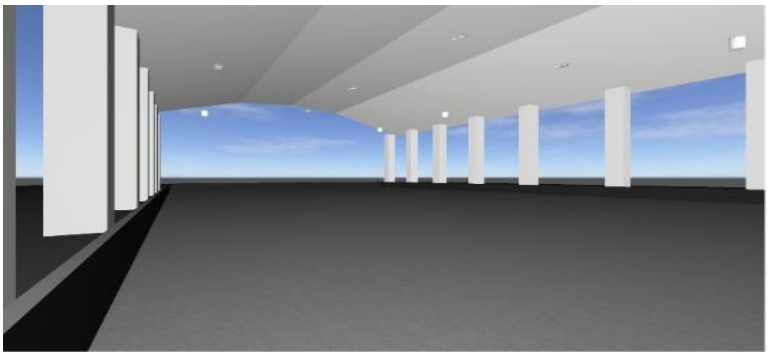


Figura 9. Distribución de las luminarias en el modelo de simulación.

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de la simulación se obtuvo el mapa de iluminancia y el reporte técnico generado por DIALux evo, donde se presentan parámetros como la iluminancia media, la iluminancia mínima, la iluminancia máxima y la uniformidad del sistema de iluminación.

Para complementar la configuración de la simulación se analizaron las curvas fotométricas de los dos tipos de luminarias utilizadas en el proyecto. Estas curvas permiten observar la forma en que se distribuye la intensidad luminosa en diferentes direcciones y constituyen una característica importante para representar el comportamiento de cada luminaria dentro del coliseo.

En la Figura 10 se puede visualizar polar correspondiente al reflector LED utilizado en la simulación. Para este análisis se tomó como referencia el proyector LED, modelo 6125/2124-5501-6011-242, cuyas características técnicas y fotométricas fueron incorporadas en DIALux evo para representar su comportamiento luminoso [22]. La curva permite observar la distribución de la intensidad luminosa en los planos, identificando la forma en que la luminaria proyecta la luz sobre el área de trabajo.

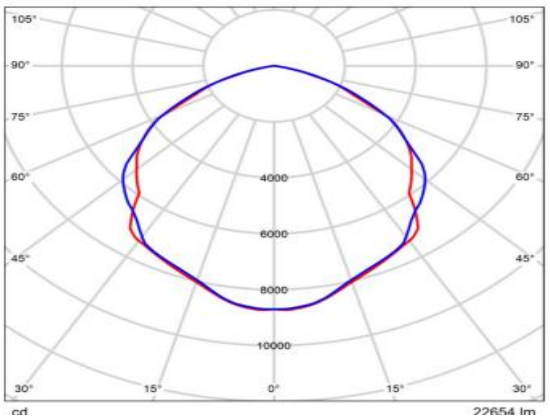


Figura 10. Curva polar de distribución luminosa del reflector LED.

Fuente: DIALux evo.

De manera similar, en la Figura 11 se presenta la curva polar correspondiente a la luminaria tipo campana. Esta representación permite observar su distribución luminosa y comparar su comportamiento con el reflector LED utilizado en el sistema.

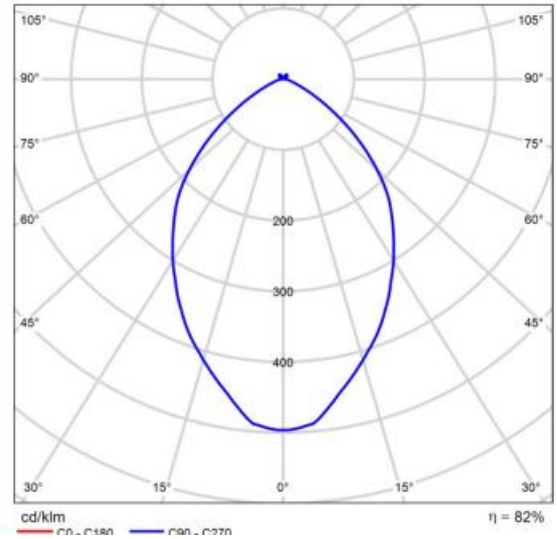


Figura 11. Curva polar de distribución luminosa de la luminaria tipo campana.

Fuente: DIALux evo.

En el diseño desarrollado para el coliseo del bloque B se obtuvo una iluminancia media aproximada de 173 lx, valor que se encuentra dentro del rango considerado adecuado para espacios multifuncionales destinados a actividades académicas, institucionales y recreativas, permitiendo disponer de condiciones apropiadas de visibilidad para los usuarios tal como se apresia en la figura 12.

Figura 12. Resultados de la simulación del Dialux.

Properties	Ē (Target)	E_{min}	E_{max}	U_o (g_1) (Target)	g_2
Working plane (Room 1) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.500 m	173 lx (≥ 100 lx) ✓	89.3 lx	259 lx	0.52 (≥ 0.40) ✓	0.34

Fuente: DIALux evo

9.6.14 Resultados obtenidos

El diseño luminotécnico fue desarrollado mediante el software DIALux evo, obteniéndose una iluminancia media aproximada de 173lx.

Este resultado supera el criterio de diseño adoptado para el proyecto (100 lx), lo que indica que el sistema de iluminación propuesto proporciona condiciones adecuadas de visibilidad para las diferentes actividades en el coliseo.

Asimismo, la distribución de las luminarias permitió obtener una iluminación uniforme sobre el área de trabajo, contribuyendo al confort visual de los usuarios como se puede observar en las figuras 13 y 14.

Tabla 3. Comparación entre el criterio de diseño y el resultado obtenido

Parámetro	Valor
Iluminancia de diseño	100 lx
Iluminancia obtenida en DIALux evo	173 lx
Cumplimiento	Sí

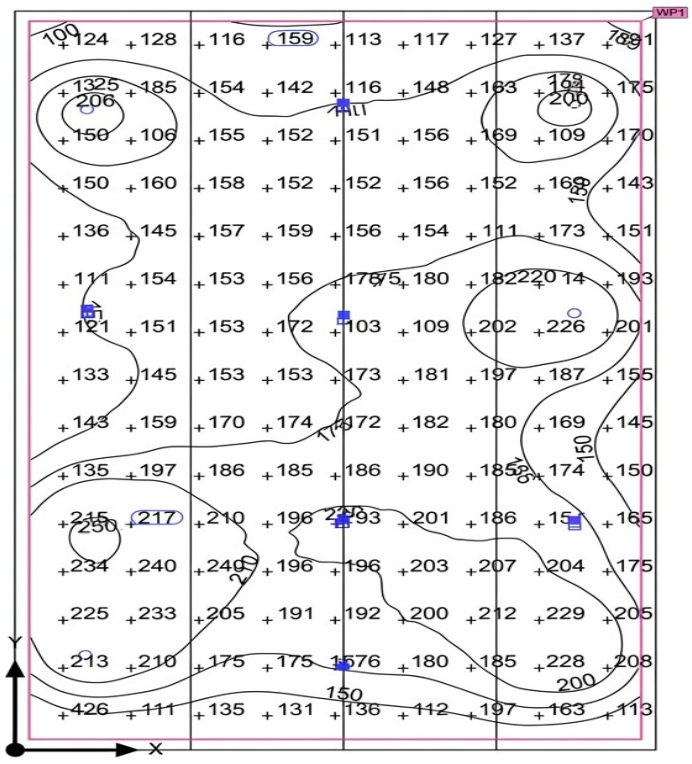


Figura 13. Mapa de iluminancia obtenido en DIALux evo.

Fuente: Elaboración propia.

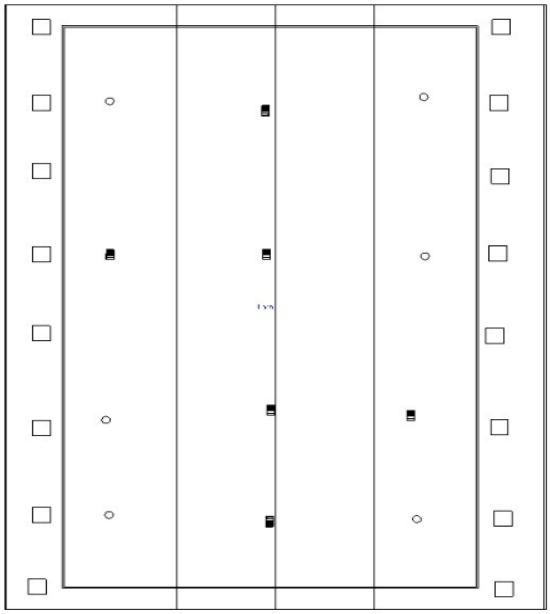


Figura 14. Distribución de luminarias en el coliseo del bloque B.

Fuente: Elaboración propia.

9.6.15 Cálculo de la potencia instalada

Para continuar con el dimensionamiento eléctrico del sistema de iluminación fue necesario determinar la potencia total instalada. Este valor se obtiene considerando la cantidad de luminarias utilizadas y la potencia nominal de cada una. La potencia instalada constituye un dato necesario para posteriormente determinar la corriente del circuito y seleccionar los conductores y dispositivos de protección adecuados. Schneider Electric señala que el diseño de instalaciones de alumbrado incluye el dimensionamiento de los circuitos, conductores y protecciones de acuerdo con las características de las cargas instaladas [23].

Para calcular la potencia total instalada se utilizó la siguiente expresión:

$$PT = \Sigma(N * P)$$

Formula 17. Cálculo de la potencia total instalada

Donde:

$$PT = \ potencia\ total\ instalada\ (W).$$

$$N = \ número\ de\ luminarias\ de\ cada\ tipo.$$
$$P\ = \ potencia\ nominal\ de\ cada\ luminaria\ (W).$$

El sistema implementado está compuesto por 6 luminarias tipo campana de 400 W y 6 reflectores LED de 200 W, tal como se encuentra establecido en el proyecto.

Se calcula la potencia total de tanto las luminarias led como las campanas

$$PT = (6 * 200) + (6 * 400)$$
$$PT = 3600W$$

9.6.16 Cálculo de la corriente del circuito

Para seleccionar el interruptor de protección del circuito de iluminación se determinó primero la corriente demandada por la carga instalada, utilizando la siguiente ecuación:

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

Formula 18. Cálculo de la corriente del circuito de iluminación.

Donde:

$$I\ = \ Corriente\ (A)$$
$$P\ = \ Potencia\ total\ (W)$$
$$V\ = \ Voltaje\ (V)$$

Sustituyendo los datos del proyecto:

$$I = \frac{3600W}{220V}$$
$$I = 16.36A$$

Por lo tanto, la corriente aproximada del sistema de iluminación es de 16,36 A.

9.6.17 Selección de los breakers

Considerando que la corriente calculada para el circuito de iluminación es de 16,36 A, se seleccionó un breaker de 20 A, ya que proporciona un margen de seguridad adecuado sin superar la capacidad del conductor.

Además del breaker destinado al circuito de iluminación, el tablero de distribución quedó conformado por los siguientes dispositivos de protección:

- Breaker monopolar de 20 A.
- Breaker bipolar de 20 A.
- Breaker bipolar de 25 A.
- Breaker bipolar de 63 A, utilizado como protección principal del tablero.

La utilización de estos dispositivos permite proteger cada circuito de manera independiente, facilitando las labores de operación y mantenimiento de la instalación eléctrica.

9.6.18 Selección de los conductores

Al momento de escoger los conductores se realizó considerando la potencia instalada, el voltaje de alimentación y la corriente demandada por el sistema. Un conductor correctamente dimensionado garantiza la capacidad de transportar la corriente sin exceder su temperatura de operación, disminuye las pérdidas de energía y contribuye a la seguridad y confiabilidad de la instalación eléctrica. Para determinar el calibre del conductor es necesario calcular previamente la corriente que circulará por el circuito [24].

Una vez determinada la corriente del sistema de iluminación, se procedió a verificar los conductores utilizados en la instalación. Para la selección del calibre se consideró principalmente la corriente que debe transportar el conductor, la longitud del recorrido y la caída de tensión que puede producirse durante el funcionamiento del sistema.

La capacidad de un conductor no depende únicamente de su calibre, sino también del tipo de aislamiento, la temperatura y la forma en la que se encuentra instalado. Por esta razón, la selección debe realizarse considerando las condiciones reales de funcionamiento del circuito [25].

Como criterio básico se debe cumplir:

$$I_B < I_Z$$

$$I_B = \ corriente\ demandada\ por\ la\ carga\ (A).$$
$$I_Z = \ corriente\ máxima\ admisible\ por\ el\ conductor\ (A).$$

Para los circuitos que alimentan las luminarias se utilizó conductor de cobre 3*10 AWG, formado por tres conductores, correspondientes a dos conductores de línea y un conductor de puesta a tierra.

Este conductor en específico cuanta con una capacidad de corriente de 35 A.

$$I_B < I_Z$$
$$16{,}36A < 35A$$

El conductor 3*10 AWG presenta capacidad suficiente para transportar la corriente correspondiente al sistema de iluminación. Además, su utilización proporciona un margen de seguridad frente al calentamiento del conductor de las luminarias.

Para la selección del conductor para el transporte de energía de caja a caja se toma en cuenta el amperaje de las luminarias y el de los 2 toma corrientes.

$$I_{Alimentador} = I_{Iluminación} + I_{110} + I_{220}$$

Formula 19. Cálculo de la corriente del alimentador principal.

$$I_{Alimentador} = 16{,}36A + 20A + 25A$$
$$I_{Alimentador} = 61{,}36A$$

Por lo tanto, se selecciona el conductor 3*6 AWG para esta instalación ya este tiene una capacidad de 65A.

$$61{,}36A < 65A$$

Entonces la selección de los conductores queda con 3*10 AWG y 3*6 AWG.

9.6.19 Caída de tensión

Corresponde a la disminución del voltaje que se produce a lo largo de un conductor como consecuencia de su resistencia eléctrica y de la corriente que circula por él. Un valor elevado de caída de tensión puede provocar un funcionamiento deficiente de los equipos eléctricos, reducir su rendimiento y disminuir la eficiencia de la instalación. Por esta razón, durante el diseño de una instalación eléctrica es necesario verificar que la caída de tensión se mantenga dentro de lo permitido por la normativa técnica [26].

Para estimar se emplea la siguiente expresión:

$$\Delta V = \frac{2 * L * I * p}{S}$$

Formula 20. Cálculo de la caída de tensión.

Donde:

$$\Delta V = Caída\ de\ tensión\ (V)$$
$$L = Longitud\ del\ conductor\ (m)$$
$$I = Corriente\ (A)$$
$$\rho = Resistividad\ del\ conductor\ (\Omega \cdot mm^2/m)$$
$$S = Sección\ del\ conductor\ (mm^2)$$

Como se observa en la Figura 15, para el conductor 6 AWG se establece una sección transversal de 13,30 mm² y una resistencia de 1,297 Ω/km a 20 °C. Estos valores permiten comprobar la resistividad eléctrica del cobre utilizada posteriormente en el cálculo de caída de tensión.

TABLE 11. *Wire table, standard annealed copper*

American Wire Gage. Metric units.
Ohms per kilometer, 0 to 200 °C.

Gage	Diameter at 20 °C	Cross section at 20 °C	Ohms per Kilometer [16] at —				
			0 °C	20 °C	25 °C	50 °C	75 °C
	m m	*sq mm*					
0000	11.68	107.2	0.1482	0.1608	0.1640	0.1798	0.1956
000	10.40	85.01	.1869	.2028	.2068	.2267	.2466
00	9.266	67.43	.2356	.2557	.2607	.2858	.3109
0	8.252	53.49	.2970	.3223	.3287	.3603	.3920
1	7.348	42.41	.3746	.4065	.4145	.4545	.4944
2	6.543	33.62	.4725	.5128	.5228	.5732	.6236
3	5.827	26.67	.5958	.6466	.6593	.7228	.7863
4	5.189	21.15	.7511	.8152	.8312	.9113	.9914
5	4.620	16.77	.9475	1.028	1.049	1.150	1.251
6	4.115	13.30	1.195	1.297	1.322	1.449	1.577
7	3.665	10.55	1.506	1.634	1.666	1.827	1.987
8	3.264	8.367	1.899	2.061	2.101	2.304	2.506
9	2.906	6.631	2.396	2.600	2.651	2.906	3.162
10	2.588	5.261	3.019	3.277	3.341	3.663	3.985
11	2.30	4.17	3.81	4.14	4.22	4.62	5.03
12	2.05	3.31	4.80	5.21	5.31	5.83	6.34
13	1.83	2.63	6.05	6.56	6.69	7.34	7.98
14	1.63	2.08	7.63	8.28	8.44	9.26	10.1
15	1.45	1.65	9.62	10.4	10.6	11.7	12.7
16	1.29	1.31	12.1	13.2	13.4	14.7	16.0
17	1.15	1.04	15.3	16.6	16.9	18.5	20.2
18	1.02	0.823	19.3	21.0	21.4	23.4	25.5
19	0.912	.653	23.4	26.4	26.9	29.5	32.1
20	.813	.519	30.6	33.2	33.9	37.1	40.4

Figura 15. Características eléctricas de conductores de cobre según calibre AWG.

Fuente: National Bureau of Standards, Copper Wire Tables, Tabla 11 [27].

La relación entre la resistencia eléctrica, la resistividad, la longitud y la sección transversal de un conductor está dada por:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Formula 21. resistencia eléctrica del conductor.

$$\rho = resitividad\ eléctrica\ del\ conductor\ (\Omega \cdot mm2/m)$$
$$R = resistencia\ eléctrica\ del\ conducto\ (\Omega)$$
$$S = sección\ transveral\ del\ conductor\ (mm^2)$$
$$L = longitud\ del\ conductor\ (m)$$

Se despeja para

$$\rho = \frac{R * S}{L}$$

Para comprobar el valor de resistividad se toman los datos correspondientes al conductor 6 AWG de la Figura 15:

$$R = 1{,}297\ \Omega\ por\ cada\ km$$
$$S = 13{,}30 mm^2$$

Como la resistencia está expresada para 1 km L = 1000 m

$$\rho = \frac{1{,}297\ \Omega * 13{,}30 mm^2}{1000\ m}$$

$$\rho \approx 0{,}01725\ \Omega * mm^2/m$$

$$\Delta V = \frac{2 * 65m * 16{,}36A * 0{,}01725\ \Omega * mm^2/m}{13{,}3 mm^2}$$
$$\Delta V \approx 2{,}76V$$

De igual manera, para el conductor 10 AWG

$$\mathrm{R} = 3{,}277\ \Omega \text{ por cada km}$$
$$\mathrm{S} = 5{,}261\ \mathrm{mm}^2$$

$$\rho = \frac{3{,}277\ \Omega\ * 5{,}261\ \mathrm{mm}^2}{1000\ m}$$

$$p \approx 0{,}01724\ \Omega * mm^2/m$$

Ya que para la iluminación se piensa recorres diferentes distancias se calculan de con el valor L dependiendo de lo ya misionado.

La distancia hasta la última luminaria de la fila 1 y 3 es de 32,8m

$$\Delta V = \frac{2 * 32{,}8m * 16{,}36A * 0{,}01724\ \Omega * mm^2/m}{5{,}261 mm^2}$$

$$\Delta V \approx 3{,}52V$$

La distancia hasta la última luminaria de la fila 2 es 25,2m

$$\Delta V = \frac{2 * 25{,}2m * 16{,}36A * 0{,}01724\ \Omega * mm^2/m}{5{,}261mm^2}$$
$$\Delta V \approx 2{,}70V$$

La distancia hasta la última luminaria de la fila 4 es 37,3m

$$\Delta V = \frac{2 * 35{,}3m * 16{,}36A * 0{,}01724\ \Omega * mm^2/m}{5{,}261mm^2}$$
$$\Delta V \approx 3.78V$$

Posteriormente, se determinó el porcentaje de caída de tensión con respecto al voltaje de alimentación:

$$\%\Delta V = \frac{\Delta V}{V} * 100$$

Formula 22. Cálculo del porcentaje de caída de tensión.

Primera distancia recorrida hasta la caja.

$$\%\Delta V = \frac{2{,}80V}{220V} * 100$$
$$\%\Delta V \approx 1{,}27\%$$

Mayor distancia recorrida

$$\%\Delta V = \frac{3.78V}{220V} * 100$$
$$\%\Delta V \approx 1{,}71\%$$

$$\%\Delta VT = 1{,}27\% + 1{,}71\%$$
$$\%\Delta VT = 2{,}98\%$$

9.6.20 Comprobación de la uniformidad de iluminación

La uniformidad permite determinar qué tan homogénea es la iluminación dentro del área analizada. Para este cálculo se relaciona tanto iluminancia mínima como la media obtenida en la simulación.

La expresión utilizada es:

$$U_0 = \frac{E_{Min}}{E_{Med}}$$

Formula 23. Cálculo de la uniformidad de iluminación.

$$U_0 = uniformidad\ de\ iluminación$$
$$E_{Min} = iluminancia\ mínima\ (lx)$$
$$E_{Med} = iluminancia\ media\ (lx)$$

De acuerdo con los resultados definitivos obtenidos en DIALux evo:

$$E_{Min} = 89{,}3lx$$
$$E_{Med} = 173lx$$

Estos valores corresponden directamente al informe final de la simulación.

$$U_0 = \frac{89{,}3}{173}$$
$$U_0 \approx 0{,}52lx$$

Por lo tanto, la uniformidad obtenida para el sistema de iluminación es de 0,52.

DIALux establece en el análisis realizado un valor objetivo mínimo de 0,40.
y el proyecto obtuvo:

$$0{,}52 > 0{,}40$$

La uniformidad obtenida fue de 0,52, valor superior al criterio mínimo de 0,40 considerado en la simulación. Este resultado indica que la distribución de las luminarias permite mantener una iluminación relativamente uniforme sobre el área analizada, evitando diferencias excesivas entre las zonas con menor y mayor nivel de iluminancia.

9.7 Materiales y equipos utilizados

Para la implementación del sistema de alimentación eléctrica y de iluminación del coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, se emplearon diversos materiales eléctricos, equipos de medición y herramientas informáticas. La selección de estos elementos se realizó considerando las necesidades del proyecto, los requerimientos técnicos de la instalación y las condiciones de funcionamiento del coliseo.

9.7.1 Materiales utilizados

Los materiales empleados corresponden a los elementos que se instalaron tanto en la parte eléctrica como en las protecciones en el coliseo.

Tabla 4. materiales utilizados

Material	Especificación	Utilización
Reflectores LED	6 unidades de 200 W	Iluminación general del coliseo.
Lámparas tipo campana	6 unidades de 400 W	Refuerzo de la iluminación interior (equipos donados por la Universidad Técnica de Cotopaxi).
Conductores eléctricos	Cable concéntrico 3 × 10 mm² (120 m)	Alimentación del sistema de iluminación.
Conductores eléctricos	Cable concéntrico 3 × 6 mm² (65 m)	Distribución entre cajas de paso y luminarias.

Interruptores termomagnéticos	1×20 A, 2×20 A, 2×25 A y 2×63 A	Protección de los diferentes circuitos eléctricos.
Varilla de cobre	1,6 m	Sistema de puesta a tierra.
Conductor para puesta tierra.	Cobre desnudo	Conexión del sistema de puesta a tierra.
Sal industrial	1 quintal	Tratamiento químico del terreno para disminuir la resistencia eléctrica.
Tablero de distribución	Monofásico 220 V	Distribución y protección de los circuitos eléctricos.
Carbón vegetal	1 quintal	Tratamiento químico del terreno para mejorar la conductividad del suelo.

9.7.2 Equipos e instrumentos utilizados

Durante el desarrollo del proyecto también se utilizaron equipos de medición, herramientas de apoyo y programas informáticos que permitieron realizar el levantamiento de información, verificar el funcionamiento de la instalación y desarrollar el diseño eléctrico y luminotécnico.

Tabla 5. Equipos e instrumentos utilizados durante el desarrollo del proyecto.

Equipo o instrumento	Utilización	Equipo o instrumento
Flexómetro	Medición de las dimensiones del coliseo.	Flexómetro
Multímetro digital	Verificación de parámetros eléctricos durante la instalación.	Multímetro digital
Telurómetro	Medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra.	Telurómetro
Luxómetro	Medición de los niveles de iluminancia del sistema de iluminación.	Luxómetro
Computadora	Elaboración de cálculos, planos y simulaciones.	Computadora
AutoCAD	Diseño de los planos eléctricos del proyecto.	AutoCAD
DIALux evo	Simulación y verificación del sistema de iluminación.	DIALux evo
Escalera y andamio	Instalación de luminarias y trabajos en altura.	Escalera y andamio

9.8 Procedimiento de implementación práctica

9.8.1 Secuencia general de implementación

Una vez finalizados los cálculos eléctricos, el diseño luminotécnico y la selección de los materiales, se procedió a realizar la implementación práctica del sistema eléctrico y de iluminación en el coliseo del bloque B. El proceso se desarrolló de manera ordenada, iniciando con la preparación de la alimentación eléctrica desde el tablero existente y continuando con la instalación del nuevo tablero de distribución, el tendido de los conductores, la instalación de las luminarias, la implementación del sistema de puesta a tierra y las pruebas finales de funcionamiento.

La secuencia aplicada permitió organizar las diferentes actividades de instalación y reducir posibles errores durante la ejecución. El proyecto contempló la construcción de una alimentación eléctrica independiente para el coliseo, circuitos de iluminación y tomacorrientes, así como la incorporación de un sistema de puesta a tierra para mejorar la seguridad de la instalación.

En la Figura 16 se presenta la secuencia general seguida durante la implementación práctica del sistema eléctrico y de iluminación del coliseo.

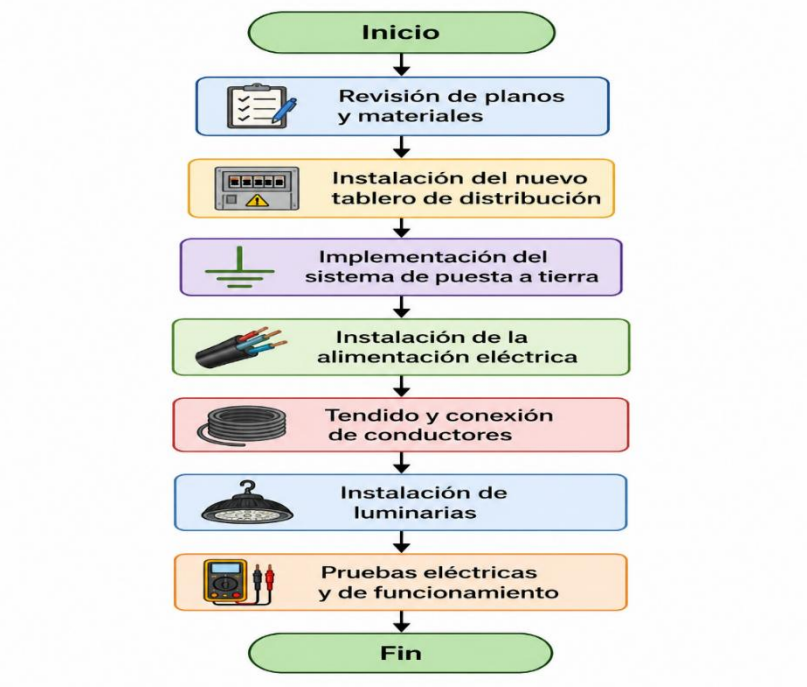


Figura 16. Diagrama de flujo del procedimiento de implementación del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

9.8.2 Instalación del nuevo tablero de distribución

Una vez revisados los planos eléctricos y los materiales necesarios para la ejecución del proyecto, se procedió a instalar el nuevo tablero de distribución destinado al Coliseo del Bloque B. La incorporación de este elemento permitió disponer de un punto independiente para organizar y distribuir la energía eléctrica hacia los diferentes circuitos que forman parte de la instalación.

El tablero fue ubicado en un lugar accesible dentro del coliseo, considerando la facilidad de operación, inspección y mantenimiento. En su interior se instalaron los dispositivos de protección necesarios para separar los circuitos correspondientes al sistema de iluminación y a los tomacorrientes de 110 V y 220 V.

Además, la instalación del tablero permitió disponer de un punto central para la posterior conexión de la alimentación eléctrica, los conductores de los circuitos derivados y el sistema de puesta a tierra.

En la Figura 17 se muestra el nuevo tablero de distribución instalado en el coliseo del bloque B, el cual fue utilizado para organizar y proteger los diferentes circuitos eléctricos implementados durante el proyecto.



Figura 17. Tablero de distribución con los interruptores termomagnéticos instalados.
Fuente: Elaboración propia.

9.8.3 Medición de la resistencia de puesta a tierra

Una vez instalado el sistema de puesta a tierra, se realizaron mediciones utilizando un telurómetro con el fin de verificar el valor de resistencia obtenido. Estas mediciones permiten comprobar la

efectividad del sistema y determinar si cumple con las condiciones requeridas para una adecuada protección de la instalación.

En la primera medición, realizada antes del tratamiento del terreno, se obtuvo una resistencia de:

$$R = 31{,}55\Omega$$

Como se puede observar en la figura 18, este valor evidenció la necesidad de mejorar la conductividad del terreno para disminuir la resistencia del sistema.



Figura 18. Medición inicial de la resistencia de puesta a tierra (31,55 Ω).

Fuente: Elaboración propia.

9.8.4 Tratamiento del terreno

Con el objetivo de disminuir la resistencia del sistema de puesta a tierra, se realizó una excavación de aproximadamente 2 m de profundidad para instalar la varilla de cobre.

Posteriormente, se aplicó un tratamiento al terreno mediante la colocación de cuatro capas alternadas de carbón vegetal y sal, siguiendo el siguiente orden:

Primera capa de carbón.

Primera capa de sal.

Así sucesivamente con una cantidad de 4 capas de cada uno de los materiales.

Una vez colocadas las capas, se humedeció el material, se cubrió nuevamente con tierra y se volvió a aplicar agua para favorecer la conductividad del terreno. Este procedimiento mejora las características eléctricas del suelo al disminuir su resistividad, permitiendo que el sistema de puesta a tierra presente una menor resistencia y, por consiguiente, una mayor capacidad para disipar corrientes de falla de forma segura [28].

Este procedimiento permitió mejorar las características eléctricas del suelo y reducir la resistencia del sistema de puesta a tierra.

9.8.5 Resultado obtenido

Después de realizar el tratamiento del terreno, se efectuó una nueva medición con el telurómetro, obteniéndose una resistencia de:

$$R = 15.22\Omega$$

Este resultado representa una disminución aproximada del 52 % respecto a la medición inicial, demostrando la efectividad del tratamiento aplicado.

Además, el valor obtenido se encuentra por debajo del criterio de diseño adoptado para este proyecto (25 Ω), por lo que el sistema de puesta a tierra puede considerarse adecuado para la instalación eléctrica del coliseo.

Tabla 6. Resultados de las mediciones de la resistencia de puesta a tierra

Medición	Resistencia (Ω)
Antes del tratamiento	31,55
Después del tratamiento	15,22
Reducción obtenida	16,33
Porcentaje de reducción	51,76 %

En la Figura 19 se observa la medición final realizada con el telurómetro después del tratamiento aplicado al terreno.



Figura 19. Medición final de la resistencia de puesta a tierra (15,22 Ω).

Fuente: Elaboración propia.

9.8.6 Instalación de la alimentación eléctrica

Una vez instalado el nuevo tablero de distribución y el sistema de puesta a tierra, se procedió a implementar la alimentación eléctrica hacia el Coliseo del Bloque B. Para esta etapa se utilizó como punto de suministro un tablero principal existente dentro de la institución, desde el cual se derivó un circuito independiente hasta el nuevo tablero instalado en el coliseo.

El recorrido de la alimentación eléctrica fue de aproximadamente 65m, para este tramo se utilizó conductor de 3*6AWG antihurto.

La instalación se realizó siguiendo el recorrido definido previamente en los planos eléctricos elaborados en AutoCAD, lo que permitió organizar el trayecto del conductor y establecer los puntos de conexión entre el tablero principal y el nuevo tablero de distribución.

9.9 Alimentación eléctrica

Durante la inspección realizada en el Coliseo del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, se identificó que la infraestructura no disponía de una alimentación eléctrica

propia para abastecer el sistema de iluminación ni los tomacorrientes requeridos para el desarrollo de las diferentes actividades. Esta situación limitaba el uso del espacio y dificultaba la conexión segura de equipos eléctricos.

Por esta razón, se diseñó una nueva alimentación eléctrica tomando como punto de suministro el tablero principal existente en otra área de la institución. Desde este tablero se instaló un circuito independiente hasta el coliseo, permitiendo alimentar un nuevo tablero de distribución destinado exclusivamente a los circuitos del proyecto.

La implementación de un tablero independiente permitió organizar de mejor manera la distribución de la energía eléctrica, separando los circuitos de iluminación y los circuitos destinados a los tomacorrientes de 110 V y 220 V. Esta distribución facilita las labores de mantenimiento, permite aislar cada circuito cuando sea necesario y mejora la seguridad de toda la instalación.

Asimismo, como se puede observar en las figuras 6 y 7, la nueva alimentación fue diseñada considerando la capacidad de las cargas instaladas, la selección adecuada de los conductores eléctricos y la incorporación de dispositivos de protección, garantizando un funcionamiento seguro y eficiente del sistema eléctrico del coliseo.



Figura 20. Alimentación eléctrica desde el tablero principal hacia el tablero de distribución del Coliseo del Bloque B.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 21. Tablero de distribución instalado para el sistema eléctrico del Coliseo del Bloque B.

Fuente: Elaboración propia

9.9.1 Instalación de luminarias

Las luminarias fueron distribuidas de acuerdo con la ubicación establecida durante el diseño luminotécnico, procurando mantener una distribución uniforme dentro del área del coliseo. La ubicación de los puntos de iluminación había sido definida previamente mediante los cálculos de separación y posteriormente verificada mediante la simulación realizada en DIALux evo.

Debido a la altura de instalación, fue necesario utilizar un andamio para acceder a los puntos de montaje ubicados en la estructura superior del coliseo. Durante esta actividad se verificó la estabilidad del equipo de acceso y se utilizaron elementos de protección personal para disminuir los riesgos asociados a los trabajos en altura. Tu documento ya indica que las luminarias fueron instaladas utilizando andamio para acceder de manera segura a los puntos superiores.

Una vez ubicadas las luminarias, se realizaron las conexiones eléctricas correspondientes y se verificó su correcta fijación a la estructura. Posteriormente, se comprobó el encendido de cada luminaria para verificar su funcionamiento antes de realizar las pruebas generales del sistema.

En la Figura 22 se muestra el proceso de instalación de las luminarias en los puntos definidos previamente para el sistema de iluminación del Coliseo del Bloque B.



Figura 22. Instalación de las luminarias del sistema de iluminación del Coliseo del Bloque B.
Fuente: Elaboración propia.

9.9.2 Pruebas eléctricas y de funcionamiento

Una vez concluida la instalación del sistema eléctrico y de iluminación del Coliseo del Bloque B, se realizaron pruebas eléctricas y de funcionamiento con el propósito de verificar las condiciones generales de la instalación antes de su puesta en servicio.

Inicialmente se efectuó una inspección de las conexiones realizadas en el tablero de distribución, los conductores, las luminarias y los diferentes circuitos implementados. Esta revisión permitió comprobar que los elementos se encontraran correctamente instalados antes de energizar el sistema.

Posteriormente, se energizó la instalación de forma controlada y se utilizó un multímetro digital para verificar los parámetros eléctricos durante las pruebas. Este instrumento ya se encuentra considerado dentro de los equipos utilizados durante el desarrollo del proyecto.

Después de energizar el sistema, se realizó la prueba de funcionamiento de las luminarias mediante su encendido, verificando individualmente las seis luminarias tipo campana de 400 W y los seis reflectores LED de 200 W instalados en el coliseo. De esta manera se comprobó el funcionamiento general del sistema de iluminación antes de finalizar la implementación.

De igual manera, se verificó el funcionamiento de los circuitos eléctricos alimentados desde el nuevo tablero de distribución, incluyendo los circuitos destinados a iluminación y los puntos de alimentación instalados para el uso de equipos eléctricos

10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ahora se expondrá los resultados obtenidos durante la implementación del sistema de alimentación eléctrica, iluminación y puesta a tierra del coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Asimismo, se realiza un análisis técnico de los resultados alcanzados, comparándolos con los criterios establecidos durante el diseño del proyecto y con las normas técnicas utilizadas como referencia.

10.1 Resultados de la implementación del sistema eléctrico

Como resultado de la implementación realizada, el coliseo del bloque B cuenta actualmente con un sistema de alimentación eléctrica independiente, permitiendo suministrar energía de forma segura a las luminarias y a los tomacorrientes instalados.

Durante la ejecución del proyecto se instaló un tablero de distribución exclusivo para el coliseo, desde el cual se alimentan los diferentes circuitos eléctricos mediante interruptores termomagnéticos correctamente dimensionados. Esta configuración facilita la operación del sistema, mejora la protección de la instalación y simplifica las labores de mantenimiento.

Además, se instalaron tomacorrientes de 110 V y 220 V, proporcionando puntos de alimentación para equipos eléctricos utilizados durante actividades académicas, deportivas y culturales desarrolladas en el coliseo.

Las pruebas de funcionamiento realizadas al finalizar la implementación permitieron verificar que todos los circuitos operan correctamente, evidenciando una adecuada distribución de la energía eléctrica y el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección instalados.

Como se puede visualizar en la figura 23 ya instalado tanto la caja de breakers como la línea principal de alimentación para las luminarias.



Figura 23. Sistema eléctrico implementado en el Coliseo del Bloque B.

Fuente: Elaboración propia.

10.2 Resultados del sistema de iluminación

La implementación del nuevo sistema de iluminación permitió mejorar significativamente las condiciones de visibilidad dentro del Coliseo del Bloque B.

El sistema quedó conformado por seis reflectores LED de 200 W y seis lámparas tipo campana de 400 W, distribuidos estratégicamente de acuerdo con el diseño desarrollado mediante DIALux evo.

Los resultados obtenidos durante la simulación luminotécnica fueron utilizados como referencia para la instalación física de las luminarias, permitiendo alcanzar una distribución uniforme de la iluminación y un nivel aproximado de 100 lux, adecuado para las actividades desarrolladas en el coliseo de acuerdo con los criterios establecidos durante el diseño [1].

Durante las pruebas de funcionamiento se verificó que todas las luminarias operaban correctamente, tal como se muestra en la figura 24, proporcionando una iluminación homogénea y mejorando considerablemente la visibilidad del área de trabajo respecto a las condiciones existentes antes de la implementación.



Figura 24. Sistema de iluminación implementado.

Fuente: Elaboración propia.

10.2.1 Medición de iluminancia mediante luxómetro

Una vez finalizada la instalación y puesto en funcionamiento el sistema de iluminación del Coliseo del Bloque B, se realizaron mediciones de iluminancia mediante un luxómetro, con el propósito de verificar experimentalmente el nivel de iluminación alcanzado en diferentes puntos del área.

Las mediciones fueron realizadas con las luminarias encendidas y permitieron obtener valores expresados en lux (lx), los cuales posteriormente fueron comparados con el nivel de diseño establecido y con los resultados obtenidos mediante DIALux evo.

Como muestra la imagen 25 se puede ver cómo se realizó la medición con el luxómetro.



Figura 25. medición con el luxómetro del coliseo.

Fuente: Elaboración propia.

10.2.2 Comparación entre la medición real y la simulación en DIALux evo

Con el propósito de verificar el comportamiento real del sistema de iluminación implementado, se compararon los resultados obtenidos mediante la simulación luminotécnica en DIALux evo con las mediciones realizadas directamente en el Coliseo del Bloque B utilizando un luxómetro.

Se realizó una medición en todo el coliseo y dio resultados variados puntos como muestra la figura 26.

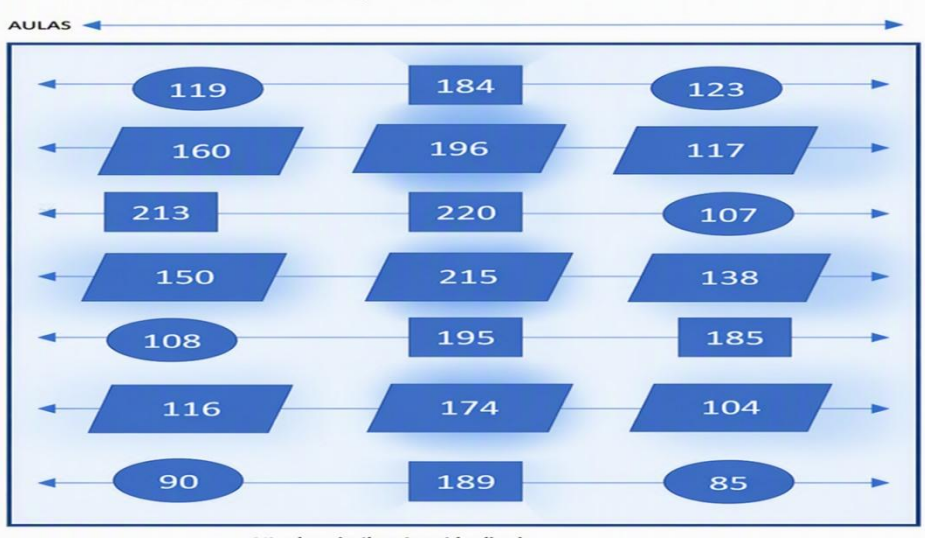


Figura 26. Valores de medición del coliseo.

Fuente: Elaboración propia.

La medición experimental presentó entonces una iluminancia promedio de 152 lx, mientras que la simulación desarrollada en DIALux evo determinó una iluminancia media de 173 lx. El reporte de simulación también registró una iluminancia mínima de 89,3 lx y una máxima de 259 lx.

Tabla 7. Comparación entre los resultados simulados y medidos.

Parámetro	DIALux evo	Medición con luxómetro
Iluminancia mínima	89,3 lx	85 lx
Iluminancia promedio	173 lx	152 lx
Iluminancia máxima	259 lx	220 lx
Nivel de diseño	100 lx	100 lx

10.3 Resultados del sistema de puesta a tierra

Como parte del proyecto se implementó un sistema de puesta a tierra con el objetivo de mejorar la seguridad eléctrica del coliseo y garantizar el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección.

Antes de realizar el tratamiento del terreno se efectuó una medición utilizando un telurómetro, obteniéndose una resistencia de 31,55 Ω.

Posteriormente se aplicó un tratamiento químico mediante la colocación alternada de capas de carbón vegetal y sal industrial alrededor de la varilla de cobre instalada en una excavación de aproximadamente 1,60 m de profundidad. Una vez finalizado el tratamiento y humedecido el terreno, se realizó una nueva medición, obteniéndose una resistencia de 15,22 Ω tal como se ve en la figura 28.

Estos resultados evidencian una disminución aproximada del 52 % de la resistencia del sistema de puesta a tierra, permitiendo cumplir con el criterio adoptado para el proyecto, el cual establece un valor máximo de 25 Ω [8].

Tabla 8. Resultados obtenidos en la medición del sistema de puesta a tierra.

Medición	Resistencia (Ω)
Antes del tratamiento	31,55
Después del tratamiento	15,22

10.4 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos demuestran que la implementación del sistema eléctrico cumplió con los objetivos planteados al inicio del proyecto. La instalación del tablero de distribución independiente permitió organizar adecuadamente los circuitos eléctricos y mejorar la seguridad de la instalación.

En cuanto al sistema de iluminación, la distribución de las luminarias implementadas coincidió con la propuesta desarrollada mediante DIALux evo, permitiendo alcanzar un nivel de iluminación cercano a los 100 lux considerados para este proyecto [1]. Esto favorece el desarrollo de actividades deportivas, académicas y culturales dentro del coliseo.

Respecto al sistema de puesta a tierra, la reducción de la resistencia desde 31,55 Ω hasta 15,22 Ω evidencia que el tratamiento aplicado al terreno fue efectivo para mejorar la conductividad eléctrica del suelo. Este resultado incrementa la seguridad de la instalación y favorece el funcionamiento adecuado de los dispositivos de protección, reduciendo los riesgos asociados a fallas eléctricas [8].

En términos generales, los resultados obtenidos permiten concluir que la implementación realizada cumplió con los requerimientos técnicos establecidos durante la etapa de diseño, proporcionando una instalación eléctrica más segura, funcional y adecuada para las necesidades del Coliseo del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.

10.5 Validación del proyecto mediante encuesta

Con el propósito de evaluar la percepción de la comunidad universitaria sobre la implementación del sistema de alimentación eléctrica e iluminación del Coliseo del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, se aplicó una encuesta dirigida a estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica. La encuesta estuvo conformada por diez preguntas de respuesta cerrada

de tipo sí/no y opción múltiple, orientadas a conocer la aceptación del proyecto, los beneficios percibidos y la importancia de contar con una infraestructura eléctrica segura y eficiente.

10.5.1 Caracterización de la población encuestada

Carrera a la que pertenece

De los 39 participantes, 38 pertenecen a la carrera de Ingeniería Electromecánica, representando aproximadamente el 97,4 % de la muestra, mientras que el resto no registró su carrera en el formulario. Esto evidencia que la encuesta fue aplicada principalmente a personas relacionadas con el área de estudio del proyecto y con conocimiento de las necesidades de infraestructura de la institución como se aprecia en la figura 27.



Figura 27. Encuesta de carrera.

Fuente: Elaboración propia.

Curso al que pertenece

La mayor participación correspondió a estudiantes de cuarto semestre (33,3 %), seguido de sexto semestre (25,6 %), octavo semestre (20,5 %), tercero semestre (12,8 %) y séptimo semestre (7,7 %). Esta distribución permitió obtener opiniones de estudiantes con diferentes niveles de formación académica como se observa en la figura 28.

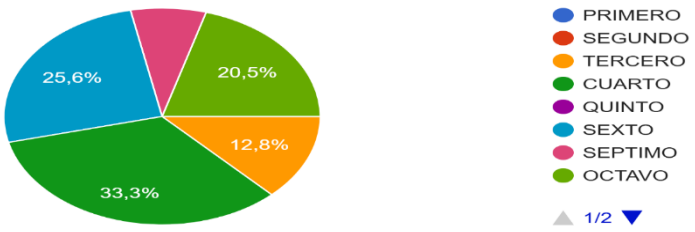


Figura 28. Encuesta de Curso.

Fuente: Elaboración propia.

10.5.2 Análisis de las preguntas de la encuesta

Pregunta 1

¿Tenía conocimiento de que anteriormente el Coliseo del Bloque B no contaba con un sistema de iluminación?

Resultados

Sí: 18 personas (46,2 %).
No: 21 personas (53,8 %).

Análisis

Los resultados muestran que más de la mitad de los encuestados desconocía que anteriormente el Coliseo del Bloque B no disponía de un sistema de iluminación. Sin embargo, un porcentaje considerable sí tenía conocimiento de esta situación, lo que demuestra que la falta de iluminación era una necesidad identificada por parte de la comunidad universitaria como se observa en la figura 29.

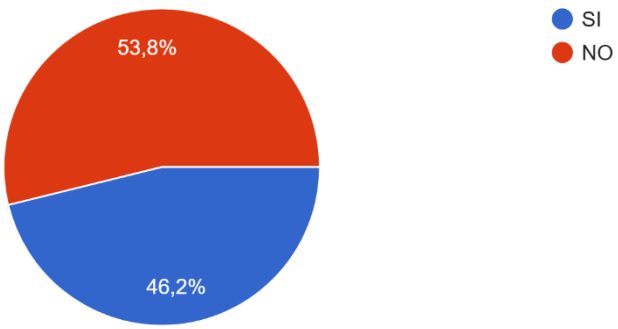


Figura 29. Primera pregunta de la encuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 2

¿Considera que la implementación del sistema de iluminación mejoró las condiciones de uso del coliseo?

Resultados

Sí: 34 personas (87,2 %).
No: 5 personas (12,8 %).

Análisis

La gran mayoría de los participantes considera que la implementación del sistema de iluminación mejoró las condiciones de uso del coliseo. Este resultado demuestra que el proyecto cumplió con su propósito de proporcionar un espacio más funcional para el desarrollo de actividades académicas, deportivas e institucionales como se observa en la figura 30.

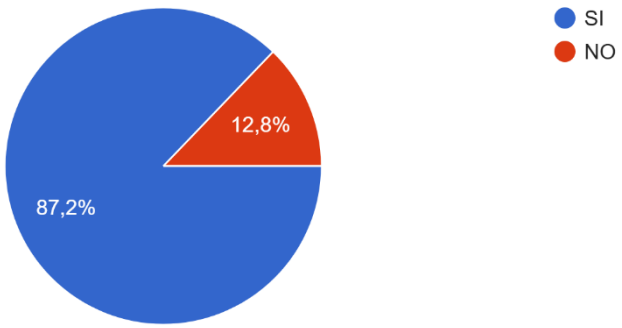


Figura 30. Segunda pregunta de la encuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 3

Antes de la implementación del proyecto, ¿considera que la falta de iluminación limitaba la realización de actividades nocturnas?

Resultados

Sí: 34 personas (89,5 %).
No: 4 personas (10,5 %).

Análisis

La mayoría de los encuestados manifestó que la ausencia de iluminación limitaba considerablemente el desarrollo de actividades durante la noche. Esto confirma que la implementación del sistema de iluminación respondió a una necesidad real dentro de la institución como se observa en la figura 31.

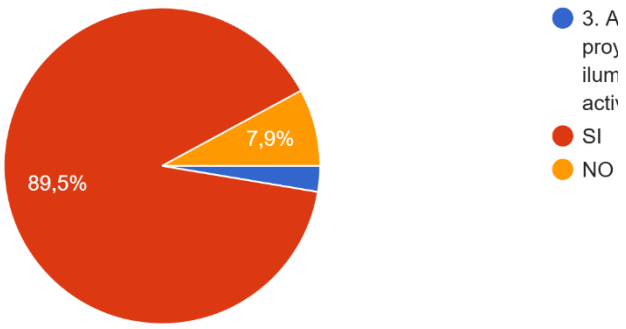


Figura 31. Tercera pregunta de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 4

¿Considera que la nueva instalación eléctrica proporciona mayor seguridad para los usuarios?

Resultados

Sí: 37 personas (94,9 %).
No: 2 personas (5,1 %).

Análisis

Los resultados reflejan una percepción altamente positiva respecto a la seguridad del nuevo sistema eléctrico. La mayoría de los participantes considera que la implementación del proyecto incrementó

la protección tanto de los usuarios como de la infraestructura eléctrica del coliseo como se observa en la figura 32.

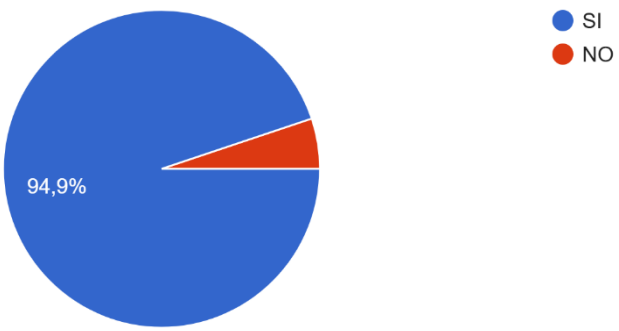


Figura 32. Cuarta pregunta de la encuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 5

¿Qué beneficio considera más importante del proyecto implementado?

Resultados

Mayor seguridad eléctrica: 9 personas (23,1 %).
Mejor iluminación del coliseo: 12 personas (30,8 %).
Mayor comodidad para estudiantes y docentes: 4 personas (10,3 %).
Todos los anteriores: 14 personas (35,9 %).

Análisis

La opción con mayor aceptación fue "Todos los anteriores", lo que demuestra que los encuestados consideran que el proyecto no solo mejoró la iluminación, sino que también incrementó la seguridad eléctrica y la comodidad de quienes utilizan el coliseo como se observa en la figura 33.

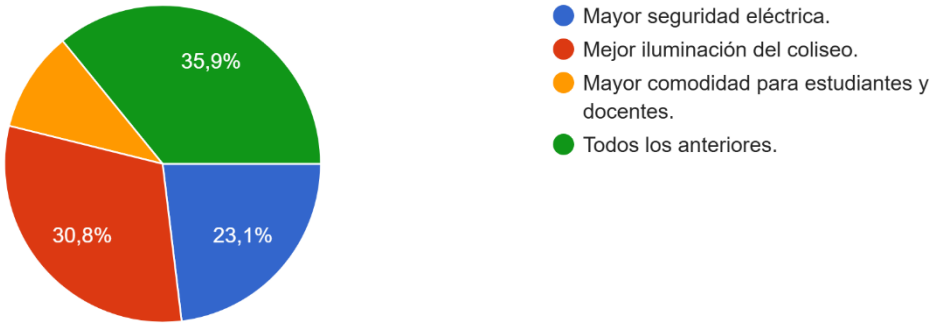


Figura 33. Quinta pregunta de la encuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 6

¿Cómo califica la iluminación actual del Coliseo del Bloque B después de la implementación del proyecto?

Resultados

Excelente: 20 personas (51,3 %).
Buena: 15 personas (38,5 %).
Regular: 4 personas (10,3 %).
Deficiente: 0 personas (0 %).

Análisis

Más de la mitad de los participantes calificó la iluminación como excelente y un porcentaje importante la consideró buena. Ningún encuestado la calificó como deficiente, lo que evidencia la satisfacción general con el sistema de iluminación implementado como se puede observar en la figura 34.

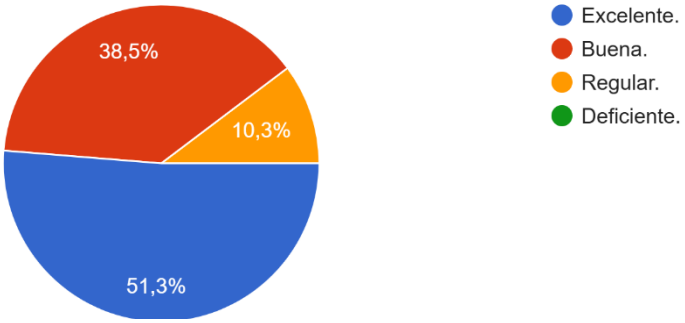


Figura 34. Sexta pregunta de la encuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 7

¿Considera importante que el coliseo cuente con un sistema de puesta a tierra para proteger a las personas y los equipos eléctricos?

Resultados

Sí: 39 personas (100 %).
No: 0 personas (0 %).

Análisis

La totalidad de los encuestados considera indispensable que el coliseo cuente con un sistema de puesta a tierra, lo que evidencia la importancia que la comunidad universitaria otorga a la seguridad eléctrica y a la protección de las personas y de los equipos como se puede observar en la figura 35.

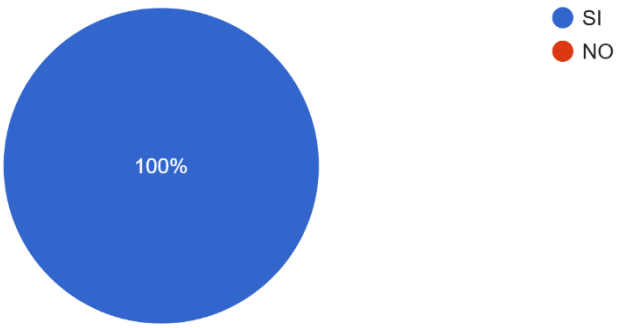


Figura 35. Séptima pregunta de la encuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 8

¿La implementación del sistema de iluminación permite aprovechar mejor el coliseo para actividades académicas, deportivas e institucionales?

Resultados

Sí: 39 personas (100 %).
No: 0 personas (0 %).

Análisis

Todos los participantes coincidieron en que el proyecto permite un mejor aprovechamiento del coliseo, favoreciendo la realización de actividades académicas, deportivas e institucionales en horarios donde anteriormente no era posible como se observa en la figura 36.

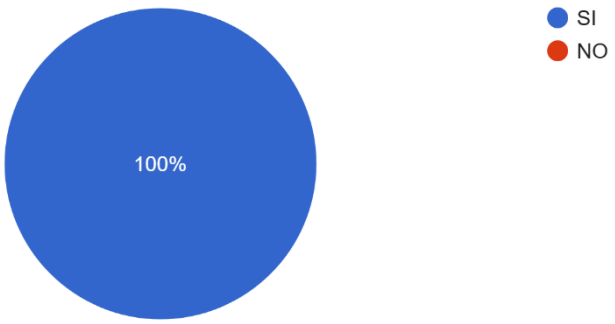


Figura 36. Octava pregunta de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 9

¿Considera que la Universidad debería continuar realizando proyectos similares para mejorar su infraestructura eléctrica?

Resultados

Sí: 39 personas (100 %).
No: 0 personas (0 %).

Análisis

La totalidad de los encuestados manifestó que la Universidad debe continuar ejecutando proyectos orientados al mejoramiento de la infraestructura eléctrica, reflejando una alta aceptación de este tipo de iniciativas como se observa en la figura 37.

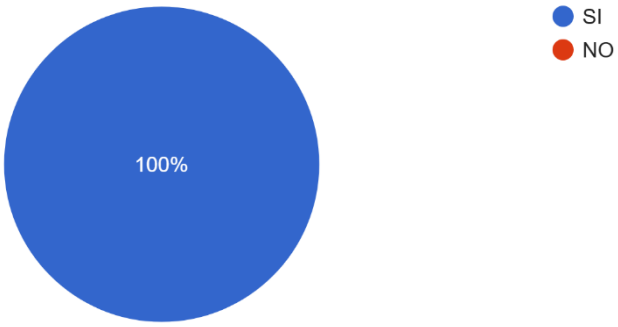


Figura 37. Novena pregunta de la encuesta.

Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 10

En su opinión, ¿cómo califica el resultado general del proyecto?

Resultados

Excelente: 26 personas (66,7 %).
Bueno: 12 personas (30,8 %).

Regular: 1 persona (2,5 %).
Malo: 0 personas (0 %).

Análisis

La valoración general del proyecto fue altamente positiva. Más del 97 % de los participantes calificó el resultado como excelente o bueno, lo que demuestra que la implementación del sistema de iluminación y de la instalación eléctrica cumplió con las expectativas de la comunidad universitaria y representó una mejora significativa para el Coliseo del Bloque B como se observa en la figura 38.

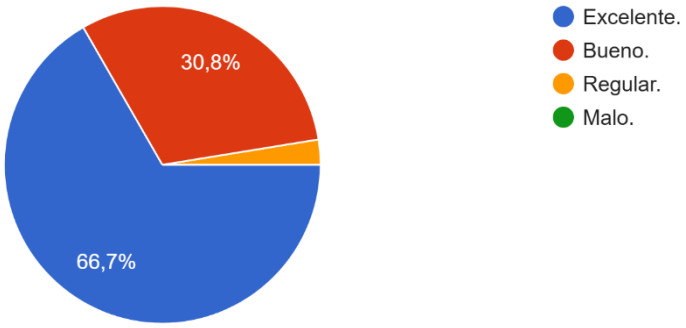


Figura 38. Decima pregunta de la encuesta.
Fuente: Elaboración propia.

11 IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS

11.1 Impacto técnico

La implementación del sistema de alimentación eléctrica y de iluminación en el coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, generó un impacto técnico significativo al mejorar la condición de funcionamiento del sistema eléctrica existente.

La instalación de un tablero de distribución independiente permitió organizar de manera adecuada los diferentes circuitos eléctricos destinados al sistema de iluminación y a los tomacorrientes de 110 V y 220 V, facilitando la operación, el mantenimiento y la protección de la instalación mediante interruptores termomagnéticos correctamente seleccionados.

Asimismo, la incorporación de seis reflectores LED de 200 W y seis lámparas tipo campana de 400 W permitió mejorar la distribución de la iluminación dentro del coliseo, obteniendo un nivel de iluminancia acorde con los requerimientos establecidos durante el diseño luminotécnico desarrollado mediante DIALux evo.

Otro aspecto importante fue la implementación del sistema de puesta a tierra, cuya resistencia disminuyó de 31,55 Ω a 15,22 Ω después del tratamiento aplicado al terreno, incrementando la seguridad eléctrica y favoreciendo el correcto funcionamiento de los dispositivos de protección instalados.

En conjunto, estas mejoras permiten disponer de una instalación eléctrica más segura, organizada, eficiente y adecuada para las actividades que se desarrollan en el Coliseo del Bloque B.

11.2 Impacto social

La implementación del proyecto beneficia directamente a estudiantes, docentes, personal administrativo y usuarios del coliseo del dloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, al proporcionar mejores condiciones para el desarrollo de actividades académicas, deportivas, culturales e institucionales.

Desde el punto de vista técnico, la implementación de una instalación eléctrica organizada, con circuitos independientes, dispositivos de protección y un sistema de puesta a tierra, contribuye a mejorar la seguridad y confiabilidad del sistema. La National Fire Protection Association (NFPA), mediante el National Electrical Code (NEC), establece criterios destinados a promover un diseño e instalación eléctrica segura, con el propósito de proteger a las personas y los bienes frente a los riesgos asociados con la electricidad [29].

La implementación del sistema de puesta a tierra y de los dispositivos de protección eléctrica también contribuye a reducir los riesgos asociados a fallas eléctricas, incrementando la seguridad tanto de las personas como de los equipos conectados a la instalación.

La Organización Internacional del Trabajo señala que un entorno seguro y saludable constituye un principio y un derecho fundamental en el trabajo, promoviendo la prevención de accidentes y el bienestar de las personas. Aunque este proyecto se desarrolla en un entorno universitario, la aplicación de medidas de seguridad eléctrica contribuye igualmente a proteger la integridad de estudiantes, docentes y personal que utiliza el coliseo [30].

En conjunto, el proyecto fortalece la infraestructura de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ofreciendo un espacio más seguro, funcional y adecuado para el desarrollo de las actividades de la comunidad universitaria.

11.3 Impacto económico

La implementación del sistema eléctrico e iluminación representa una inversión destinada a mejorar la infraestructura del coliseo del bloque B, proporcionando beneficios económicos a largo plazo mediante una instalación más segura y eficiente.

El empleo de reflectores LED de 200 W contribuye a reducir el consumo de energía eléctrica en comparación con tecnologías de iluminación convencionales, disminuyendo los costos de operación y mantenimiento. Además, la instalación de un tablero de distribución independiente facilita futuras ampliaciones y reduce los tiempos destinados al mantenimiento correctivo de la instalación.

La utilización de dispositivos de protección correctamente dimensionados y la implementación de un sistema de puesta a tierra también disminuyen la probabilidad de daños en equipos eléctricos ocasionados por fallas o sobre corrientes, evitando gastos adicionales por reparación o sustitución de componentes.

En conjunto, la inversión realizada contribuye a prolongar la vida útil de la instalación eléctrica y mejora la eficiencia en el uso de los recursos destinados al funcionamiento del coliseo.

12 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

12.1 Presupuesto del sistema de iluminación y red eléctrica del coliseo

Tabla 9. Presupuesto de materiales utilizados en la implementación del proyecto.

Cantidad	Material	Valor unitario (USD)	Valor total (USD)
6	Reflectores LED de 200 W	60,00	360,00
2	Cajetín rectangular	0,35	0,70
1	Sal en grano (1 quintal)	80,00	80,00
1	Carbón vegetal (1 quintal)	60,00	60,00
1	Rollo de alambre	1,00	1,00
1	Breaker 1×20 A	2,65	2,65
1	Breaker 2×20 A	5,25	5,25
1	Breaker 2×25 A	5,25	5,25
1	Tomacorriente polarizado (ojo chino)	1,80	1,80
1	Tomacorriente polarizado	1,30	1,30
1	Caja para breakers de 8 módulos	7,85	7,85
1	Breaker 2×63 A	5,25	5,25
5	Funda de amarras	5,35	26,75
4 m	Cable de cobre	3,30/m	13,20
1	Varilla Copperweld de 2 m	5,85	5,85
1	Grillete para varilla	1,35	1,35
120 m	Cable antihurtos 3×10 mm²	2,70/m	324,00
1	Tapa redonda	0,35	0,35
2	Pilas AA	1,55	3,10
3	Cinta aislante	0,90	2,70
1	Cajetín octagonal	1,00	1,00
2	Barras de conexión de 6 polos	1,50	3,00
8	Tornillos autoperforantes	0,20	1,60
2	Breaker 2×50 A	7,50	15,00
65 m	Cable antihurtos 3×6 mm²	2,05/m	133,25
	Alquiler de andamio		96,00
		Total	1.158,20

Para la implementación del sistema de alimentación eléctrica, iluminación y puesta a tierra del coliseo del bloque, fue necesaria la adquisición de materiales eléctricos, elementos de instalación y equipos auxiliares utilizados durante la ejecución del proyecto. En la Tabla 9 se presenta el presupuesto correspondiente a los materiales empleados.

12.2 Materiales donados por la universidad

Durante la ejecución del proyecto, la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, contribuyó con la entrega de luminarias que fueron utilizadas en la implementación del sistema de iluminación del Coliseo del Bloque B. Debido a que estos materiales fueron proporcionados por la institución, no forman parte del presupuesto económico presentado anteriormente.

Tabla 10. Materiales donados por la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Cantidad	Material
6	Lámparas tipo campana de 400 W

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones

La implementación del sistema de alimentación eléctrica y del sistema de iluminación del coliseo del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, se desarrolló a partir de un proceso ordenado que incluyó el levantamiento de información en campo, el diseño de planos eléctricos en AutoCAD y la simulación luminotécnica mediante DIALux evo. Estas herramientas permitieron planificar adecuadamente la distribución de los circuitos eléctricos, la ubicación de las luminarias y los puntos de alimentación, reduciendo errores durante la ejecución de la obra y facilitando la implementación de una instalación organizada, segura y funcional. Como resultado, el coliseo dispone actualmente de un sistema eléctrico independiente que mejora las condiciones de operación y proporciona un suministro de energía confiable para el desarrollo de actividades académicas, deportivas e institucionales.

La implementación del sistema de iluminación permitió mejorar significativamente las condiciones de visibilidad del coliseo mediante la instalación de seis reflectores LED de 200 W y seis lámparas tipo campana de 400 W, estas últimas donadas por la Universidad Técnica de Cotopaxi. La distribución de las luminarias fue previamente validada mediante la simulación realizada en DIALux evo, permitiendo verificar el comportamiento del sistema antes de su instalación física y alcanzar el nivel de iluminación previsto para el proyecto. La integración del diseño luminotécnico con la implementación práctica permitió obtener una iluminación uniforme y adecuada para las actividades

desarrolladas dentro del coliseo, mejorando tanto la funcionalidad del espacio como la seguridad de sus usuarios.

La implementación del sistema de puesta a tierra constituyó uno de los aspectos más relevantes del proyecto, debido a que permitió incrementar la seguridad de la instalación eléctrica mediante la reducción de la resistencia del terreno de 31,55 Ω a 15,22 Ω, gracias al tratamiento realizado con carbón vegetal y sal industrial. Este resultado demuestra la efectividad del procedimiento aplicado y confirma que la implementación de un sistema de puesta a tierra, junto con la adecuada selección de conductores, dispositivos de protección y tablero de distribución, contribuye a disminuir los riesgos asociados a fallas eléctricas, fortaleciendo la seguridad y confiabilidad de toda la instalación eléctrica del Coliseo del Bloque B.

13.2 Recomendaciones

Se recomienda establecer un programa de mantenimiento preventivo para toda la instalación eléctrica del Coliseo del Bloque B, que incluya inspecciones periódicas del tablero de distribución, revisión del estado de los conductores eléctricos, verificación del funcionamiento de los interruptores termomagnéticos y limpieza de las luminarias. Estas actividades permitirán conservar el correcto funcionamiento del sistema, reducir la probabilidad de fallas y prolongar la vida útil de los equipos instalados. Asimismo, es conveniente mantener un registro de las inspecciones y de las actividades de mantenimiento realizadas, facilitando el seguimiento del estado de la instalación a lo largo del tiempo.

Se recomienda efectuar mediciones periódicas de la resistencia del sistema de puesta a tierra utilizando un telurómetro, especialmente después de temporadas de lluvia, sequía o de cualquier intervención realizada sobre el terreno. De igual manera, se aconseja revisar periódicamente el estado de la caja de inspección, del conductor de puesta a tierra y de las conexiones mecánicas de la varilla de cobre, garantizando que el sistema continúe ofreciendo condiciones adecuadas de seguridad eléctrica para la protección de las personas y de los equipos conectados a la instalación.

Se recomienda que, en futuras ampliaciones o mejoras de la infraestructura del coliseo, se realicen previamente los estudios técnicos correspondientes para determinar la demanda eléctrica adicional y verificar la capacidad de la instalación existente. Además, se sugiere incorporar tecnologías de mayor eficiencia energética, sistemas de monitoreo del consumo eléctrico y nuevas herramientas de gestión

de la iluminación que permitan optimizar el uso de la energía y continuar fortaleciendo las condiciones de seguridad, eficiencia y funcionalidad del Coliseo del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.

14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ISO/CIE, ISO/CIE 8995-1:2025, Light and lighting—Lighting of work places—Part 1: Indoor. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO), 2025.

[2] DIAL GmbH, DIALux evo – Professional Lighting Design Software. Disponible en: https://www.dialux.com/

[3] Autodesk Inc., AutoCAD Overview. Disponible en: https://www.autodesk.com/products/autocad/overview

[4] N. Bratu y E. Campero, Instalaciones eléctricas: Conceptos básicos y diseño, 2.ª ed. México D.F., México: Alfaomega Grupo Editor, 1995.

[5] Schneider Electric, Electrical Installation Guide. Disponible en: https://www.se.com/uk/en/work/products/product-launch/electrical-installation-guide/

[6] A. V. López Fuentes y G. A. Viteri Morales, Aplicación de fusibles e interruptores termomagnéticos, Trabajo de titulación, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil, Ecuador, 2011. Disponible en: https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/16920

[7] A. Creus Solé, Instalaciones eléctricas y automatismos, 9.ª ed. Barcelona, España: Marcombo, 2014.

[8] Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles – Puesta a tierra y protección contra contactos indirectos. Buenos Aires, Argentina.

[9] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Guía técnica de iluminación eficiente. Madrid, España. Disponible en: https://www.idae.es/

[10] Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), Prevención de riesgos laborales en trabajos en altura. Quito, Ecuador. Disponible en: https://www.iess.gob.ec/

[11] International Electrotechnical Commission, IEC 60529:1989+AMD1:1999+AMD2:2013, Degrees of protection provided by enclosures (IP Code), IEC, ed. 2.2, 2013.

[12] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), Trabajos con riesgo eléctrico. Madrid, España. Disponible en: https://www.insst.es/

[13] F. G. Arias, El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica, 6.ª ed. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, 2012.

[14] G. M. E. Baena Paz, Metodología de la investigación, 3.ª ed. Ciudad de México, México: Grupo Editorial Patria, 2017. Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

[15] Illuminating Engineering Society, “Illuminance,” IES Lighting Definitions, consultado: 17 de agosto de 2026.

[16] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos, Madrid, España, 2015.

[17] Scribd, “Factores de Reflexión”, documento en línea, disponible en: https://es.scribd.com/doc/166363261/Factores-de-Reflexion, consultado el 18 de agosto de 2026.

[18] C. Linares, “Tablas de Factor de Utilización de Luminarias”, Scribd, documento en línea, 2 pp., consultado el 18 de agosto de 2026.

[19] J. García Fernández y O. Boix, “Interpolación”, Universitat Politècnica de Catalunya, recurso académico de luminotecnia, consultado el 18 de agosto de 2026.

[20] Ardatovsky Lighting Engineering Plant (ASTZ), información técnica del fabricante y ficha fotométrica del modelo RSP05-400-721 utilizada en DIALux evo.

[21] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Guía técnica de eficiencia energética en iluminación. Hospitales y centros de atención primaria, Madrid, España, 2020.

[22] R. STAHL, “Proyector LED 6125/2124-5501-6011-242, N.º de artículo 282400,” ficha técnica de producto, consultado en agosto de 2026.

[23] Schneider Electric, Diseño de Instalaciones de Alumbrado, versión 1.0, marzo de 2022.

[24] G. Enríquez Harper, Fundamentos de instalaciones eléctricas de media y baja tensión, 2.ª ed. México D.F., México: Editorial Limusa, 2005.

[25] L. Recio Maíllo, “Intensidad que soporta un cable. La influencia del sistema de instalación”, Prysmian Club, 3 de septiembre de 2021.

[26] J. Roldán Viloria, Instalaciones eléctricas en baja tensión. Madrid, España: Ediciones Paraninfo, 2018.

[27] National Bureau of Standards, Copper Wire Tables, Circular 31, 4th ed., U.S. Department of Commerce, Washington, D.C., 1956.

[28] DEHN SE, Fundamentos de los sistemas de puesta a tierra. Neumarkt, Alemania: DEHN SE, 2019.

[29] National Fire Protection Association (NFPA), NFPA 70, National Electrical Code (NEC), 2026 ed., Quincy, MA, USA: NFPA, 2026.

[30] Organización Internacional del Trabajo (OIT), Seguridad y salud en el trabajo. Disponible en: https://www.ilo.org/es/temas-y-sectores/seguridad-y-salud-en-el-trabajo